

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Российский государственный педагогический университет им. А. И.
Герцена»

На правах рукописи

Разумникова Ольга Михайловна

**КОГНИТИВНЫЕ РЕЗЕРВЫ: СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И
МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ В ОНТОГЕНЕЗЕ**

Специальность: 5.3.2. – Психофизиология (психологические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
доктора психологических наук

Научный консультант:
доктор биологических наук,
профессор
Е.И. Николаева

Санкт-Петербург
2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О КОГНИТИВНЫХ РЕЗЕРВАХ	
1.1 Когнитивные резервы - отражение механизма нейропластичности мозга.....	19
1.2 Роль интеллекта и образования в формировании и реализации когнитивных резервов.....	22
1.3 Значение функций селекции и запоминания информации в системе организации когнитивных резервов.....	33
1.4 Когнитивная гибкость – способ взаимодействия с нарастающей информационной нагрузкой.....	42
1.5 Роль эмоциональной регуляции в системной организации когнитивных резервов.....	56
1.6 Технологии активации когнитивных резервов.....	65
Выводы по главе 1.....	71
ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ РЕЗЕРВОВ	
2.1 Методы исследования структуры интеллекта и гибкости мышления.....	72
2.2 Методы исследования личностных характеристик и компонентов эмоциональной регуляции поведения.....	75
2.3 Методы определения индивидуальных показателей селекции и запоминания информации.....	79
2.4 Регистрация частотно-пространственной организации активности мозга.....	86
2.5 Статистический анализ данных.....	89
Выводы по главе 2.....	90

ГЛАВА 3 СОЦАЛЬНЫЕ, ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ КОГНИТИВНЫХ РЕЗЕРВОВ

3.1 Образование как механизм формирования когнитивных резервов.....	91
3.1.1 Возрастная динамика исполнительного контроля и гибкости мышления в период школьного обучения.....	91
3.1.2 Соотношение креативности, интеллекта и успеваемости школьников.....	107
3.1.3 Соотношение креативности, интеллекта и успеваемости студентов.....	115
3.1.4 Временная динамика изменений структуры интеллекта, связанная с выбором профессии.....	125
3.2 Организация системы когнитивных резервов, связанная с личностными и эмоциональными характеристиками	136
3.2.1 Индивидуальные особенности эмоциональной регуляции гибкости мышления.....	136
3.2.2. Связь личностных черт и интеллекта.....	146
3.2.3 Значение компонентов интеллекта в самооценке качества жизни в молодом возрасте.....	152
3.3 Роль природной среды в индукции позитивного эмоционального состояния.....	157
3.3.1 Возрастные особенности эмоциональной оценки восприятия природной и урбанистической среды.....	158
3.3.2 Особенности эмоциональной оценки погружения в виртуальную природную среду у мужчин и женщин.....	162
Выводы по главе 3.....	168

ГЛАВА 4 ГИБКОСТЬ МЫШЛЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ АКТИВНОСТИ МОЗГА КАК ОТРАЖЕНИЕ НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТИ

4.1 Активность фронто-париетальной системы как преднастройка к выбору стратегии мышления.....	171
4.2 Личностные особенности реактивности ЭЭГ, вызванные конвергентным и дивергентным мышлением: значение рациональных и иррациональных черт.....	194
Выводы по главе 4.....	201

ГЛАВА 5. ОРГАНИЗАЦИЯ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ, ФОРМИРУЮЩИХ РЕЗЕРВЫ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА

5.1 Связь компонентов интеллекта с самооценкой состояния здоровья в молодом и пожилом возрасте.....	205
5.2 Соотношение компонентов интеллекта и тормозных функций внимания и зрительной кратковременной памяти на разных этапах онтогенеза.....	215
5.3 Возрастные особенности организации зрительной кратковременной памяти в модели проактивной интерференции.....	225
5.4 Возрастные и индивидуальные особенности эффективности когнитивной тренировки.....	239
5.4.1 Тренировка зрительно-пространственной кратковременной памяти.....	241
5.4.2 Тренировка зрительной кратковременной памяти в модели проактивной интерференции.....	249
5.4.3 Тренировка зрительно-пространственной кратковременной памяти с разной информационной нагрузкой.....	259
5.4.4 Тренировка зрительной кратковременной памяти в модели «one-back».....	271
5.4.5 Мотивационные факторы, определяющие эффективность тренировки когнитивных функций.....	274
Выводы по главе 5.....	279

ГЛАВА 6. СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОГНИТИВНЫХ РЕЗЕРВОВ

6.1 Потенциальные траектории формирования и реализации когнитивных резервов согласно их архитектуре.....	281
6.2 Гетероиерархическая организация системы когнитивных резервов.....	305
Выводы по главе 6.....	309
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	310
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	313
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	403
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	404
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	406

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы исследования. В современном информационном обществе эффективность когнитивных функций человека определяет не только успешность его профессиональной деятельности и социальной адаптации, но динамику адаптационных возможностей, которые формируются на ранних этапах онтогенеза и реализуются на более поздних: при старении организма или поражении функциональных систем мозга. Постарение населения в экономически развитых странах и обусловленное этим явлением снижение общего когнитивного ресурса общества ставит вопросы о способах замедления или компенсации этих естественных биологических явлений с применением психологических инструментов. С другой стороны, понимание механизмов формирования когнитивных резервов позволяет разрабатывать инновационные методы психолого-педагогической практики для развития эффективных стратегий мышления и повышения интеллектуального потенциала при сохранении эмоционального благополучия.

Степень научной разработанности проблемы исследования. Представление о компенсаторных резервах мозга возникло как способ объяснения широкого диапазона индивидуальных изменений когнитивных функций в рамках нормального или патологического старения (Stern, 2002, 2016). В ходе изучения возрастных изменений активности мозга сформированы разные модели компенсаторных процессов, обеспечивающих когнитивную деятельность пожилых людей. Установлено, что для лучшего выполнения когнитивных заданий пожилым людям требуется большая активация мозга, чем молодым, а морфологические изменения в нейронных системах мозга и ухудшение вследствие этого их деятельности могут компенсироваться как результат нейропластичности мозга и реорганизации нейронных сетей или формирования новых структурных связей, способствующих усилению функций лобной коры или особенностей ее взаимодействия с «сетью мозга по умолчанию» (Разумникова, 2015; Reuter-

Lorenz, Cappell, 2008; Turner, Spreng, 2015; Varela-López et al., 2022). Согласно другой модели сходная с молодыми эффективность запоминания у пожилых обеспечивается за счет подключения более широко распределенных нейронных систем и объединения ресурсов обоих полушарий (Разумникова, 2015; Cabeza et al., 2002, 2012; Zatorre et al., 2012).

Расширенный полнотекстовый поиск релевантных публикаций, касающихся понятия «когнитивные резервы» в системе PubMed, выявил нарастающий рост интереса к этой теме, библиометрический анализ которой позволил заключить о доминировании интереса к роли префронтальной коры в функциональной иерархии структур мозга, среди ритмов ЭЭГ наибольшее внимание привлекают высокочастотные диапазоны, а среди психометрических показателей – показатели функций внимания и памяти, отражающие эффективность обработки информации разной сложности (Вакаев, Razumnikova, 2020).

Литературные данные свидетельствуют, что уровень образования, умственная активность и профессиональные достижения являются основными факторами, объясняющими когнитивную изменчивость при старении (Kremen et al., 2019, 2022; Yang et al., 2022). В качестве протективных факторов когнитивных резервов рассматриваются также высокий уровень интеллекта и гибкость мышления (Palmiero, 2016; Palmiero et al., 2014; Quattropani et al., 2021; Tucker, Stern, 2011). Следовательно, закономерности формирования ресурсов знаний и стратегий их эффективного и инновационного применения является актуальной проблемой в разработке персонализированных программ обучения на разных этапах онтогенеза.

Согласно психосоциальной теории гетеротрансцендентности старение характеризуется трансформацией мышления на личностном, социальном и мировоззренческом уровнях, а индивидуальные особенности такой трансформации определяются жизненным опытом и социально-культурными представлениями о возрастных нормах поведения (Стрижицкая, 2017; Tornstam, 1997, 2005). Факторы жизненного цикла, которые могут

способствовать как усилению, так и истощению нервных ресурсов, включены в концептуальную модель когнитивных резервов «STAC» (Scaffolding Theory of Aging and Cognition), описывающую динамику когнитивных процессов и реорганизацию нейронных сетей и функций мозга (Разумникова, 2015; Park, Reuter-Lorenz, 2009; Reuter-Lorenz, Park, 2014).

Доказательства нейропластичности мозга вызвали многочисленные исследования эффективности когнитивной тренировки в пожилом возрасте, обзор которых представлен рядом публикаций (Разумникова, 2015; Giuli et al., 2016; Fu et al., 2020). Однако, до сих пор нет единого мнения, свидетельствуют ли положительные сдвиги в эффективности обучения о нейронной пластичности или являются следствием изменения стратегий когнитивной деятельности, а также переносятся ли тренировочные эффекты на другие ее области (Park, Bischof, 2013). Подвергается сомнению прямая связь когнитивных резервов и показателей строения и функций мозга, в качестве опосредующего фактора введение предлагается рассматривать вербальный интеллект (Habeck et al., 2016). Несмотря на признание того, что когнитивные ресурсы могут обеспечить сохранение качества жизни в позднем онтогенезе, остаются актуальными вопросы о механизмах, которые выполняют эту защитную роль (Pettigrew, Soldan, 2021).

Представление о компенсаторных когнитивных ресурсах используется также в исследованиях закономерностей адаптации нервной системы при поражении структур и функций мозга (Calvert et al., 2000; Heimler et al., 2014; Liouta et al., 2015; Vasile, 2013), поэтому понимание системы организации когнитивных резервов актуально для профилактики когнитивного дефицита и выбора и/или разработок оптимальных программ нейрореабилитации.

Таким образом, **теоретическая и практическая актуальность исследования** в необходимости изучения закономерностей формирования системы когнитивных резервов и реализации ее компонентов в онтогенезе.

Цель исследования: выявление системной организации и механизмов реализации когнитивных резервов в онтогенезе.

Объект исследования: когнитивные резервы

Предмет исследования: системная организация и механизмы реализации когнитивных резервов в онтогенезе.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть представления о понятии «когнитивные резервы», их роли в возрастных изменениях когнитивных функций и компенсаторных процессах при старении мозга.
2. Изучить возрастные изменения показателей систем внимания, памяти и структуры интеллекта и креативности в онтогенезе: с привлечением групп школьников, студентов и лиц пенсионного возраста.
3. Проанализировать временную динамику структуры интеллекта в зависимости от специализации обучения и социально-демографических факторов.
4. Исследовать закономерности организации стратегий конвергентного и дивергентного мышления
5. Выяснить значение личностных особенностей в гибкости мышления, его эмоциональной регуляции и реакции на восприятие виртуальной природной среды
6. Изучить результативность когнитивной тренировки лиц молодого и пожилого возраста.
7. Сформировать модель системной организации когнитивных резервов и описать механизмы их реализации.

Общая гипотеза исследования

Концептуальная модель организации когнитивных резервов представлена модулями базовых функций селекции и запоминания информации, исполнительного контроля и мотивационно-волевой регуляции поведения, механизмы реализации и взаимодействия которых формируются и динамически изменяются в онтогенезе, отражая нейропластичность систем мозга. Для выяснения закономерностей вовлечения интернальных и экстернальных факторов в репрезентацию

возрастных изменений структуры когнитивных резервов сформулированы следующие **рабочие гипотезы исследования**:

1. Формирование когнитивных резервов (структуры интеллекта и гибкости мышления) связано с социально-культурными ценностями, характеризующими общество, что проявляется во временной динамике уровня интеллекта (эффект Флинна) и возрастной динамике гибкости мышления.
2. Исполнительный контроль селекции информации развивается в онтогенезе и является фактором достижения лучших показателей внимания и памяти при старении.
3. Гибкость мышления обеспечивается реорганизацией нейронных сетей префронтальной коры и задних отделов мозга, зависимой от условий решения поставленной задачи, уровня интеллекта и соотношения рациональных и иррациональных личностных черт.
4. Лучшим показателям качества жизни в молодом возрасте соответствуют более высокие значения аналитических компонентов интеллекта, а в пожилом - преобладание позитивных эмоций при самооценке эмоционального интеллекта.
5. Погружение в виртуальную природную среду вызывает позитивные изменения эмоционального состояния и частотно-пространственную реорганизацию активации мозга как эффект релаксации, зависимый от возраста и пола
6. Эффективность когнитивной тренировки в молодом возрасте достигается быстрее и требует применения высокой информационной нагрузки, тогда как в пожилом возрасте основными факторами успеха является длительно устойчивый исполнительный контроль когнитивной деятельности.

Теоретико-методологическая основу исследования составляют принципы:

интегративной работы мозга в организации когнитивной деятельности (Л. С. Выготский, 1934; А. Р. Лурия, 1973; П. К. Анохин, 1975);

системно-структурный, системно-субъектный и системно-аналитический подходы в психологии (Б. Г. Ананьев, 2002; А. В. Брушлинский, 1995; Ю.П. Зинченко, 1975; Е.А. Сергиенко, 2017) и деятельностный подход к изучению познавательных процессов (С.Л. Рубинштейн, 1973; Н.Л. Леонтьев, 1986; П.Я. Гальперин, 1976);

информационные и деятельностно-ориентированные теории познавательных процессов (А. Г. Асмолов, 2002; Л.М. Веккер, 1981; У. Найссер, 1981; М. Posner, 1976);

принцип пластичности мозга в процессе старения и восстановления после повреждений и травм (А. Р. Лурия, 1948; Hertzog et al., 2009);

«позитивного» старения и психологического содержания геротрансцендентности (П. Балтес, 1985; О.Ю. Стрижицкая, 2018; Tornstam, 1997, 2005; Yaffe et al., 2009).

объяснение возрастных изменений когнитивных функций на основе “лобного старения” (West, 1996), “дефицита торможения” (Hasher et al., 1999) или нарушениях функциональных нейронных сетей (Greenwood, 2000; Sun et al., 2012);

модели структурных ограничений внимания и когнитивных ресурсов (Д. Канеман, 2006; Broadbent, 1958, Pashler, 1998; Reuter-Lorenz, Park, 2014), исполнительного внимания и когнитивного контроля (Miyake et al., 2000; Lorist et al., 2005), значения процессов интерференции информации в когнитивной деятельности (Friedman, Miyake, 2004; Nee, Jonides, 2008) и индивидуально выраженного потенциала формирования интеллектуальных систем (Д.В. Ушаков, 2011; 2016).

Методы и методики исследования:

теоретический анализ научной литературы по проблеме исследования;

организация разных по возрасту выборок испытуемых для психометрического тестирования и регистрации электроэнцефалографических показателей активности мозга;

эмпирические методы, включающие психометрическое тестирование, естественно-научный констатирующий эксперимент;

методы непараметрической и параметрической статистики и методы многомерного статистического анализа собранного массива данных; систематизация, сравнение и интерпретация полученных результатов анализа данных.

В качестве диагностического инструментария эмпирических исследований были использованы следующие психологические методики:

- для диагностики структуры интеллекта - тесты Амтхауэра, Равена, Гилфорда-Салливен, Барчард);

- для определения показателей креативности – методики Торренса, Гилфорда, и разработанный нами вариант методики «когнитивный синтез»;

- для определения профиля личностных характеристик – опросники EPQ Айзенка, TCI Клонингера, рациональных-иррациональных черт Кейрси;

- для оценки компонентов качества жизни - опросник SF-36;

- для тестирования эмоциональной реактивности – стимулы из Международного атласа аффективных состояний IAPS, а также фильмы природного или техногенного содержания, предъявляемые в формате 2D или 3D, с самооценкой эмоционального состояния на основе анкетирования и применения методики SAM (Self - Assessment Manikin);

- для определения показателей функций систем внимания и памяти - разработанная батарея компьютеризированных методик;

- для выяснения частотно-пространственной организации активности головного мозга многоканальную регистрацию ЭЭГ с последующим анализом мощности биопотенциалов в шести частотных диапазонах: дельта, тета, альфа 1,2 и бета 1,2;

- для статистической обработки собранного массива данных использовали пакет программ «Статистика для Windows» с применением методов параметрической и непараметрической статистики (дисперсионного, факторного и кластерного анализа, в том числе с использованием метода дискретной оптимизации)

Эмпирическая база исследования и характеристика выборки.

Было обследовано в общей сложности 4128 человек в возрасте от 5 до 72 лет. Подробно состав исследованных выборок представлен в соответствующих главах диссертационной работы, которые отражают постановку задач исследования, полученные результаты, их обсуждение и сделанные заключения.

Положения, выносимые на защиту:

1. Необходимыми звеньями в системной организации когнитивных резервов являются исполнительный контроль селекции информации, гибкое переключение стратегий мышления и компоненты интеллекта, в том числе обеспечивающие эмоциональную регуляцию поведения.
2. В формировании когнитивных резервов на ранних стадиях онтогенеза образовательный процесс определяет качественную и количественную эффективность развития системы тормозных функций, интеллектуальных способностей и гибкости мышления.
3. Исполнительный контроль селекции и запоминания информации развивается к подростковому возрасту, и сформированный у двадцатилетних механизм проактивной интерференции обеспечивает наилучшее воспроизведение зрительной кратковременной памяти и поддерживает ее сохранность на поздних стадиях онтогенеза.
4. Гибкость стратегий поиска оригинальной идеи представлена «преднастройкой» вовлечения префронтальной коры во взаимодействие с ее задними регионами за счет синхронизации низкочастотных и высокочастотных ритмов биопотенциалов, зависимой от условий тестирования креативности и интеллектуальных способностей.

5. Реализация когнитивных резервов на поздних стадиях онтогенеза возможна с опорой на каждый из основных компонентов системной организации когнитивных функций, и лучшим показателем самооценки качества жизни соответствует преобладание позитивных эмоций в поведении, усиливающееся при погружении в виртуальную природную среду.
6. Когнитивная тренировка способствует развитию тех когнитивных функций, на которые она направлена: скорости и эффективности селекции информации и зрительно-пространственной памяти; для достижения лучшего результата в молодом возрасте требуется повышенная информационная нагрузка, а в пожилом – исполнительный контроль длительной тренировки, ведущей к положительному эффекту.
7. Выявленные закономерности возрастных изменений когнитивных функций и принципы когнитивной архитектуры структур мозга позволяют представить гетероархическую организацию системы когнитивных резервов, в которой управление может выполнять исполнительный контроль селекции информации и ее запоминания или гибкое переключение стратегий мышления в зависимости от условий поставленных задач.

Научная новизна результатов исследования состоит в том, что на основе анализа литературных данных определены методологические основы изучения системной организации когнитивных резервов и выбран комплекс психометрических и психофизиологических методик для регистрации наиболее информативных для этих целей показателей; определены предикторы когнитивных резервов на ранних и поздних этапах онтогенеза;

установлена связь интеллекта и условий тестирования креативности со спецификой стратегии вовлечения фронто-париетальной системы в поиск оригинального решения проблемы;

эмпирически доказано возрастное развитие тормозных функций и гибкости мышления с максимальной эффективностью у двадцатилетних студентов;

выявлены закономерности реализации когнитивных резервов в результате тренировки функций систем внимания и памяти в молодом и пожилом возрасте; для осуществления тренировки и сбора данных разработана батарея компьютеризированных программ;

показана эффективность погружения в виртуальную природную среду для индукции положительных эмоций, зависящая от пола и возраста;

разработана концепция гетероархической организации системы когнитивных резервов, отражающая принципы их формирования и реализации на разных этапах онтогенеза;

предложен алгоритм прогнозирования предикторов формирования и реализации когнитивных резервов.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что полученные данные, результаты их анализа и сделанные на этой основе выводы дают новые знания о психологических и психофизиологических закономерностях формирования и реализации когнитивных резервов, и факторах, влияющих на их системную организацию и реорганизацию на разных стадиях онтогенеза. Описана возрастная динамика тормозных процессов и гибкости стратегий селекции информации, ее запоминания и поиска оригинальных идей при тестировании креативных способностей.

Показаны изменения структуры интеллекта, отражающие сочетание эффекта Флинна и его инверсии в зависимости от выбранной студентами университета профессии.

Результаты выполненного комплексного исследования личностных особенностей стратегий мышления и организации частотно-пространственной активности мозга как отражения нейропластичности позволило получить новые данные о вовлечении префронтальной коры в переключение стратегий

решения творческих задач в зависимости от особенностей стимульного материала и временного ограничения в поиске идей.

Полученные результаты позволяют предложить формирование нового исследовательского направления в рамках дифференциальной психологии и психофизиологии: дифференциальную когнитивную психофизиологию.

Основой данного направления является объединение психометрических и психофизиологических подходов в перспективе развития экспериментальных, теоретических и прикладных исследований настройки интерфейса человек-компьютер для формирования и реализации когнитивных резервов.

Практическая значимость исследования. Разработанные в рамках данной работы методики определения тормозных процессов в моделях проактивной интерференции, резервов концентрации и распределения внимания в зависимости от информационной нагрузки могут применяться для формирования или поддержания когнитивных резервов в онтогенезе, а также для проведения новых исследований в когнитивной психологии и психофизиологии. Материалы исследования могут быть использованы психологами и педагогами в образовательном процессе на этапах не только школьного и университетского образования, в том числе в программах инклюзивного и дополнительного образования, но и для продолжения развития информационного пространства и гибкости мышления на более поздних стадиях онтогенеза. Полученные результаты и выявленные закономерности организации когнитивных функций, формирующих резервы компенсаторной активности мозга, могут найти применение в когнитивной, медицинской и инженерной психологии.

Внедрение результатов исследования. Разработанные в диссертации положения о процессах определения, формирования и реализации когнитивных резервов человека на разных стадиях онтогенеза включены в учебные планы и используются при подготовке студентов на Факультетах Гуманитарного Образования и Автоматизации и Вычислительной Техники

Новосибирского государственного технического университета (НГТУ) в дисциплинах «Дифференциальная психофизиология», «Биологические и социальные основы здоровья», «Научно –исследовательская работа», а также при чтении лекций и организации когнитивного тренинга студентов пенсионного возраста, посещающих занятия Народного университета НГТУ.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается методологическим обоснованием и логикой организации и выполнения эмпирического исследования, репрезентативностью привлеченных выборок в широком возрастном диапазоне от 5 до 72 лет, применением валидных измерительных процедур, адекватным использованием лицензионного пакета прикладных статистических программ для обработки массива психометрических и электроэнцефалографических данных.

Апробация и внедрение результатов исследования. Результаты, полученные в диссертационном исследовании, отражены в 45 статьях, 14 из которых опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ и в 31 - индексированных Web of Science и/или SCOPUS, 10 монографиях и 10 учебных и учебно-методических пособиях (общим объемом более 113,4 п.л.). Основные результаты работы апробированы и представлены на 32 международных конференциях, в том числе на XXIV Съезде Физиологического общества им. И.П. Павлова, 2023 г., Санкт-Петербург; Cognitive Neuroscience, 2021, 2023, Екатеринбург; IX Международной конференции по когнитивной науке, 2020, Москва; 17th ISQOLS конференции, 2019, Granada, Spain; VI Съезде физиологов, 2019, Дагомыс, Россия; 19th World Congress of Psychophysiology, 2018, Lucca, Italy; 31th Conference of EHPS, 2017, Padova, Italy; V Межд. Конгрессе им. Памяти А.Р. Лурии, 2017, Екатеринбург; Всероссийской конф. с межд. участием «Когнитивные исследования на современном этапе», 2017, Казань; 30th Conference of EHPS, 2016, Aberdeen, Scotland; Volga Neuroscience Meeting, 2016, Нижний Новгород и др. Отдельные

части исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 12-06-00021, 15-06-10052, 19-29-01017).

Структура и объем диссертации. Диссертация соответствует признанной логике научного исследования и состоит из Введения, 6 глав, Заключения и Списка литературы. Список литературы содержит 839 наименования, 756 из которых - на иностранных языках. Материал диссертации изложен на 409 страницах текста, включая 48 таблиц, 80 рисунков и Приложение.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О КОГНИТИВНЫХ РЕЗЕРВАХ

1.1 Когнитивные резервы – отражение механизма нейропластичности мозга

Представление о когнитивных резервах возникло при изучении возрастных изменений в функциональной активности мозга и эффективности когнитивной деятельности пожилых людей, так как диапазон таких изменений оказался чрезвычайно широким: от достижения пика профессиональных успехов в шестидесятилетнем возрасте до развития старческой деменции. Это понятие включает способности оптимизировать или максимизировать производительность когнитивной деятельности за счет дифференцированного вовлечения в функциональную активность нейронных сетей мозга или использование альтернативных когнитивных стратегий (Stern, 2017). Наряду с генетическими предпосылками динамики развития объема и функционального взаимодействия структур мозга в качестве важных факторов формирования и дальнейшей реализации когнитивных резервов рассматривают образование и интеллектуально насыщенную профессиональную деятельность, сохранение физической и социальной активности в преклонном возрасте (Le Carret et al., 20054; Quattropani et al., 2021; Schooler et al., 2004).

Известно несколько основных гипотез для объяснения возрастных изменений когнитивных функций: «лобного старения» (West, 1996), «дефицита торможения» (Hasher et al., 1991, 1997) или нарушения организации функциональных нейронных сетей (Greenwood, 2000). Вследствие отмеченных существенных индивидуальных различий в изменениях когнитивных функций и поведения, введено понятие «успешное» старение для тех людей, кто сохраняет активную жизненную позицию при достаточно

высоком уровне когнитивной деятельности и социальной интеграции (Разумникова, 2015; Yaffe et al., 2009) или «позитивное старение» (Стрижицкая, 2018; Hill, 2005). Реализация когнитивных резервов на поздних стадиях онтогенеза подразумевает максимальное использование приобретенных знаний и опыта при минимизации связанных со старением потерь за счет трех основных процессов: выбора, оптимизации и компенсации (Baltes et al., 1999). Процедура выбора подразумевает ранжирование приоритетов среди множества целей и осуществляется в соответствии с их индивидуальной ценностью и важностью получения нужного результата (оптимизация) при избегании связанных с возрастом потерь (компенсация) на основе имеющихся ресурсов.

В рамках психосоциальной теории гетеротрансцендентности поздние стадии онтогенеза характеризуются разными компонентами трансформации мышления и поведения: личностной, социальной и «космической», формирование которых связано с жизненным опытом и социально-культурными представлениями о старении (Стрижицкая, 2017; Tornstam, 1997, 2005).

Одной из широко распространенных теорий организации когнитивных резервов является концептуальная модель «STAC» (Scaffolding Theory of Aging and Cognition) (Park, Reuter-Lorenz, 2009). Согласно этой теории, повышенная активация префронтальной коры является маркером процессов адаптации стареющего мозга. Она включает реорганизацию других нейронных функциональных сетей для компенсации возрастного снижения скорости обработки информации, ослабления рабочей и долговременной памяти и ухудшение тормозных функций. В ходе развития в модель STAC-г были включены факторы жизненного цикла, которые могут и усиливать, и истощать нервные ресурсы за счет изменений в динамике когнитивных и нейронных процессов (Reuter-Lorenz, Park, 2014).

Другой вариант компенсаторной роли префронтальной коры, предлагается в модели «HAROLD» (Hemispheric Asymmetry Reduction in Old

Adults), согласно которой для сохранения функций памяти пожилым людям требуется билатеральное вовлечение полушарной активности (Cabeza et al., 2002) с усилением степени активации коры при усложнении задачи (Lee et al., 2023).

Реорганизация функционального использования нейронных цепей как компенсаторных процессов при старении рассматривается также в моделях CRUNCH (compensation-related utilization of neural circuits hypothesis) (Reuter-Lorenz, Cappell, 2008) или PASA (posterior–anterior shift in aging) (Davis et al., 2008).

Анализ разных подходов к организации когнитивных резервов позволяет выделить процессы, лежащие в основе гибкости таких нейронных сетей (компенсации возрастных нарушений за счет их реорганизации или дополнительного вовлечения ранее неиспользованных структур мозга) или когнитивных стратегий (применение эффективных стратегий запоминания и усиления таких базовых функций как рабочая память и т.п.) (Oosterhuis 2022).

«Соотношение скорости протекания атрофических процессов и вовлечения компенсаторных когнитивных резервов зависимо от генетического фактора, когнитивных нагрузок, эмоционального стресса, питания, физической активности и социально-культурной среды, влияющей на психологические стереотипы старения. На поведенческом уровне информативными показателями когнитивных резервов считают годы образования, сложность профессиональной деятельности и социально-экономический статус, а также поддерживаемый уровень ментальной, социальной и физической активности в свободное время» (Разумникова, 2015; Разумникова и др., 2016).

Компенсаторные процессы являются результатом гибкой реорганизации нейронных сетей мозга за счет формирования новых синаптических связей между нейронами, которые стимулируются обучением (Zatorre et al., 2012). Другой механизм пластичной перестройки функций мозга – нейрогенез, на основе которого когнитивные резервы формируются в раннем онтогенезе

(Schoentgen et al., 2020). Протективными факторами их дальнейшего развития и реализации у взрослых являются обогащенная информационная среда, активная когнитивная деятельность, совмещенная с физической активностью и рациональным питанием (Sampedro-Piquero, Begega, 2017; Shohayeb et al., 2018). Эти факторы способствуют восстановлению структуры и функций мозга за счет миелинизации аксонов и роста их разветвления (Zatorre et al., 2012).

Поиск информативных маркеров когнитивных резервов мозга на психофизиологическом и поведенческом уровне представляет актуальную проблему современной психологии и нейробиологии, так как их идентификация позволяет понять механизмы индивидуального разнообразия возрастной динамики когнитивных функций в онтогенезе и разработать стратегии персонализированного обучения на его ранних стадиях и сохранения высокого качества жизни в пожилом возрасте.

1.2 Роль интеллекта и образования в формировании и реализации когнитивных резервов

Актуальность исследования закономерностей реализации интеллектуальных способностей на разных этапах онтогенеза обусловлена тем, что для его ранних этапов имеются доказательства связи интеллекта и эффективности обучения (Bathelt et al., 2019; Deary et al., 2007; Deary, Johnson, 2010; Ritchie, Tucker-Drob, 2018); далее – с успехом профессиональной деятельности (Kell, Lang, 2017; Strenze, 2007); и, наконец, при более высоких значениях интеллекта снижается риск развития заболеваний на поздних этапах онтогенеза и повышается продолжительность жизни (Batty et al., 2010; Calvin et al., 2011, 2017; Ćukić et al., 2017; Deary et al., 2019; Stevenson et al., 2019).

Для объяснения состояния здоровья современного человека широко используется психосоциальная модель, согласно которой риск заболеваний определяется когнитивными, эмоциогенными и социальными факторами (Никифоров, 2006; Разумникова, 2015, 2017; Miller et al., 2009). Вклад когнитивного фактора отражает накопленные знания о здоровье и представления о симптомах болезни, на основе которых формируется склонность к «функциональному оптимизму» или, напротив, к пессимистическому взгляду на свое психическое и физиологическое состояние (Анисимов, Глазачев, 2012; Разумникова, 2017). Интеллект как интегральный показатель организации когнитивных процессов рассматривается рядом авторов как психометрический показатель эффективности адаптации человека (Айзенк, 1995; Hemmingsson et al., 2009; Kanazawa, 2004). Так как нервная система регулирует баланс функций всех систем организма, то успех этой регуляции и целенаправленный контроль самоохранительного поведения требует развитой структуры интеллекта, в том числе его эмоциональных и социальных компонентов (Разумникова, 2017; Fjell et al., 2012; Gevins, Smith, 2000; Razumnikova, 2010).

Опосредованную связь уровня интеллекта и жизнеспособности подтверждают результаты большого числа популяционных исследований, которые свидетельствуют о снижении вероятности риска развития широкого круга заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых, онкологических и психических, у лиц с более высоким интеллектом (Batty et al., 2007; Bosma et al., 2007; Hart et al., 2003; Hemmingsson et al., 2009; Russ, 2018).

Отмечаемое при старении снижение интеллекта может быть обусловлено замедлением скорости ментальных процессов, что рассматривается как основная причина снижения эффективности когнитивных функций, имеющих временные ограничения при их оценке (Bryan et al., 1997; Gottfredson, Deary, 2004; Hertzog, Bleckley 2001; Pahud et al., 2018).

Анализ причин замедления реакции в пожилом возрасте показал существование разных процессов: в обработке информации, формировании моторной реакции или повышение порога принятия решения вследствие стратегии большей осторожности (Brosnan et al., 2023; Ratkiff et al., 2006). Эти процессы могут суммироваться или включаться изолированно в зависимости от требований текущей задачи и имеющихся ресурсов. Причем обогащенная информационная среда согласно результатам самооценки когнитивных резервов способствует замедлению возрастного снижения скорости реакции.

Пожилые люди с более высоким интеллектом (преимущественно флюидным) характеризуются лучшими исполнительными функциями, распознаванием эмоций и социальным мышлением и в критических условиях находят пути компенсации ухудшения когнитивных навыков при старении (Salas et al., 2021). Согласно заключению мета-анализа 135 исследований когнитивных резервов и когнитивных способностей в нескольких областях (память, исполнительные функции, зрительно-пространственные способности и язык) подтвердили мнение, что ключевые косвенные показатели когнитивных резервов: уровень образования, профессиональный статус и участие в когнитивно-стимулирующей деятельности наряду с общим вносят дополнительно уникальный вклад в их организацию (Opdebeeck et al., 2016).

Анализ разных моделей динамических систем развития интеллекта: от полно связанной, имитирующей когнитивное развитие полностью взаимосвязанных компонентов, до менее связанной однонаправленной модели, показал, что разные функциональные архитектуры могут лежать в основе разных стадий развития (Fransson et al., 2011), возможно, в результате процесса возникающей специализации, причем именно системы, специализированные по функциям, имеют наибольшую устойчивость при старении (Vaughman et al., 2012).

Взаимосвязь интеллекта и личностных характеристик. Хотя интеллект и характер традиционно рассматривались как независимые компоненты структуры личности, появляется все большее количество

исследований взаимосвязи этих психических характеристик. Актуальность таких исследований определяется необходимостью описания закономерностей влияния индивидуально-психологических свойств личности или их своеобразного сочетания на выбор стратегий мышления (Разумникова, 2013, 2016; Furnham et al., 1998; Chamorro-Premuzic, Furnham, 2004; Chamorro-Premuzic et al., 2006; DeYoung, 2011). Например, установлено негативное влияние нейротизма, но положительное - открытости опыту на эффективность когнитивной деятельности и различия во влиянии экстраверсии – интроверсии на выбор способов решения интеллектуальных задач и их успешность.

Дополнительным фактором вариативности влияния личностных черт на психометрически оцененный IQ может быть фактор пола. Анализ исследований с психометрической оценкой интеллектуальных способностей указывает на преимущество мужчин при их самооценке (Chamorro-Premuzic, Furnham, 2006) или выполнении зрительно-пространственных заданий, а женщин - вербальных заданий, например, вербальной беглости (Halpern, 2011; Johnson, Bouchard, 2007). Однако, даже при отсутствии половых различий в результативности тестирования образных и вербальных функций их реализация обеспечивается разными способами организации нейронных систем мозга у мужчин и женщин (Разумникова, 2004; Разумникова и др., 2009; Haier et al., 2005; Luders et al., 2004).

В ходе сравнительного анализа индивидуально-психологических характеристик устойчивые половые различия отмечены в таких свойствах, как склонность к риску и эмоциональная реактивность (Bymes et al., 1999; Harris, Jenkins, 2006; Kring, Gordon, 1998), что имеет как биологически, так и социально обусловленные предпосылки. Женщины не только лучше распознают эмоции, но и чаще, чем мужчины, опираются на эмоциональную оценку ситуации в организации поведения и принятии решений (Gratz, Roemer, 2004; Petrides, Furnham, 2006; Zlomke, Hahn, 2010). «Следовательно, исследование роли фактора пола во влиянии личностных черт на характеристики интеллектуальной деятельности должно быть направлено на

выяснение индивидуальных особенностей в формировании разных стратегий мышления и выделении наиболее информативных в этом отношении личностных свойств» (Разумникова, 2016).

«Согласно хорошо известной структуре личности Г. Айзенка ее основными субфакторами являются полярные психологические свойства поведения: нейротизм - эмоциональная стабильность, экстраверсия-интроверсия и психотизм как сильное суперэго. Каждый из субфакторов связан с особенностями протекания психических процессов, а, следовательно, с особенностями умственной деятельности индивида и с индивидуальными стратегиями решения тех или иных интеллектуальных заданий: нейротизм определяет степень включенности эмоционального компонента в процесс регуляции мышления, экстраверсия-интроверсия связаны с активационным компонентом, а психотизм – с шириной диапазона ассоциаций. Результаты исследований влияния этих трех субфакторов на интеллектуальную деятельность свидетельствуют о наличии отрицательной взаимосвязи между уровнем вербальных способностей и нейротизмом или интроверсией (Chamorro-Premuzic et al., 2006) или между показателями флюидного (текущего, подвижного) и кристаллизованного (накопленного опыта, системы знаний и опыт) интеллекта и показателями нейротизма или психотизма при положительных связях с экстраверсией (Ackerman, Heggestad, 1997).

Однако полученные соотношения оказались зависимыми от способа тестирования личностных и интеллектуальных показателей, возраста и пола участников исследований. Например, нейротизм был негативно связан с показателями флюидного интеллекта у мужчин, но кристаллизованного – у женщин (Baker, Bichsel, 2006), а флюидный интеллект рассматривался как регулятор взаимосвязи психотизма и кристаллизованного интеллекта (Buckingham et al., 2012).

Актуальность изучения проблемы половых различий в закономерностях формирования соотношения интеллекта и личностных черт определяется выяснением причин противоречия между одними данными, указывающими на

положительную связь психометрического интеллекта, субъективной оценки интеллекта и академической успеваемости, и другими данными о лучшей школьной успеваемости девочек при более высокой самооценке интеллекта у мальчиков (Chamorro-Premuzic, Furnham, 2006; Deary et al., 2007)» (цит. по Разумникова, 2013, стр. 31-33).

Для выяснения взаимосвязи интеллектуальных и личностных характеристик, формирующих когнитивные резервы, интерес представляет психобиологическая теория личности Р. Клонингера (Разумникова, 2005). Согласно этой теории, индивидуальные особенности поведения характеризуются такими чертами как «поиск новизны» «зависимость от награды», «избегание опасности» и определяются соотношением активности медиаторов моноаминергической системы: дофамина, норадреналина и серотонина, соответственно (Cloninger, 1993). Поскольку «открытость опыту» рассматривается как одна из наиболее устойчивых личностных черт, положительно связанных с уровнем интеллекта (DeYoung, 2011; Furnham et al., 2005), а «избегание опасности» – как личностное свойство, интенсивность проявления которого отличается у мужчин и женщин (Al-Halabí et al., 2011), то целесообразен анализ возможности применения данной психобиологической модели темперамента к изучению половых различий во взаимосвязи характерологических особенностей личности с уровнем вербального и образного интеллекта.

Еще одной, полезной для анализа организации когнитивных функций, формирующих когнитивные резервы, представляется типология К. Юнга с выделением рациональных и иррациональных черт как индивидуальных стратегий переработки информации (Юнг, 1996). «Особый интерес для понимания закономерностей дивергентного мышления вызывает изучение роли иррациональной функции - интуиции, как способности решения проблемы на основе «знания без возможности объяснить, как мы это знаем»» (Разумникова, Яшанина, 2017; Langan-Fox, Shirley, 1996). Интуитивный тип реагирует на неосознаваемые образы и символы и опирается при решении

проблемы на внезапно возникающие догадки. Рациональные функции: мышление и чувства определяют способности оценки информации на основе фактов и использования логики для их объяснения или эмоционального суждения вследствие сравнения с опытом.

Можно предположить, что рациональные черты личности в большей мере связаны с особенностями организации конвергентного мышления, тогда как иррациональные – дивергентного. «Эта классификация стратегий мышления предложена Дж. П. Гилфордом для дифференциации способов решения проблем, имеющих единственное однозначно правильное решение, или проблем «открытого» типа, подразумевающих множественность решений, каждое из которых может быть верным» (Разумникова, Яшанина, 2017; Razumnikova, 2017). Соответственно, на личностном уровне можно выделить склонность к следованию логике связей между объектами и известным правилам решения проблем или к гибкой смене стратегий с активным использованием интуитивно возникающих идей.

Таким образом, требуется более полное исследование взаимодействия личностных характеристик и когнитивных функций для представления системной организации когнитивных резервов, в том числе механизмов «преднастройки» частотно-пространственной активности мозга как отражения преимущественных стратегий мышления и степени вовлечения исполнительного контроля поведения.

«Эффект Флинна» как информативная модель для изучения роли социально-экономических факторов в изменениях IQ. «Так называемый «эффект Флинна», т.е. отмеченное в разных странах повышение интеллекта во второй половине XX в. (Flynn, 1987, 2009; Flynn, Shayer, 2018; Pietschnig, Voracek, 2015), был обнаружен при систематизации результатов скринингового тестирования IQ для определения профессиональной пригодности или выбора специализации на военной службе» (Разумникова, 2022). «Рост IQ объясняют разными причинами: генетическими изменениями (Dickens, Flynn, 2001) или такими средовыми факторы как доступность

образования и расширение информационного пространства (Williams, 1998), а также уменьшением состава семьи, улучшением питания и медицинского обслуживания (Flynn, 2009; Flynn, Shayer, 2018; Sundet et al., 2008)» (Разумникова, 2022).

Однако в конце XX века рост показателей интеллекта стал замедляться или даже приобретать обратное направление, что было названо анти-эффектом Флинна или негативным эффектом Флинна (Разумникова, 2022; Bratsberg, Rogeberg, 2018; Dutton et al., 2016; Sundet et al., 2004). Это снижение IQ связывают с разными факторами, негативно влияющими на состояние здоровья, в том числе эпигенетическими или ухудшением образования и нерациональным питанием (см. обзор Валуевой, Беловой, 2015; Rindermann et al. 2016; Flynn, Shayer, 2018; Woodley of Menie et al., 2018).

«Выполненный нами анализ литературы, посвященный исследованиям эффекта Флинна, включает опубликованные выводы мета-анализа этой темы, доказывающим устойчивость эффекта вне зависимости от типа выборки или инструмента измерения IQ (Trahan et al., 2014). Положительная, хотя и разная в зависимости от возраста, динамика повышения IQ согласно тесту Равена показана в результате другого мета-анализа данных (48 стран, 1950-2014 годы) (Wongupparaj et al., 2015). Выделены несколько факторов проявления гетерогенности эффекта Флинна: не только возраст в рассматриваемой выборке, но и уровень интеллекта, и уровень экономического развития стран, включенных в анализ динамики IQ (Разумникова, 2022; Platt et al., 2019)» (Разумникова, 2022).

«Обширные популяционные исследования IQ проводились преимущественно в ходе призыва мужчин в армию, в том числе единственное известное нам российское on-line тестирование интеллекта лиц в возрасте от 18 до 40 лет желающих поступить на военную службу в период с 2012 по 2018 г.г. (Сугоняев, Григорьев, 2019). Более низкие результаты тех, кто родился в период 1974–1984 годы по сравнению со следующим десятилетием 1985-1994

г.г., авторы связали с изменениями социально-экономической ситуации в России» (Разумникова, 2022).

«Для популяционных исследований эффекта Флинна чаще используют показатели общего или флюидного интеллекта, однако особый интерес представляет временная динамика IQ при использовании вербальных, зрительно-пространственных или математических субтестов. Единого мнения относительно стабильности половых различий в этих когнитивных функциях не сложилось, также как и относительно особенностей их развития и изменений вследствие влияния новых знаний и технологий, характерных для современного информационного общества» (Разумникова, 2022).

«Например, заключение мета-анализа 242 исследований, выполненных в период с 1990 по 2007 г.г., свидетельствует об отсутствии статистически значимых половых различий в математике (Lindberg et al., 2010) и противоречит социокультурным стереотипам о профессиональном предпочтении мужчинами инженерии и физики вследствие более высоких, чем у женщин математических способностях (Webb et al., 2002). Причем половые различия при оценке математических способностей оказываются зависимыми не только от способов их тестирования, но и от целого ряда факторов, например, таких как системы образования или социокультурная среда воспитания детей (Lindberg et al., 2010). Особенно велико значение способов воспитания и программ обучения на ранних стадиях онтогенеза» (Разумникова, 2022).

«Противоречивость результатов исследования половых различий в когнитивных функциях подчеркивают данные многочисленных психофизиологических исследований, которые также свидетельствуют о разных формах соотношения их психометрических показателей и структурной и/или функциональной организации нейронных систем мозга (Разумникова, 2004, 2005; Basten et al., 2015; Choleris et al., 2018; Duncan et al., 2020; Ruigrok et al., 2014; van Eijk et al., 2021, Zhang et al., 2020). Например, лучшую реализацию зрительных функций мужчинами связывают с большим объемом

у них серого вещества в затылочной коре, а лучшую память у женщин – с наличием большей гиппокампальной извилины (Giedd et al., 2012; Loprinzi, Frith, 2018). Разнообразие полученных нейробиологических эффектов объясняется сложным комплексом взаимодействия генетических, психологических и социальных факторов, в том числе политикой образования и социокультурными условиями воспитания мальчиков и девочек, формирующих соответствующие стереотипы поведения» (Разумникова, Каган, 2021; Разумникова, 2022; Halpern, 2011; Halpern et al., 2007; Jäncke, 2018).

Низкий уровень образования совместно с гиподинамией и социальной изоляцией признается фактором риска развития старческой деменции в позднем онтогенезе (Livingston, 2020). В связи с тем, что доля пожилых людей среди населения постоянно растет: в 2019 году доля лиц в возрасте более 65 лет составила около 9%, к 2050 г. - прогнозируется около 16% (Щербакова, 2019), а к 2060 – 30% (Parker et al., 2012), актуальность исследований механизмов старения и возможных путей сохранения здоровья и профессиональной активности пожилых лиц только усиливается. Поздние этапы онтогенеза характеризуются снижением качества жизни вследствие ослабления всех видов активности: когнитивной, физической и социальной. Повышается риск сердечно-сосудистых заболеваний, которым сопутствуют ишемические повреждения мозга, вызывающие когнитивный дефицит и старческую деменцию.

Поздний период онтогенеза характеризуется устойчивым снижением эффективности таких когнитивных функций как скорости реакции, рабочей и кратковременной памяти, когнитивной гибкости и тормозных процессов при селекции информации и/или планировании поведения (см. подробнее, Разумникова, 2015, 2019; Lampit, 2020; Le et al., 2020; Park, Reuter-Lorenz, 2009; Peeters, 2022). Широкий диапазон индивидуальной изменчивости возрастных изменений этих функций обусловлен развитием нейропластичности и формированием когнитивных резервов на ранних

стадиях онтогенеза (Kolb et al., 2016) с дальнейшей их реализацией при старении на основе разнообразных компенсаторных процессов. Функциональная и структурная пластичность нейронных систем мозга, их способность к реорганизации на основе обучения или вовлечения дополнительных ресурсов позволяет поддерживать эффективную когнитивную деятельность и обеспечивать высокое качество жизни в пожилом возрасте. Индивидуальные особенности старения мозга и реорганизации когнитивных функций с вовлечением разнообразных компенсаторных процессов характеризуются очень широким диапазоном, так как связаны не только с генетическим, но и со средовыми факторами, воздействующими от ранних до поздних этапов онтогенеза: с продолжительностью, уровнем и структурой образования, формами и устойчивости профессиональной занятости и, в целом Ю многочисленными характеристиками образа жизни.

Связь между образованием и когнитивными способностями проявляется на протяжении всей жизни и на всех его уровнях, включая высшее образование (Lövdén et al., 2020). Улучшение условий, определяющих развитие в первые десятилетия жизни, имеет большой потенциал для улучшения когнитивных способностей в раннем взрослом возрасте. В позднем возрасте уровень образования оказывает влияние на когнитивные функции, способствуя сохранению индивидуальных различий в когнитивных навыках, которые появились в раннем взрослом возрасте, однако незначительно связан с темпом снижения когнитивных функций. При сопоставлении уровня образования и интеллекта показано, что каждый его год добавляет от 1 до 5 баллов при тестировании IQ (Ritchie, Tucker-Drob, 2018), однако связи образования с атрофическими процессами в мозге не обнаружено (Nyberg et al., 2021). Для объяснения полученного эффекта используется гипотеза «пассивного» когнитивного резерва (Barulli, Stern, 2013), т.е. образование способствует развитию столь высокого уровня когнитивных функций, что риск развития деменции сдвигается на более поздние сроки онтогенеза.

Мета-анализ результатов исследований, направленных на выяснение роли трех ключевых, но косвенных показателей когнитивных резервов: уровня образования, профессионального статуса и участия в когнитивно-стимулирующей деятельности, выявил их умеренную положительную связь с такими когнитивными способностями, как память, зрительно-пространственные способности, исполнительные и речевые функции (Ordebeesk et al., 2016). Причем профессиональный статус и когнитивная деятельность характеризовались наибольшей вариативностью в их влиянии на возрастные различия в рассмотренных когнитивных показателях, что подтверждает мнение об общем и дополнительно об уникальном вкладе образования и этих факторов в когнитивные резервы.

Таким образом, временная траектория и выраженность возрастных когнитивных изменений отражает сформированные на протяжении жизни резервы функциональных систем мозга и их пластичности, необходимые для адаптации к новым условиям жизнедеятельности организма и к изменяющейся информационной и социально-культурной окружающей среде.

1.3. Значение функций селекции и запоминания информации в системе организации когнитивных резервов

Функции восприятия информации, выбора приоритета в ее значимости и, соответственно, эффективности сохранения для последующего использования создают основу в организации когнитивных резервов.

Изменения процессов селекции информации в позднем онтогенезе. Отмеченное при старении устойчивое повышение времени реакции на стимулы разной модальности, а также время принятия решения и осуществления моторной реакции определяется замедлением обработки информации в центральной нервной системе, особенно сильно этот эффект выражен при обработке больших объемов информации (Salthouse, 2010).

Эффект замедления мыслительных операций и моторных реакций обусловлен атрофией нервных клеток, разрушением миелиновых оболочек нервных волокон и васкулярными изменениями, вызывающими нарушения метаболизма в клетках мозга (Eckert, 2011; Borghesani et al., 2013). Эти процессы патологических изменений в состоянии мозга признаются основными причинами развития разнообразных когнитивных нарушений (Разумникова, 2015; Narada et al., 2013).

Ассоциация возрастных изменений в разных системах организма продемонстрирована с использованием метода машинного обучения, позволившего выявить связь показателей когнитивного, эпигенетического и фенотипического возраста. Сформированная модель хронологического возраста включала три когнитивных маркера: дифференциацию цветовых оттенков, эффективность арифметических вычислений и идентификация перевернутых букв (Krivonosov et al., 2022).

Атрофия нервной ткани, связанная со старением, неравномерно представлена в разных отделах мозга (Разумникова, 2015). Особенно чувствительными к повреждающим воздействиям на протяжении всего онтогенеза являются нейроны гиппокампа: их гибель связывают с влиянием эмоционального стресса или гипоксии (Bruno et al., 2016; Erten-Lyons et al., 2013; Planche et al., 2016; Rosenzweig, Barnes, 2003). Поэтому ухудшение памяти при старении в значительной степени можно объяснить повреждением функций гиппокампа (Разумникова, 2015). Другой структурой мозга, вызывающей повышенный интерес в исследованиях когнитивных функций как на ранних, так и поздних этапах онтогенеза, являются лобные участки коры: чем сильнее представлена атрофия нервных клеток в этих отделах мозга, тем хуже способность пожилого человека к эффективному исполнительному контролю в решении ежедневных задач, что, соответственно, снижает качество жизни (Разумникова, 2015; Hogan et al., 2011). Усилению этого эффекта наблюдается после 60 лет и характеризуется нелинейным снижением

объема медиальной височной области, а также серого вещества в базальных ганглиях (Ziegler et al., 2012).

Возникающий при старении дефицит когнитивных процессов связывают также с разрушением белого вещества мозга, что приводит к ослаблению координации разных функциональных систем мозга и снижению эффективности процессов восприятия, селекции и запоминания информации (Bennett, Madden, 2014; Lovden et al., 2013; Samanez-Larkin, Knutsen, 2015). Повреждение белого вещества чаще представлено в передней части мозга и в мозолистом теле (Fling et al., 2011). Возрастное замедление сенсомоторных реакций связывают с нарушениями в микроструктуре мозолистого тела, а постепенное ухудшение исполнительных функций мозга - с деградацией фронто-стриарных путей (Webb et al., 2020).

Интенсивные исследования последних лет, сосредоточенные на выяснении функциональной нейронной организации, выявили гибкие изменения связности исполнительной системы мозга и системы мозга по умолчанию (DMN) в молодом возрасте и относительную стабильность их взаимодействия у пожилых (Turner, Spreng, 2012, 2015), которая, однако, усиливается при выполнении сложного когнитивного задания (O'Connell, Basak, 2018).

Снижение скорости информационных процессов в поздний период онтогенеза рассматривается как интегральный показатель нарушения когнитивных функций (Salthouse, Ferrer-Caja, 2003, Salthouse, Soubelet, 2014) и отражает, в том числе, изменения и уровня, и структуры интеллекта в пожилом возрасте (Разумникова, 2015; Разумникова и др., 2017): так называемую «дедифференциацию», представленную более тесными связями разных компонентов IQ и, следовательно, приводящей к потере их специализации (Hertzog, Bleckley, 2001).

В качестве другого информативного показателя изменений функций мозга при старении предлагается считать интраиндивидуальную вариабельность времени реакции (ИВВР), усиливающуюся при выполнении

сложных когнитивных заданий (Разумникова, 2015; Bielak et al., 2010). Объяснение этого эффекта кроется в атрофических процессах нервной ткани, характерных для позднего онтогенеза: усилению ИВВР соответствует снижение объема как серого вещества в лобных областях (Stuss et al., 2003), так и белого вещества мозга в нижней теменной области коры (Jackson et al., 2012; Walhovd, Fjell, 2007).

Связанная со старением атрофия нейронов в дорзо-латеральной части лобной коры и в цингулярной коре – нейронные сети которых участвуют в разрешении конфликта конкурирующей информации и принятии решения, объясняет дефицит в функциях исполнительной системы внимания (Lukša et al., 2010), так как в молодом возрасте доминируют функциональные связи в передних областях коры, а у пожилых они больше смещаются в ее заднюю часть (Meunier et al., 2009). Компенсаторный эффект, характерный для позднего онтогенеза, представлен регионарно широкой взаимосвязью исполнительных функций и объема серого вещества, которая наблюдается не только для передней части мозга, но и височной, и теменной коры (Hecker et al., 2021), хотя при более слабой ассоциации возрастной атрофии нейронных сетей для задних областей в сравнении с лобной корой (Yao et al., 2020).

Изменения памяти при старении. Ослабление рабочей и кратковременной памяти наблюдается уже после 30 лет, а после 40 усиливается (Разумникова, 2015; Mahncke et al., 2006). Так как в организацию этих форм памяти вовлекаются широко представленные нейронные системы, охватывающие в первую очередь лобную и височную области коры, а также гиппокамп и амигдалу, то траектории ухудшения памяти характеризуются большим разнообразием, к которому добавляются еще и полушарные функциональные изменения. Показано, например, что у молодых людей при запоминании более активно левое полушарие, а при воспроизведении – правое (Habib et al., 2003); тогда как при старении эта функциональная асимметрия снижается (Разумникова, 2015; Dolcos et al., 2002).

Учитывая особую пластичность нейронов гиппокампа и формирование новых функциональных связей вследствие обучения, применение программ тренировки рабочей и кратковременной памяти широко используется для формирования когнитивных резервов на поздних стадиях онтогенеза (Разумникова, 2022; Baltes, Kliegl, 1992).

С увеличением сложности задачи нагрузка на рабочую память растет, для ее обеспечения повышается активность мозга в дорзолатеральной префронтальной коре и латеральной париетальной области с усилением их сетевой интеграция у пожилых, но снижением у молодых людей. Что касается функциональной латерализации, то при старении отмечается увеличение сетевой интеграции как между разными регионами правого полушария, так и с левополушарными областями. Такие изменения сетевой интеграции могут представлять адаптивную форму компенсации за счет привлечения более распределенной корковой сети при увеличении сложности решаемой задачи (Crowell et al., 2020).

Исполнительный контроль поведения «включает разнообразные когнитивные функции: интерференционный контроль селекции информации, ее запоминания и воспроизведения» (Разумникова, 2019; Diamond, 2013; Miyake, Friedman, 2012); выбор решения при конкуренции информации, в ситуации когнитивного диссонанса или неясного результата планируемого события, или настойчивость в достижении поставленных целей или отказ от деятельности, признанной неприемлемой в данной ситуации (Николаева, Вергунов, 2017; Luna et al., 2015). «Центральная роль процессов торможения в организации стиля поведения обусловлена тем, что они обеспечивают эффективность селекции релевантной информации в рабочей памяти, переключение внимания или поддержание его фокуса при выполнении последовательности действий с игнорированием дистракторов и, наконец - выбор субъективно наиболее приемлемой реакции» (Разумникова, 2019; Разумникова, Николаева, 2019).

«Интерес к изучению организации тормозных функций на разных этапах онтогенеза обусловлен тем, что их успешное формирование на ранних стадиях обеспечивает эффективный исполнительный контроль поведения и является основой обучения детей (Николаева, Вергунов, 2017; Ribner et al., 2017; Sanchez-Perez et al., 2017), а на более поздних - выступает как предиктор высокого интеллекта и обеспечения социального статуса в будущем взрослом возрасте (Moffitt et al., 2011)» (Разумникова, Николаева, 2019).

Развитие управляющих функции нелинейно и характеризуется быстрым и статистически значимым развитием в период от позднего детства до середины подросткового возраста (10–15 лет), а затем стабилизируются до уровня взрослых в позднем подростковом возрасте (18–20 лет) (Tervo-Clemmens et al., 2023). Такая каноническая траектория созревания управляющих функций позволяет выделить границы подросткового возраста, что может быть полезно для дальнейших исследований.

«На поздних стадиях онтогенеза снижение тормозного контроля рассматривается как механизм ослабления эффективности когнитивных функций, особенно в условиях конкуренции информации или необходимости большого объема для запоминания (Разумникова, Николаева, 2017; Hasher et al., 1991). Наряду с данными о дефиците тормозного контроля при старении (например, Darowski et al. 2008; Zanto et al. 2010) имеются доказательства отсутствия его изменений, что объясняется разнообразием организации процессов торможения в системах восприятия и селекции информации, ее запоминания, формирования моторных реакций или речевой деятельности (Разумникова, Николаева, 2019; Dempster, Corkill, 1999; Germain, Collette, 2008; Friedman, Miyake, 2009)» (Разумникова, Николаева, 2019).

«Характеристики исполнительных функций рассматриваются как предикторы качества жизни пожилых людей» (Разумникова, Николаева, 2017) и вероятности развития старческой деменции (Cahn-Weiner et al., 2007). Однако, не ясно, какой из трех взаимосвязанных процессов их организации является основным (Разумникова, Николаева, 2019): ухудшение тормозного

контроля, снижение рабочей памяти или скорости ментальных операций (Grégoire et al., 2012; Rozas et al., 2008; Sylvain-Roy et al., 2015). С одной стороны, показаны возрастные изменения скорости обработки информации и процессов интерференции при тестировании вербальной памяти и понимания речи, обусловленные снижением объема рабочей памяти. С другой стороны, возрастное снижение эффективности рабочей памяти объясняется в первую очередь влиянием скорости обработки информации и в меньшей степени – механизмами торможения (Разумникова, Николаева, 2019). Наконец, результаты структурного моделирования свидетельствуют, что старение влияет на каждый из перечисленных выше компонентов: и на скорость ментальных процессов, и на тормозной контроль, и на память. Сравнение темпов снижения компонентов исполнительных функций выявило наибольшее снижение торможения, за которым следовали смещение, обновление и двойное выполнение задач (Idowu, Szameitat, 2023).

Проактивный контроль селекции информации — это ранняя стадия ее отбора, способности сохранять и поддерживать дальнейшую обработку, соответствующую цели, при сохранении в рабочей памяти в соответствии с прогнозируемым результатом. Эта форма контроля позволяет переключить восприятие и внимание, подготовить выбор действий, а также предотвратить вмешательство и когнитивный конфликт до того, как произойдет событие. Реактивный контроль, напротив - механизм поздней коррекции, используемый для временной реактивации цели и управляемой стимулами во время принятия решений, когда требования к вниманию и разрешению конфликтов задействуются сразу после возникновения целевых стимулов или события. Для эффективного и успешного целенаправленного поведения используются обе стратегии контроля, но относительное доминирование того или иного механизма контроля может проявляться на разных уровнях: внутрииндивидуальном (например, на основе когнитивной нагрузки) и межиндивидуальном (например, когнитивные способности и тревожность)

(Kane, Engle, 2002; Fales et al., 2008) или между популяциями (Braver et al., 2001).

Представление о ведущей роли процессов торможения в обучении и динамике запоминания основано на том, что они «ответственны за эффективность идентификации и селекции релевантной информации в рабочей памяти, поддержание внимания или переключение его фокуса в регуляции последовательности действий или выбора наиболее приемлемого решения (Hasher et al. 1997; Healey et al., 2013)» (Разумникова, Николаева, 2019). Эффект «забывание, вызванное извлечением из памяти» (*Retrieval-Induced Forgetting* (RIF)) (Anderson, 2003; Murayama et al., 2014) отражает тормозные процессы, направленные на выделение той информации, которая необходима для реализации цели, что приводит к забыванию неактуальной в данный момент (Разумникова, Николаева, 2019). RIF не только отражает проактивную интерференцию информации и ослабление созданного следа памяти, но и исполнительный контроль извлечения энграммы (Anderson et al., 2011; Aslan, Bauml, 2011; Rowland et al., 2014).

«Феномен RIF рассматривают как результат осуществления тормозных процессов, направленных на выбор приоритетного решения согласно поставленной цели (или реализации инструкции) при селекции и запоминании конкурирующей информации» (Разумникова, 2022). Большой эффект RIF отмечен при эффективных тормозных функциях (Anderson, Levy, 2010; Noreen, MacLeod, 2015), а его меньшая выраженность при снижении результативности запоминания связывается с ослаблением тормозных функций при старении (Collette et al., 2009; Healey et al., 2013).

Эффективный тормозной контроль позволяет, во-первых, сохранять в рабочей памяти поставленные цели и, во-вторых, регулировать извлечение доступной информации и получение новой, дополнительной, для достижения этих целей как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе (Разумникова, Николаева, 2019). Так как в позднем онтогенезе отмечается нарушение и планирования, и решения проблем (Hasher et al., 1991), то новая

среда, требующая отказа от стереотипов поведения, является наиболее сложной для понимания и селекции нерелевантной информации и организации на этой основе соответствующих форм деятельности пожилых людей.

Неоднократное тестирование памяти сопровождается противоположно направленным RIF процессом «запоминания, основанного на обучении» (*Retrieval-Based Learning, RBL*), который был показан с использованием и вербального, и образного стимульного материала (Razumnikova, Nikolaeva, 2018; Pastötter et al., 2011; Roediger, Karpicke, 2006). Существует мнение, что эффект RBL является основополагающим для обучения и развития интеллектуальных способностей (Karpicke, Blunt, 2011; Pastötter, Bauml, 2014). Однако механизмы конкуренции нейронных процессов, ведущих к сочетанию RBL и RIF при запоминании или доминированию одного из них, остаются пока неясными.

Причиной индивидуальной вариабельности воспроизведения следа памяти и, соответственно, сочетания RBL и RIF, может быть разнообразие индивидуально специфической репрезентации памяти или генерализованное торможение гиппокампа и процессов реактивации воспроизведения (Derue, 2012). На автономность развития RIF и RBL указывают данные об их разных нейронных коррелятах, представленных функциями префронтальной коры и гиппокампа (см. Kuhl et al., 2008; Wimber et al., 2008).

Согласно гипотезе вовлечения дополнительных нейронных сетей, связанного с компенсацией (CRUNCH), успех запоминания в пожилом возрасте может обеспечиваться усилением активации префронтальных областей коры (Reuter-Lorenz, Cappell, 2008). Причем лучших результатов в когнитивной тренировке способны достигать как лица с высоким уровнем исполнительного контроля, отражающим пластичность нейронных сетей префронтальной коры (Bissig, Lustig, 2007), так и наоборот с низким, но при условии большего потенциала обучения (Olazarán et al., 2004).

1.4 Когнитивная гибкость – способ взаимодействия с нарастающей информационной нагрузкой

Стабильные условия проживания и неизменные правила профессиональной деятельности способствуют формированию стереотипов поведения и, соответственно, снижению гибкости мышления. На нейрофизиологическом уровне, ослабление когнитивной гибкости и инновационных форм деятельности при старении можно связать с закономерностями нарушения активности и взаимодействия нейронных систем передней части мозга, ответственных за планирование поведения и его исполнительный контроль. Реорганизация функций лобной коры на поздних этапах онтогенеза может вызывать как ослабление стремления к новым знаниям и новым вариантам социальных коммуникаций, так и способствовать освоению новых форм поведения, в том числе творческой деятельности, на которые ранее не хватало времени из-за сложившихся жизненных обстоятельств. Причем социальная поддержка рассматривается как основной фактор развития нейропластичности функциональных систем мозга на разных этапах онтогенеза (Snell-Rood et al., 2020) и может стимулировать реализацию когнитивных резервов и активацию новых форм деятельности и в его поздней стадии.

Исследование возрастных особенностей гибкости и оригинальности мышления выполняется с применением заданий, требующих дивергентного мышления, и тестирования показателей креативности. Единого мнения о закономерностях креативных процессов на разных этапах онтогенеза пока не сложилось вследствие противоречивости полученных результатов.

Проявление креативных способностей на ранней стадии онтогенеза представляет интерес для понимания механизмов формирования стиля мышления детей. Отсутствие стереотипов восприятия и принятия решения позволяет ребенку не бояться давать новый оригинальный ответ при выполнении креативного задания. Однако недостаточно сформированная

система знаний ограничивает гибкость мышления, т.е. семантический диапазон генерации идей вследствие неизвестных пока областей представления символов и образов, которые можно использовать в процессе творчества.

Младший школьный возраст признается периодом интенсивного интеллектуального развития, осознания и произвольного контроля психических процессов (Обухова, 1996), в том числе – творческого процесса, включающего продуктивное воображение.

Креативность на ранних этапах онтогенеза является следствием еще несформировавшихся стереотипов, которые являются следствием обучения, особенно на раннем возрасте. В дальнейшем детская легкость воображения и свободная комбинация элементов внешнего мира заменяется на правила, присущие определенной социальной среде (Николаева, 2010). Позднее «наивная» креативность сменяется «культурной» (Богоявленская, 2002). Динамика этого процесса зависима и от индивидуальных способностей детей, и от стиля их воспитания, и программы обучения. Для объяснения пластичности нейронных сетей мозга и поведенческих реакций предлагается модель «исследование-отбор-уточнение», согласно которой полезные результаты обучения и опыт взаимодействия со средой закрепляются, а след обработки ненужной информации сначала ослабляется, а затем исчезает (Lindenberger, Lövdén, 2019). Использование этой модели предлагается для исследования индивидуальных различий в эффективности обучения.

Согласно теории развития Ж. Пиаже подростковый возраст характеризуется фундаментальной децентрацией, т.е. от стремления к объяснению воспринимаемых объектов и явлений ребенок переходит к попыткам изменений окружающего его мира (Обухова, 1996). Конкретное мышление дополняется (или заменяется) логическим и понятийным, ученики (студенты) новыми формами интеллектуальной деятельности. Трансформация воображения от наивных представлений к абстрактным фантазиям, расширение багажа знаний и развитие критического мышления приводят к

неравномерной индивидуальной динамике проявления показателей креативности в среднем школьном возрасте (9-10 лет): с их снижением у одних, но улучшением у других (Saggar et al., 2019). Причем этот эффект улучшения не обнаруживает связи ни с интеллектом детей, ни с их возрастом или полом и сопровождается усилением связности нейронных сетей в правой префронтальной коре.

Несмотря на длительные и многоплановые исследования возрастных изменений креативности и интеллекта (например, Guignard, 2016; Jauk et al., 2013; Kim et al., 2018), эта проблема продолжает оставаться в поле внимания и психологов, и педагогов. Особый интерес она вызывает в условиях реформы школьного образования и применения инновационных программ обучения. Актуальным остается вопрос, в какой мере креативные и/или интеллектуальные способности детей способствуют (или препятствуют) успешности обучения? Хотя положительная связь интеллекта и академической успеваемости показана во многих работах (Дружинин, 2007; Deary et al., 2007; Deary, Johnson, 2010; Verbitskaya et al., 2015; Preckel et al., 2006), влияние мотивационного фактора и других личностных характеристик приводит к весьма существенному диапазону в изменчивости этого эффекта (Воробьева, 2006; Малых, Тихомирова, 2020; Laidra et al., 2007).

Отсутствует единое мнение о соотношении креативности и академической успеваемости в связи с противоречиями в полученных результатах. Одни выводы свидетельствуют об их положительной взаимосвязи, другие - об отрицательной или ее отсутствии (например, Anwar et al., 2012; Gajda et al., 2017; Gralewski, Karwowski, 2012; Hansenne, Legrand, 2012; Zhang et al., 2018).

Продолжает оставаться дискуссионным вопрос о закономерностях взаимосвязи интеллекта и креативности: положительной, линейной и положительной только до «порога» или инвертированной J-образной связи (Jauk et al., 2013; Guignard et al., 2016; Maciej et al., 2016; Preckel et al., 2006).

Для объяснения обнаруженного разнообразия во взаимосвязях интеллекта и креативности предложено объяснение за счет разного вовлечения функций центрального исполнительного механизма: торможения, переключения и обновления информационных процессов (Benedek et al., 2014). С использованием анализа латентных переменных в этом соотношении показано, что беглость генерации идей определяется процессами торможения, тогда как их оригинальность – интеллектом (Benedek et al., 2012).

В свою очередь обнаруженную вариативность эффекта «порога» связывают с влиянием таких факторов как низкая мотивация или недостаточное понимание цели деятельности (Sorjonen et al., 2019, Sorjonen, Melin, 2020). Следовательно, и в этом случае следует принимать во внимание контролирующие функции когнитивной деятельности. Возраст и пол участников исследования также являются факторами, влияющими на соотношение креативности и IQ (Mourgues et al., 2016; Verma, Maniktala, 2017; Welter et al., 2016). Высказывается мнение, что интеллект является необходимым, но не достаточным условием креативности (Karnowski et al., 2016).

Поэтому понимание механизмов формирования когнитивных резервов в процессе образования требует дальнейшего изучения, включая разные этапы онтогенеза таких интегральных когнитивных характеристик как интеллект и креативность и их эмоциональной регуляции.

Обнаружено, что повышение креативности подростков (14-17 лет) связано с их физической активностью при сравнении результатов выполнения теста Торренса многочисленной группой учеников (1447) от 6 до 17 лет, однако для младших групп такой связи обнаружить не удалось (Piyapanphan, et al. 2020). Полученный эффект авторы объясняют интегрированным развитием интеллектуальных способностей и эмоциональной регуляции, который максимально проявляется в подростковом возрасте.

Этот этап онтогенеза (15-17 лет) рассматривается как период повышения креативности и в другом исследовании (Kleibecker et al., 2013), причем отмеченное улучшение зрительно-пространственного дивергентного мышления сопровождалось большей билатеральной активацией префронтальной коры в сравнении со взрослыми (25-30 лет) участниками исследования (Kleibecker et al., 2013). Имеются доказательства специфического для подросткового возраста пика активности латеральной префронтальной коры (Dumontheil et al., 2010). В связи с чем выдвигается гипотеза, что эта функция префронтальной коры может быть «настроена» на исследование и адаптивную гибкость во время переходной фазы развития к взрослому состоянию (Crone and Dahl, 2012).

Не только нейрофизиологические закономерности развития мозга в онтогенезе, но и педагогические методы обучения и воспитания детей могут влиять на их творческую деятельность. Это показано при сравнении нейронных сетей по «умолчанию» и «значимости» (соответственно, «default» и «salience») у детей, обучающихся по традиционной программе или по методу Монтесорри, так как для первых было характерно усиление связности в сети DMN, тогда как для второй группы – снижение внутрисетевой функциональной связности SN (Duval et al., 2023).

Двухфакторная модель креативности включает два типа творческого решения проблем: инновационное («делай что-то по-другому») и адаптивное («делай что-то лучше») (Nagy et al., 2023). Соответственно, инновационное решение проблем опирается на широко распределенное внимание и гибкую смену вариантов решения при реактивном контроле их вариантов, тогда как адаптивное - на сосредоточение внимания и целенаправленные процессы мышления с проактивным управлением. Исследование возрастных особенностей вызванной активности мозга подтвердили функциональное различие двух творческих стилей. Результаты анализа компонентов вызванного потенциала показали, что среди молодых людей адаптивно-творческая группа демонстрировала связь с сигналом и проактивным

контролем обработки информации, а инновационно-творческая группа - с целью и реактивным управлением. У пожилых людей более точным было адаптивное решение проблем, тогда как инновационное требовало более высокие затраты на выбор задач и менее эффективное разрешение конфликтов.

Интенсивные исследования нейрофизиологических коррелятов креативности, особенно активно развернувшиеся в последние годы, выявили информационное значение организации сетей покоя (или фоновой активности мозга) (Adnan et al., 2019; Beaty et al., 2014; Schuler et al., 2019; Shi et al., 2018; Sun et al., 2020; Zhu et al., 2020). Особое внимание в этом направлении уделяется изучению функций фронто-париетальной системы (FPN), фронтальные отделы которой связывают с организацией исполнительного контроля при выборе оригинального ответа, а париетальные - с поиском разнообразных идей решения поставленной проблемы (Beaty et al., 2014; Beaty et al. 2019, 2023; Gulbinaite et al., 2014). Кооперация функций FPN и DMN (default mode network) рассматривается как основа индивидуального разнообразия стратегий поиска ответа при тестировании как вербальной, так и образной креативности (Beaty, et al., 2018; Zhu et al., 2017). Динамичная реорганизация этих систем с включением регионарно широко представленных нейронных структур, включая левую среднюю височную извилину и слуховую систему характерна для вербальной креативности (Feng et al., 2019). Данные других исследований указывают, что FPN является медиатором связи вербальной креативности с активностью передней части DMN, а визуальной креативности - с ее задней частью (Zhu et al., 2017) или с латеральными изменениями показателя функциональной связности в дорзолатеральной префронтальной коре (Li et al., 2016).

Представление о доминировании правого полушария при решении экспериментальных творческих заданий (Mihov et al., 2009) изменилось в ходе накопления данных о функциональной активности мозга. Показано, например, участие левой дорзолатеральной префронтальной коры (Aziz-Zadeh et al.,

2013) или левой передней сингулярной коры (Наhm et al., 2019) при выборе оригинального решения в ходе тестирования невербальной креативности.

Имеется множество доказательств функциональной реорганизации FPN и DMN как основы дальнейшей реализации разных когнитивных функций, в том числе и креативности, и интеллектуальных способностей (Beaty et al., 2014; Benedek et al., 2018; Frith et al., 2020; Jung, Haier, 2007; Pamplona et al., 2015). Специализация взаимодействия этих систем заключается в том, что интеллект отражает систему «легкого» достижения функционального состояния с включением правой верхней париетальной области при низких интеграционных способностях левой ретроспленальной коры, а креативность – систему «сложного» переключения связности корковых областей с центром в правой дорзолатеральной префронтальной коре при высоких интеграционных способностях сенсомоторной коры Kenett et al., 2018).

Для изучения функционального значения фонового состояния мозга используются не только его томографические, но и энцефалографические характеристики (Разумникова, 2005; Herrmann et al., 2016; Stevens, Zabelina, 2019; Ogawa et al., 2018). Среди разных частотных диапазонов ЭЭГ чаще других рассматривается синхронизация / десинхронизация альфа колебаний, отражающая процессы торможения / активации в нейронных сетях, связанные как с показателями креативности, так и интеллекта (Разумникова 2009; Benedek et al., 2011; 2014; Lustenberger et al., 2015). Показано, что вариативность флюидного IQ связана с обновлением рабочей памяти, тогда как для высокой креативности требуется не только этот компонент исполнительной системы, но и эффективные тормозные функции (Benedek et al., 2014). Баланс фоновой активности фронтальных и задних отделов коры может отражать индивидуальный стиль решения проблемы, в том числе предпочтение инсайтной или аналитической стратегии (Benedek et al., 2014, Rothouse, 2023; Kounios, Veeman, 2014), причем в качестве индикаторов такого баланса рассматриваются не только альфа, но и низкочастотные дельта, тета,

и высокочастотные бета осцилляции (Briley et al., 2018; Costa et al., 2010; Solomon et al., 2017; Stevens, Zabelina, 2019).

Дельта ритм представляет интерес для анализа связи с креативностью, так как увеличение его мощности отражает подавление усвоенного доминантного поведения и указывает на эффективность нового обучения, а тета и бета осцилляции рассматриваются как энцефалографические корреляты функций DMN и FPC (Briley et al., 2018; Hacker et al., 2017).

Согласно гипотезе Мартиндейла для объяснения организации разных стадий творческого процесса (т.е. для постановки проблемы или ее разработки) могут быть использованы две формы внимания: фокусированное и дефокусированное внимание. Они представлены, соответственно, усилением активации или торможением в локальных нейронных сетях или дистантно расположенных отдаленных участков коры головного мозга (Разумникова, Яшанина, 2015). Эффект синхронизации альфа-осцилляций, преимущественно в лобных областях коры (Fink et al., 2014; Razumnikova, 2007), подтверждает эту гипотезу как отражение интернально организованного внимания для поиска оригинальной идеи, что требует торможения иррелевантной информации (Benedek et al., 2011, 2014).

В других исследованиях ЭЭГ коррелятов креативности обнаружен противоположный эффект активации коры, связанный с креативностью, причем не только на альфа частоте, но и в более высокочастотных диапазонах ЭЭГ (Разумникова, 2009; Шемякина, Данько, 2007; Petsche et al., 1997).

Объяснение полученных противоречий при сопоставлении связанной с креативностью активности мозга можно связать с вариабельностью индивидуальных комбинаций фокусированного - дефокусированного внимания или проактивного-реактивного контроля (Разумникова, 2021). С другой стороны, креативность подразумевает гибкость мышления, что подчеркивается дуальной теорией принятия решения: с привлечением интуитивной стратегии эвристическое решение быстрое и автоматическое или с применением аналитической стратегии, т.е. последовательных размышлений

над каждым шагом с выбором последующего, что требует более длительного времени (Evans, 2006, 2008). В рамках психометрического тестирования креативности совмещение этих процессов: контроля релевантной и иррелевантной селекции информации и стратегий принятия решения, остается неясным.

Творческое мышление требует способностей к постановке новой проблемы и выбора стратегии ее решения, а в условиях психометрической оценки креативности - отказа от стереотипных вариантов решения поставленной задачи (например, устойчивых ассоциаций слов или часто встречающихся образов) и дополнительного поиска других операторов при тормозном контроле релевантной и иррелевантной информации. Перечисленные когнитивные функции выполняют нейронные системы префронтальной коры. Следовательно, согласно лобной теории старения (West, 1996) в поздние этапы онтогенеза следует ожидать ослабления гибкости мышления и реализации творческого потенциала.

Однако разная индивидуальная динамика описанных выше возрастных изменений тормозных функций, как и предположение о компенсаторном значении реорганизации функций лобной коры, могут, напротив, вызвать стимуляцию творческого потенциала в пожилом возрасте. Эту гипотезу подтверждают данные о более частом применении эвристической стратегии выбора ответа из нескольких альтернативных пожилыми людьми в сравнении с молодыми (Worthy, Maddox, 2012).

Другой путь реорганизации систем мозга, способный поддержать гибкость мышления в позднем онтогенезе – это механизм взаимодействия лобной коры и «системы мозга по умолчанию» (DMN). Исследования закономерностей функционального значения разных структур мозга показали, что DMN активирована при отсутствии внешнего воздействия или целенаправленного поведения. Интерес к этой системе был стимулирован поиском доказательств различий между когнитивными нагрузками разного уровня. Так как функция DMN – это внимание к собственным мыслям или

состояние «блуждания мысли» (mindwandering) (MW), которому соответствует меньшая активация мозга в сравнении с интенсивной обработкой поступающего извне информационного потока. Поэтому состояние MW можно сравнить с периодом инкубации как стадии креативного поиска идеи, которая при условии поддержания внимания к решению проблемы может переходить к интенсивному взаимодействию префронтальной коры и DMN и, следовательно, поддерживать критический выбор оригинальной идеи.

Однако в этом взаимодействии следует также учитывать вклад возрастных изменений скорости ментальных процессов, объема рабочей памяти и исполнительного внимания. Имеются данные о связи MW как с ресурсами памяти, так и исполнительного контроля. При отсутствии требований ограничения внимания в ходе выполнения задания ресурсы памяти поддерживают MW, но если все внимание уделяется решению сложной задачи, тогда MW блокируется (Levinson et al., 2012). Следовательно, использование ресурсов мозга определяется как объективной, так и субъективной оценкой сложности проблемы и вероятности реализации решения. Причем негативная связь MW и эффективности выполнения задания усиливается как при повышении его сложности, так и длительности выполнения (Randal et al., 2014).

Взаимодействие систем исполнительного контроля и DMN представлено нейронными процессами «снизу-вверх» (bottom-up) и «сверху-вниз» (top-down). Нейронным процессам «снизу-вверх» соответствует «диффузное» внимание, которое при тестировании креативности связывают с генерацией множества разнообразных идей, тогда как фокусированное внимание требуется для оценивания этих идей и выбора наиболее оригинальной (Benedek et al., 2014; Beaty et al., 2014; Ellamil et al., 2012). Функциональная активность DMN отражает разнообразные индивидуальные характеристики личности, в том числе уровень интеллекта или открытости опыту, имеющие связь с креативностью (Beaty et al., 2016; Li et al., 2015).

Таким образом индивидуально уникальное взаимодействие нейронных структур передних и задних отделов мозга и вариативные паттерны активации – торможения определяют в итоге разные стратегии решения проблем и динамику разных форм их реорганизации при старении (Разумникова, Николаева, 2019).

Следовательно, индивидуальная стратегия генерации оригинальной идеи формируется с привлечением конкурентных когнитивных процессов: контролируемой концентрации или дефокусированного внимания (Beatty et al., 2014; Benedek et al. 2012), использования ресурсов разных форм памяти (рабочей, эксплицитной или имплицитной) (Chein, Weisberg, 2014; DeDreu et al., 2012; Lee, Therriault, 2013) при разных вариантах доминирования передних или задних отделов мозга и левого или правого полушарий.

Усиление интереса к изучению закономерностей возрастных изменений когнитивных функций и пониманию механизмов формирования и реализации когнитивных ресурсов обусловлено с одной стороны тенденцией к все более широкому распространению персонализированных форм обучения в современном информационном пространстве, а с другой – нарастающим постарением населения в разных странах. Вышеописанные закономерности активации и взаимодействия разных структур мозга, связанных с креативным мышлением, получены преимущественно в исследованиях с привлечением молодых людей (студентов или сотрудников лабораторий, где эти исследования проводятся). Психометрическим и психофизиологическим исследованиям креативности на ранних и поздних стадиях онтогенеза уделялось сравнительно меньше внимания.

Однако в последнее время поиск путей творческого долголетия приобретает все большую актуальность. Согласно результатам обзора научных статей, опубликованных в период 1980–2012 гг., в 80-е годы исследованиям креативности пожилых людей было посвящено только 9 % работ, а с 2000-х уже 57 % (Tsai, 2013). Быстро изменяющаяся современная информационная среда и расширение социальных коммуникаций

воспринимается в молодом возрасте как естественная стимуляция гибкости мышления, тогда как склонность пожилых опираться на накопленные знания и предшествующий опыт затрудняет освоение новых форм деятельности без соответствующей мотивации.

В результате анализа изменений показателей дивергентного мышления на поздних этапах онтогенеза обнаружены лучшие результаты вербальной гибкости и оригинальности в группе 40–50 лет и сходство беглости формирования ассоциаций в возрастном диапазоне 17–75 лет (Reese et al., 2001).

Лучшие показатели вербального и образного дивергентного мышления характерны для возраста 20–35 лет при снижении в 56–75 лет (Palmiero et al., 2014, 2017). Несмотря на эти данные, дивергентное мышление рассматривается как ресурс для предотвращения когнитивных дисфункций при старении (Разумникова, Николаева, 2019). Это заключение подтверждает положительная связь вербальной креативности и когнитивных резервов (Colombo et al., 2018; Palmiero et al., 2017) или отсутствие эффекта снижения дивергентного мышления при старении в условиях тестирования без временных ограничений (Foos, Boone, 2008) или при коррекции результатов с учетом возрастных изменений памяти (Addis et al., 2016; Madore et al., 2016). Лучшие показатели вербальной креативности (беглости, гибкости и оригинальности идей) согласно выполнению задания «необычное использование обычных предметов» отмечено у пожилых (60–80 лет) по сравнению с молодыми (18–30 лет) в условиях индукции эпизодической и семантической памяти (Ahmed et al., 2023). С использованием этого же теста и оценки интеллекта показано, что наиболее выраженному ухудшению адаптации при старении сопутствует сочетание сохранного конвергентного мышления при возрастном падении дивергентного, тогда как сохранность дивергентного может обеспечивать поиск разнообразных стратегий адаптации (Simon, Vock, 2015). Причем вербальная беглость оказывается положительно связана с уровнем образования (Zahodne et al., 2011).

Анализ функциональной связности корковых областей показал ее усиление, в том числе для исполнительной системы и DMN или цингуло-оперкулярной системы, характеризующее высокие показатели креативности и гибкость мышления пожилых людей (Adnan et al., 2019; Hausman et al., 2020; Nobukawa et al., 2020).

Поведенческим стимулятором реализации когнитивных резервов и формирования новых функциональных нейронных систем являются сохраняющаяся в позднем онтогенезе потребность в познании, поисковая активность и мотивация для освоения новых видов деятельности. Положительные эмоции в отличие от негативных сопутствуют облегчению гибкости мышления, регуляцию этого соотношения выполняет дорзальная часть цингулярной коры (Wang et al., 2017). Познавательная активность, подкрепляющаяся положительными эмоциями, является признаком личного благополучия (Zerna et al., 2023).

Выделяют четыре переменных для определения благополучия в пожилом возрасте: освоение окружающей среды, жизненная цель, личностный рост и самопринятие. Показано, что удовлетворенность жизнью опосредованно связана с дивергентным мышлением через психологическое благополучие (Alfonso-Benlliure et al., 2021).

Таким образом, благополучная жизнь в пожилом возрасте требует личностных усилий, и для сохранения функций мозга в позднем онтогенезе необходимо интернально организованное вовлечение в познавательную, творческую, физическую и социальную активность с элементами новизны. В связи с постарением населения в экономически развитых странах создаются учебные заведения и специализированные центры, где предоставляется возможность освоить новую профессию, обучаться и/или поддерживать интеллектуальный уровень, физическую форму и творческую деятельность.

Возрастные перестройки нейронных систем лобной коры могут приводить к совершенно разным формам изменения поведения. В стабильных условиях проживания и профессиональной деятельности формируется

устойчиво стереотипное и ригидное поведение, что затрудняет усвоение новых знаний, новых форм деятельности и новых способов взаимодействия в постоянно усложняющейся и расширяющейся современной информационной среде. С другой стороны, связанное со старением ослабление контролирующих функций лобной коры может стимулировать новые формы поведения, на которые ранее либо не хватало времени из-за сложившихся жизненных обстоятельств, либо вследствие давления усвоенных социальных норм и правил жизни (Разумникова, Прохорова, 2016). Например, оказывается, что пожилые люди чаще, чем молодые используют эвристическую стратегию решения задач (Worthy, Maddox, 2012). Описанные выше возрастные изменения тормозных функций и их интенсивное исследование в отношении реализации творческих способностей позволяют предположить, что сохранность гибкого мышления в пожилом возрасте может быть обусловлена индивидуальной спецификой сохранения тормозных процессов при старении.

Улучшение нейронных механизмов исполнительных функций возможно с применением тренинга стратегической памяти, так как по сравнению с контрольной группой было отмечено увеличение мозгового кровотока в медиальной орбито-фронтальной коре, задней поясной извилине и сети DMN, причем показатели инновационной деятельности коррелировали со связностью исполнительной сети (EN) и DMN (Chapman et al., 2017).

Пожилые люди, которые успешно адаптируются в постпенсионный период и продолжают учиться, используют когнитивные резервы как ключевой элемент (Salas et al., 2021). Учитывая роль исполнительных функций и навыков социальных контактов, в социальной политике предпочтительны программы, которые способствуют автономии в принятии решений пожилыми людьми.

1.5 Роль эмоциональной регуляции в системной организации когнитивных резервов

Важным компонентом успешной адаптации и на ранних, и поздних этапах онтогенеза является адекватная эмоциональная регуляция поведения, в том числе в новых, травматических или рискованных ситуациях. Психометрическим показателем успешности распознавания эмоций, их понимания и регуляции, согласно современным представлениям, выступает эмоциональный интеллект (ЭИ) (Воробьева и др., 2021; Allen, Badcock, 2003; Matthews et al., 2006). Высокий уровень ЭИ позволяет найти пути преодоления негативного воздействия стресса и прогнозировать вероятность и результативность решения разнообразных проблем. ЭИ способствует сохранению как ментального и физического здоровья (Breslau, Lucia, 2006; Extremera, Fernández-Berrocal, 2006).

Такие когнитивные процессы селекции информации как переключение, тормозный контроль и рабочая память предсказывали усиление эмоциональной дисрегуляции детей 8-13 лет с нарушениями нервно-психического развития (Tajik-Parvinchi et al. 2021).

Эмоциональная регуляция обработки информации включает оценку значимости информации и ее селекцию за счет переключения внимания, а также выбор подходящей стратегии поведения с учетом индивидуально накопленного опыта и переоценки ситуации с позиций ожидания положительных эмоций или избегания отрицательных (DeSteno et al. 2013). Так как лица с высокими показателями ЭИ, отражающими их эмоциональную реактивность, оказываются более чувствительны в восприятии эмоциональной информации (Князев и др., 2012), то такая чрезмерная чувствительность может приводить к ухудшению состояния здоровья, в том числе психической патологии (Ciarrochi et al., 2002).

Общепризнанной основой академической успеваемости как показателя успешности обучения является интеллектуальная компетентность (Deary et al.,

2007; Deary, Johnson, 2010). Однако все больше исследований посвящается выяснению закономерностей взаимодействия интеллектуальных и личностных свойств, необходимых для успешной учебной деятельности (например, Bergold, Steinmayr, 2018; Chamorro-Premuzic, Arteche, 2008; Kappe, van der Flier, 2012).

Особенно активно в этом направлении анализируется вклад эмоционального интеллекта, объединяющего психометрические возможности личностного и когнитивного подходов (Barchard, 2003; Kiss et al., 2014; Marquez et al., 2006). Его влияние на академическую успеваемость связывают с формированием эффективной эмоциональной регуляции, успешного социального поведения и самосознания.

Представления о структуре и видах интеллекта все более расширяются: наряду с вербальным, зрительно-пространственным или арифметическим интеллектом для объяснения успешной адаптации и эффективной профессиональной деятельности привлекаются понятия социального и эмоционального интеллекта (Соц. ин-т, 2004; Mayer et al., 2001). Согласно триархической теории интеллекта его структура включает не только аналитические, но и творческие, и практические способности обработки информации (см., например, Стернберг и др., 2002; Sternberg, 1997). Известны разные точки зрения на вклад аналитического или эмоционального IQ в образовательный процесс, так как одни данные указывают как на существенный (Deary, Johnson, 2010; Bergold, Steinmayr, 2018; Chamorro-Premuzic, Arteche, 2008), так и на весьма слабый их вклад (Bar-On, 2006; Naderi et al., 2009). Такое разнообразие эффектов объясняют, например, влиянием саморегуляции и мотивации, связанной со спецификой образовательной программы (Fonteyne et al., 2017), или вкладом половых различий в организации и эмоциональной регуляции когнитивных функций (Halpern, 2011).

Адекватная эмоциональная регуляция рассматривается как один из потенциальных путей изменения творческой продуктивности. Однако одни

данные свидетельствует, что креативности сопутствует переживание положительных эмоций, стимулирующее усиление когнитивной гибкости и расширение информационного пространства поиска оригинальных идей вследствие актуализации отдаленных ментальных репрезентаций (Люсин, 2011; De Dreu 2008; Fredrickson, Branigan, 2005; Lubart, Zenasni, 2016). Тогда как негативные эмоции, способствуя активации мозга и сужению фокуса селективных процессов, вызывают повышение вероятности реализации ранее сформированного, стереотипного, а не инновационного поведения.

Согласно другой точке зрения, неудачи в поиске оригинального решения проблемы и настойчивость в его поиске, стимулируя негативные эмоции, способствуют усилению мотивации к деятельности, повышению беглости в генерации идей и эффективности критичного мышления (Clapham, 2001; Gerben et al., 2010). В результате мета-анализа исследований эмоциональной регуляции креативности, несмотря на разнообразие эффектов, сделан вывод о доминирующей роли положительных эмоций в повышении креативности (Baas, 2008; Davis, 2008). Однако эффект эмоциональной стимуляции оказывается зависим не только от валентности эмоций, но и от способа тестирования креативности, референтного эмоционального и активационного состояния, а также мотивационного фокуса приближения - избегания. Поэтому возможны такие условия деятельности, когда за счет настойчивости и мотивационных усилий в решении проблемы негативные эмоции будут способствовать творческой продуктивности, например, при решении трудных и важных задач (Baas, 2008).

Одно из направлений исследований творчества - изучение креативности как личностной особенности (Богоявленская, 2002; Simonton, 2008). Разнонаправленную эмоциональную регуляцию творческой продуктивности подчеркивают данные, что эмоциональная нестабильность (нейротизм) является той личностной чертой, которая способствует креативности в области искусства, но негативно влияет на достижения в науке (Feist, 1998). Другой эмоциональной характеристикой личности является эмоциональный

интеллект, который связывают с эмоциональной креативностью или самооценкой креативного поведения (Ivcevic, Hoffmann, 2019; Sanchez-Ruiz et al., 2011).

Эмоциональные характеристики поведения в отличие от описанного выше снижения многих когнитивных функций (например, скорости ментальных процессов, рабочей памяти, зрительно-пространственного различения) при старении могут улучшаться за счет лучшей регуляции и сдвига в позитивную сторону (Charles, Piazza, 2009; Charles, Carstensen, 2010).

Эффективность в управлении эмоциями представлена разными способами: самоэффективностью в выражении положительных эмоций, воспоминаниями положительных эмоциональных переживаний или использованием юмора (Caprara et al., 2022). Сдвиг в позитивное эмоциональное состояние в поздние периоды онтогенеза согласно социо-эмоциональной селективной теории объясняют тем, что приоритет получают цели, ориентированные на настоящее и эмоциональное удовлетворение, тогда как в молодом возрасте доминирует прогноз долгосрочного вознаграждения (Carstensen, Isaacowitz, 1999). Так как при старении временной диапазон становится короче, усиливается мотивация на эмоциональное благополучие в настоящем и предпочтение в социальном взаимодействии отдается контактам с эмоционально привлекательными людьми.

Эффект предпочтения положительной эмоциональной окраски ситуации на поздних стадиях онтогенеза отмечен для разных когнитивных процессов: зрительного внимания, рабочей, кратковременной и автобиографической памяти, а также для самооценки состояния здоровья в целом (Reed, Carstensen, 2012; Mikels et al., 2023). Такой сдвиг в аффективной реакции рассматривается как адаптивное когнитивное искажение для повышения эмоциональной устойчивости и психологического благополучия пожилых людей (Colombo et al., 2020). Однако этот эффект в эмоциональной регуляции отсутствует при автоматической обработке информации или принятия решения в соответствии с инструкцией, а появляется при растущей мотивации в оценке эмоционально

значимых изображений и сопровождается повышением функциональной связности передней цингулярной коры и правой амигдалы у пожилых в сравнении с молодыми.

Существуют разные точки зрения в объяснении усиления вклада позитивных эмоций в процессы внимания и памяти. Этот эффект связывают и с возрастным ослаблением реактивности амигдалы (Cacioppo et al., 2011; Sakaki et al., 2019), и с большим контролем регуляции эмоционального состояния за счет функций префронтальной коры (Mather, 2016; Nashiro et al., 2012). Гипотезу о роли физиологического возбуждения в предпочтении позитивной эмоциональной реакции подтверждают результаты метаанализа более 100 исследований, согласно которым возрастные различия в эмоциональном переживании обнаруживаются лишь при сильной активации и не наблюдаются при ее низком уровне, характерном для положительных эмоций (Pinquart, 2001).

На формирование разных стратегий регуляции эмоциональных состояний указывает неравномерная дифференциация эмоций: для пожилых людей оказывается более сложным распознавание сердитых, грустных и испуганных лиц при относительно сохраненном распознавании счастья и улучшении идентификации отвращения при неизменном общем распознавании лиц (McCade et al., 2011). Остаются вопросы относительно соотношения спонтанной регуляции эмоций или преднамеренного контроля, в том числе роли разных его компонентов: переключения, обновления и торможения, каждый из которых может быть связан с изменениями эмоциональной регуляции в онтогенезе и приоритетом позитивных эмоций в определении перспектив будущего (Barber, Moscovitch, 2023).

Согласно «теории разобщения» стареющие люди становятся эмоционально и социально дистанцированными (Cumming, Henry, 1961). Такой дефицит социального взаимодействия на поздних стадиях онтогенеза рассматривается как механизм функционально-адаптивного контроля и

личностного выбора поведения для оптимизации или компенсации целей деятельности, имеющих социальное и эмоциональное значение.

Индивидуальное разнообразие в возрастной динамике процессов эмоциональной регуляции связывается с особенностями профиля разных личностных черт, заданных генетически и скорректированных на основе приобретенного опыта. Например, обнаружена связь между нейротизмом и негативной экспрессивностью как компоненте ЭИ (Князев и др., 2012). Оптимизация эмоциональной регуляции нарушается при совмещении высоких показателей нейротизма и длительных негативных переживаний, что вызывает ригидность в стратегиях регуляции эмоций и способности их переоценки (Charles, Carstensen, 2010).

Повышенной склонности к негативной оценке ситуации при высоком нейротизме сопутствует риск развития депрессии в позднем онтогенезе, тогда как социальная поддержка и позитивные эмоции при социальном взаимодействии рассматриваются как фактор сохранения когнитивных функций при старении.

Для субъективной оценки самочувствия важен «баланс удовольствия» (Diener et al., 1999), универсальным медиатором которого может рассматриваться нейротизм (Schimmack et al., 2002). Его высокие значения приводят к усилению эмоциональной оценки событий и смещению «баланса удовольствия» в негативную сторону, если социальное взаимодействие не вызывает положительных эмоций.

Для определения эффективности целенаправленного контроля поведения в онтогенезе предлагается учитывать функции трех подсистем: когнитивный контроль (позволяющий планировать, а затем и целенаправленно реализовывать разные формы поведения с учетом их моделирования и предвосхищения событий на основе ментального опыта и когнитивной гибкости), эмоциональная регуляция (в том числе интенсивности эмоций и эмоциональной реактивности) и волевой контроль (способность волевым усилиям в организации действий даже при наличии препятствий)

(Сергеенко, 2018). Причем, если на ранних этапах онтогенеза основное внимание в развитии контролирующих функций префронтальной системы уделяется целенаправленной организации двигательной активности, то в позднем онтогенезе успех адаптации скорее связан с эмоционально-волевым контролем поведения.

В формировании регуляторных функций эмоций организация систем внимания определяет выбор информации, ее осмысление, когнитивную переоценки и отвлечение на другие информационные каналы. Согласно теории «расширения и построения» (broaden-and-build theory) селективных процессов, положительные эмоции связаны с расширением поля внимания, а отрицательные эмоции — с сужением поля и концентрацией внимания на эмоциональной информации (Fredrickson, Branigan, 2005). В связи с этим, ослабление негативных эмоций вследствие привлечения стратегий «переоценки» и «отвлечения» может быть предсказано на основе индивидуальных различий в зрительном внимании (Strauss et al., 2016). При измерении широты визуального внимания к эмоциональной информации и самооценки стратегий эмоциональной регуляции у подростков показано, что «отвлечение» связано с сужением зрительного внимания вне зависимости от валентности эмоции (Voelens et al., 2021).

Согласно дуальной теории когнитивного контроля, проактивный контроль представляет процессы «top-down», а реактивный — определяет позднюю модификацию содержания поступающей информации с учетом объема ее нагрузки (Braver, 2012). В результате анализа возрастных различий в эмоциональной регуляции селекции информации показано, что в контроле восприятия нейтральных стимулов или эмоциогенных негативной валентности молодые предпочитают проактивный контроль, а пожилые — реактивный, тогда как в процессах селекции информации позитивной эмоциональной окраски проактивный контроль доминировал вне зависимости от возраста (Zhang, Wang, 2022; Zhang et al., 2022).

Другой вариант дуальной теории представлен механизмом принятия решения: интуитивным, как правило, быстрым, и эмоциональным или аналитическим, основанном на логическом сравнении разных вариантов (Loewestein et al., 2001; Reyna, 2004).

В модели регуляции эмоций как мультикомпонентного и динамического процесса выделены пять его групп (Gross, 1998). Это выбор ситуации или ее избегание; влияние на эмоции путем изменения оценки характеристик ситуации; изменение направления внимания; переоценка эмоций, вызванных ситуацией и, наконец, способность влиять на физиологические и/или поведенческие реакции в ответ на эмоциогенные индукторы. Интегральный комплекс этих процессов в ходе онтогенеза ставится все более сложным из-за взаимодействия генетически заданных закономерностей развития мозга, индивидуально приобретенного опыта эмоционального переживания и степени усвоения социально-культурных норм поведения (Goldsmith et al., 2008).

Основные формы изменений когнитивных функций в онтогенезе, а также потенциал их восстановления вследствие компенсаторных изменений в структурах и функциях мозга представлены в таблице 1.1.

**Соотношение возрастных изменений поведения и связанных с ними
нейронных процессов**

Поведенческие процессы	Нейронные процессы
Формирование когнитивных функций	Структурная компартментализация нейронных сетей в ходе обработки поступающей информации
Глобальное замедление ментальных процессов	Атрофия белого вещества мозга, демиелинизация нервных волокон, снижение числа дофаминовых рецепторов
Снижение эффективности исполнительных функций	Замедленное развитие или нарушение взаимодействия фронтальных областей коры с другими системами мозга и атрофия нейронов лобной коры
Ослабление памяти	Дисфункция лобных и средневисочных областей, атрофия нейронов гиппокампа
Когнитивная регуляция эмоций	Ослабление функций амигдалы при усилении функций префронтальной коры для контроля регуляции эмоционального состояния
Расширение кругозора и жизненного опыта	Реорганизация функциональных систем мозга, выполняющих селекцию информации и ее запоминание
Приобретение новых стратегий поведения и новых знаний	Нейрогенез и синаптогенез, формирование новых функциональных нейронных сетей
Усиление волевой регуляции поведения	Реорганизация нейронных сетей мозга, в том числе систем DMN, SN и EN

1.6 Технологии активации когнитивных резервов

Доказательства нейропластичности мозга на разных этапах онтогенеза и продолжающаяся развиваться информатизация общества вызвала широкомасштабные исследования эффективности компьютеризированных программ когнитивной тренировки. В первую очередь такие программы направлены на восстановление когнитивных процессов, нарушающихся при старении: повышение скорости и эффективности реакций при селекции информации, улучшение рабочей памяти, исполнительного контроля или когнитивной гибкости при планировании поведения (например, Величковский, 2009; Разумникова, 2015; Bonnechère et al., 2021; Rebok et al., 2007; Turnbull et al., 2023). Известны также мультимодальные подходы для активации когнитивных резервов, включающие тренировки не только когнитивных функций, но и повышение социальной и/или физической активности (Lustig et al., 2009; Mask et al., 2022; Falk et al., 2019; Festa et al., 2023; Nosera et al., 2020; Oh et al., 2023). При разработке таких программ следует учитывать, что для устойчивого продолжения тренировок новая деятельность должна быть достаточно простой для освоения в пожилом возрасте, доставлять удовольствие и иметь привлекательность и социальную значимость.

Тренировка рабочей памяти способствует улучшению разных когнитивных функций (Разумникова, 2015), включая семантическую и эпизодическая память (Au et al., 2015) или флюидный интеллект (Jaeggi, et al. 2008, 2011), что связано со структурными и функциональными изменениями мозга: например, увеличения толщины фузиформной и латеральной орбитофронтальной коры правого полушария (Engvig et al., 2010) или повышения фракционной анизотропии во фронтальных отделах мозга (Engvig et al., 2012). В свою очередь улучшению когнитивного статуса соответствует повышение качества жизни и эмоционального благополучия (Floyd, Scogin, 1997).

Другие направления когнитивной тренировки включают обучение в выполнении зрительно-пространственных задач или решению проблем, требующих вовлечения тормозных функций исполнительного контроля. Например (Разумникова, Прохорова, 2016), развитие функций зрительного анализатора (зрительной дискриминации) и обучение распределенному вниманию вызывало улучшение не только показателей этих процессов, но и приводило к совершенствованию навыков вождения автомобилем (Cassavaugh, Kramer, 2009). Применение комплексной программы тренировки, включающей задания для развития памяти, умозаключений и скорости зрительных процессов вызывало как кратко-, так и долгосрочное (на протяжении пяти лет) восстановление сниженных показателей когнитивных функций (Wolinsky et al., 2013).

При сравнении эффективности тренировки разных когнитивных функций успех отмечен у 87% людей старше 65 лет для скорости реакции, у 74% - планирования и у 26% - памяти; причем этот эффект улучшения сохранялся при тестировании через 2 года, а через 5 лет участники эксперимента испытывали меньше трудностей в ежедневной деятельности по сравнению с контрольной группой того же возраста (Ball et al., 2002).

В результате анализа продолжительности применяемых программ когнитивной тренировки показано, что для получения положительного эффекта необходимо в среднем 75 часов, однако при достаточно широком диапазоне от 10 до 540 часов (см. обзор Разумникова, 2015).

Существуют, однако, сомнения в эффективности переноса вызванного тренировкой повышения эффективности одной функции на другие и, в целом, на повседневную когнитивную деятельность (Gobet, Sala, 2023; Papp et al., 2009). Разнообразие результатов тренировки может определяться влиянием множества индивидуальных характеристик (пол, возраст, образование, базовый уровень когнитивных функций и т.д.) не только на динамику изменений когнитивных процессов, но и на мотивацию, настойчивость и

соблюдение программ когнитивных тренировок (Buitenweg et al., 2017; Mendes et al., 2022; Tullo et al., 2023).

Из приведенных выше данных можно заключить, что когнитивная тренировка скорости и эффективности селекции информации и/или ее запоминания способствует развитию тех когнитивных функций, для развития которых программа предназначена, однако не ясен общий эффект улучшения когнитивного статуса, и какие факторы влияют на динамику реализации когнитивных резервов (Разумникова, 2015).

Когнитивный тренинг с применением технологий виртуальной реальности

Обучение или нейрореабилитация с погружением пользователей в виртуальную среду является развитием направления, посвященного формированию и реализации когнитивных резервов с применением компьютеризированных тренировок отдельных когнитивных функций и их комплексов или интерактивных видеоигр, или мультизадачных программ, предусматривающих сочетание умственной и физической нагрузки (Bauer, Andringa, 2020; Chiu et al., 2017; Kang et al., 2021 Lauenroth et al., 2016; Smith, 2019). Иммерсивная среда создает условия для коррекции эмоциональной регуляции когнитивных процессов (Brugada-Ramentol et al., 2020; Riva et al., 2007; Tieri et al., 2018) и для повышения интереса и мотивации использования программ компьютеризированных методик активации когнитивных резервов в разных популяциях (Chan et al., 20; De Vries et al., 2018).

Например, исследование влияния иммерсивной игровой среды на исполнительные функции и гибкость мышления с применением игры Fruit Ninja на протяжении 4-х недель выявило улучшение психометрических показателей, зарегистрированных при выполнении задачи Струпа и «прокладывания пути», но не рабочей числовой памяти (Huang, 2020). Полученные результаты, согласно мнению авторов, можно связать либо с недостаточным временем тренировки, либо с тем, что ее содержание не включало обучение числовой памяти. То есть иммерсивные технологии могут

способствовать нейропластичности и усиливать когнитивные резервы, однако только в специфичных функциональных областях.

Для тренировки исполнительного контроля виртуальная среда дает возможность тренировки обычных дел (например, покупки товаров в магазине или приготовление пищи), требующих кратковременной памяти, концентрации и распределения внимания. Для этого разработан ряд сценариев, имитирующих покупки в супермаркете по заданному списку или деятельность на кухне, для выполнения которой следует планировать и контролировать необходимые промежуточные операции согласно заданной инструкции (Borgnis et al., 2022).

Применение ЭЭГ анализа состояния активности мозга в условиях виртуального супермаркета выявило положительную связь дельта-ритма – с количеством ошибок как показателя когнитивного дефицита (Shadou et al., 2021).

Пребывание в природной среде, наблюдение за природным ландшафтом в формате 3D или мультисенсорное воздействие природной среды в 3D формате способствует улучшению настроения и снижению стресс-реактивности, а также повышению эффективности селекции информации (Appel et al., 2020; Summers, Vivian, 2018; Voinescu et al., 2021). В связи с этим предлагается расширенный психофизиологический и психогенетический анализ восстанавливающего воздействия сцен природы в формате 3D для выяснения ожидаемого влияния на эффективность в функциях внимания и самооценки качества жизни по сравнению с контрольной группой, которой будут предъявляться картины городской среды (Jung et al., 2022).

Мотивационные факторы, определяющие эффективность тренировки когнитивных функций

Создание мотивации для нейрореабилитации является важным вопросом и одновременно проблемой в случае ее самостоятельной организации для разных групп населения. Несмотря на то, что известно множество мотивационных моделей и факторов мотивации, нет единства во

мнениях о той практике стимулирования, которая была бы полезной для устойчивой когнитивной тренировки. Среди субъективных факторов, определяющих активность поведения, выделяют прогнозируемые шансы на успех, важность цели и цена ее осуществления, а также склонность оставаться пассивным (Phillips et al., 2004). Под ценой понимается не только экономическая сторона вопроса, но и риск неудачи, усталости или потери времени, а также осознаваемые преимущества избегания активности. Каждый из этих факторов поддается модификации посредством образования, опыта и улучшения мотивации к принятию и поддержанию тренировок.

Такое улучшение мотивации может создаваться за счет позитивного опыта, уменьшения субъективно воспринимаемых барьеров при повышении контроля самоэффективности для достижения краткосрочных целей и постепенного продвижения к успеху с увеличением его вероятности. С другой стороны, прошлый опыт, неудачи и препятствия также влияют на предпочтения в выборе деятельности оценки ее успеха.

Одним из мотивационных факторов когнитивной тренировки является адаптированное к умственным и физическим способностям пожилых людей повышение образования в специализированных центрах или организованных социальных группах с целью улучшения самоэффективности и активации компенсаторных резервов. Гибкая траектория поддержания и/или развития исполнительного и эмоционального контроля с возрастом для эффективного решения связанных со старением проблем обеспечивается адаптивным потенциалом и снижением когнитивных затрат на регулирование эмоций и мотивационной составляющей поведения (Blanchard-Fields, 2009).

Поддержанию мотивации, необходимой для активации когнитивных резервов, способствуют соответствующие личностные характеристики, упомянутые выше (например, контролируемый или спонтанный сдвиг в переоценку положительных эмоций и доминирование мотивации приближения для формирования позитивной жизненной установки) (Spaniol et al., 2015).

Изучение возрастных изменений программы выполнения действий свидетельствует об ослаблении функций инициации действий и их переключения у пожилых (Acosta et al., 2013; Bonsang, Costa-Font, 2020). В возрасте около 60 лет фиксируют меньшее внимание к будущим возможностям и больше к временным ограничениям и, соответственно, изменяются модели целей и ожиданий, на которых склонны фокусироваться разные возрастные группы. По мере накопления опыта формируется все большая избирательность в целях и социальных отношениях (Laureiro-Martinez et al., 2017). Негативная перспектива будущего связана со склонностью пожилых вспоминать более позитивно прошлое по сравнению с молодыми людьми. Сбалансированный профиль прошлого и будущего позволяет сделать вывод об их причинно-следственной связи и планировать поведение, оценивая собственное благополучие. Причем базовые когнитивные способности и опыт обучения в прошлом определяют мотивацию и настойчивость для достижения успеха в настоящем (Ramme et al., 2022). На когнитивные достижения при тренировке влияют как производительность на исходном уровне, так и уровень вовлеченности, мониторинг которой или игровой формат могут улучшить результативность деятельности (Величковский и др., 2016; Anguera et al., 2013; Mohammed et al., 2017).

Однако специально организованное исследование для оценки разных видов вознаграждения на результаты игровой когнитивной тренировки одиннадцатилетних школьников не выявили его положительного влияния, показывая, что определенные мотивационные элементы могут отвлекать от основной задачи, снижая качество выполнения задачи, особенно на начальном этапе обучения (Katz et al., 2014). Следовательно, остаются актуальными вопросы поиска оптимизации персонализированных программ развития когнитивных функций на разных этапах онтогенеза с учетом их базового состояния и особенностей организации, в том числе соотношения исполнительного контроля и эмоционально-мотивационной регуляции.

Выводы по главе 1

Когнитивные резервы формируются на ранних этапах онтогенеза в обогащенной информационной среде и основным фактором этого формирования и возрастного развития нейропластичности структур мозга и когнитивных функций является образование.

Среди показателей когнитивных функций, наиболее информативных в качестве предикторов динамики возрастных изменений в позднем онтогенезе, следует отметить скорость реакции, зрительно-пространственную память, характеристики исполнительного контроля селекции информации и принятия решения, а также интеллектуальные способности, в том числе связанные с эмоциональной регуляцией поведения.

Гибкость (оригинальность) мышления является важным фактором, определяющим разнообразие стратегий адаптации в позднем онтогенезе, особенно в условиях быстро изменяющейся информационной среды.

Таким образом, для понимания системной организации когнитивных резервов необходимо изучить закономерности индивидуального разнообразия в динамике изменений психометрических и психофизиологических показателей перечисленных выше когнитивных функций на разных этапах онтогенеза.

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ РЕЗЕРВОВ

Обзор литературных сведений показал, что для выяснения системной организации когнитивных резервов требуется интеграция психометрических и нейрофизиологических методов регистрации показателей когнитивных функций, эмоциональной регуляции и мотивации поведения. Поэтому для решения поставленных задач использован комплекс как стандартизированных, так и разработанных нами методик для оценки функций систем внимания, памяти, структуры интеллекта и гибкости мышления, а также регистрации и анализа частотно-пространственной организации активности мозга с последующим многопараметрическим статистическим анализом собранного массива данных.

2.1 Методы исследования структуры интеллекта и гибкости мышления

Для определения структуры интеллектуальных способностей использовали методику Р. Амтхауэра, флюидный интеллект оценивали на основе прогрессивных матриц Равена, тестирование компонентов социального интеллекта выполняли с использованием методики Гилфорда-Салливан. Описание этих методик приведено в Приложении А.

Психометрическая оценка гибкости, беглости и оригинальности мышления

Для тестирования образной (невербальной) креативности применяли субтесты П. Торренса «Круги» и «Незавершенные фигуры» (Разумникова, 2013; 2016). Показатели беглости (число идей рисунков), гибкости (разнообразие их семантической принадлежности) и оригинальности (уникальности идеи, которую вычисляли на основе ранее созданных баз данных для каждого субтеста с использованием разработанных нами

оригинальных компьютеризированных методик (Разумникова, 2002). Скриншот программы для вычисления показателей креативности в субтесте «Круги» с соответствующим примером тестирования показан на рис. 2.1.

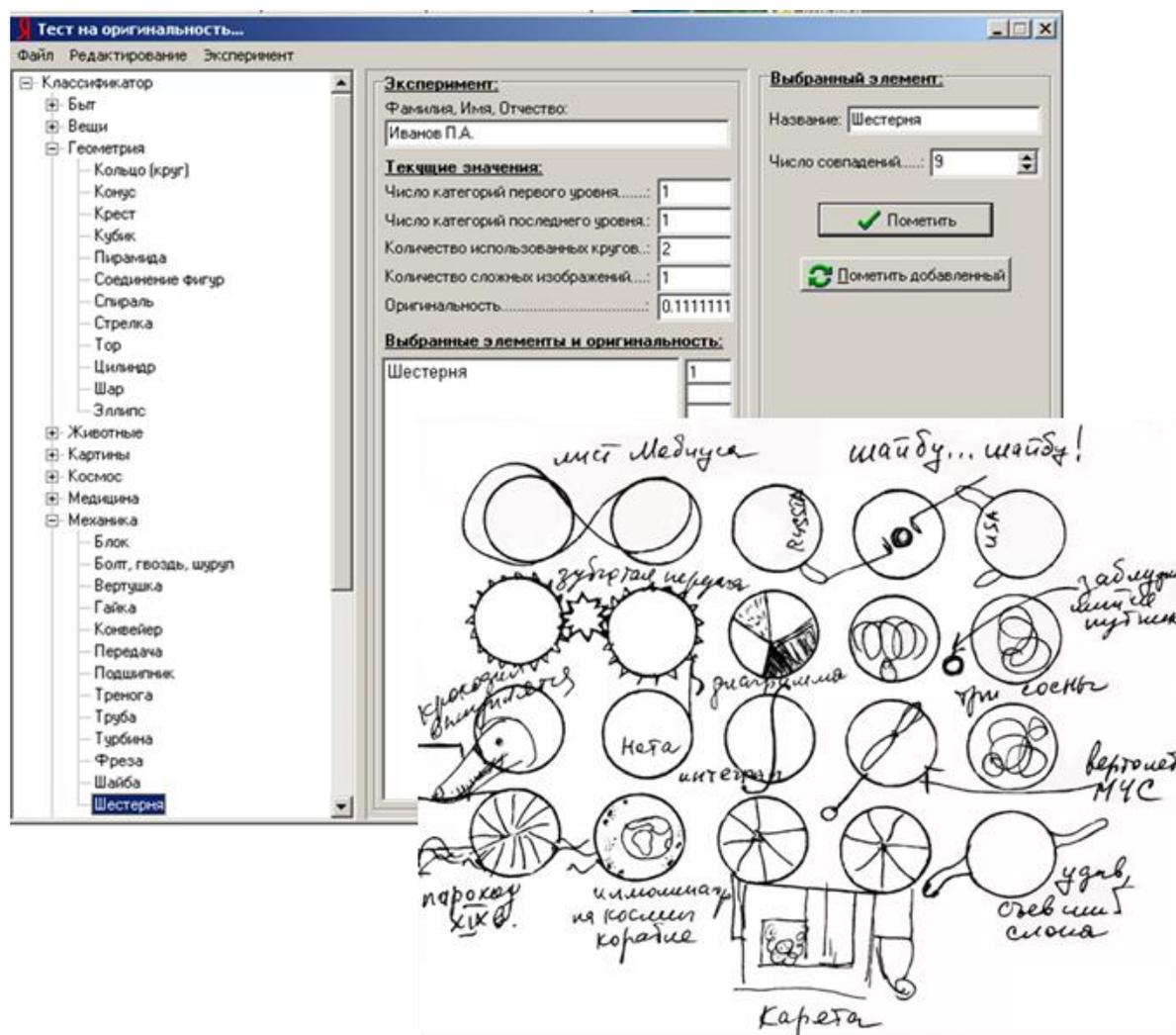


Рисунок 2.1 - Общий вид компьютеризированной методики для определения показателей образной креативности с использованием субтеста «Круги» (скриншот программы для количественной оценки показателей тестирования согласно примеру, приведенному в правой нижней части рисунка)

На рис. 2.2 приведен один из элементов субтеста «Незавершенные фигуры» (А) и примеры стеретипного (Б) или оригинального (В) его завершения согласно вычисленным значениям: соответственно, 0,03 и 1.

Для определения гибкости вербального мышления использовали тест Гилфорда «Необычное использование обычного предмета» (стимулами были слова: газета, линейка, коробка)» (Разумникова, 2002, 2013, 2016). Показатели

оригинальности и беглости вычисляли с применением компьютеризированной программы с соответствующей базой ответов.

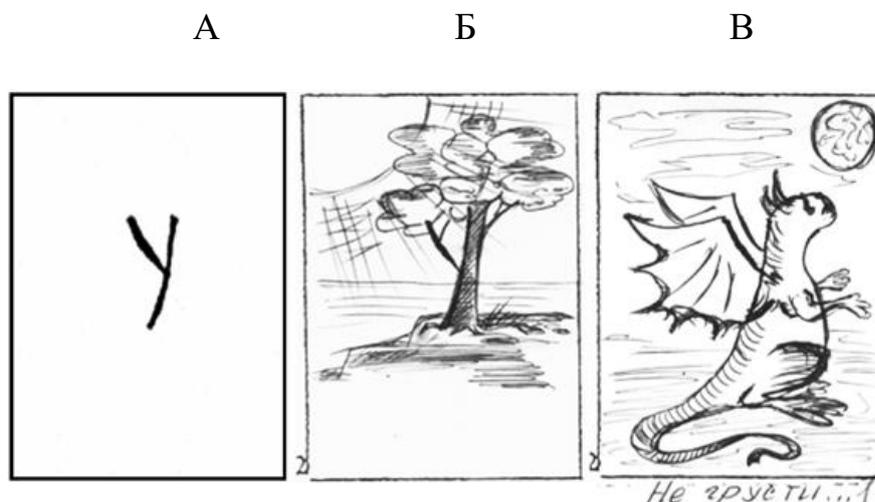


Рисунок 2.2 - Пример стимула из субтеста Торренса «Незавершенные фигуры» для определения образной креативности (А) и созданных на его основе рисунков с оригинальностью 0,03 (Б) и 1 (В)

Другой методикой определения вербальной гибкости была методика «Когнитивный синтез» (Разумникова, 2002). Испытуемым предлагалось придумать оригинальное по смыслу предложение с использованием пяти триад существительных из отдаленных семантических категорий: компьютер-булавка-смерч, часы-огонь-цепь, тарелка-уравнение, горы, кузнечик-гвоздь-космос и ножницы-мост-совесть. Оригинальность каждого предложения оценивали три эксперта по 3-х балльной системе: 0 баллов присваивали за стандартный смысл предложения, 2 – за уникальный, 1 балл выставляли за предложения, нестандартные, но и не оригинальные. Например, для слов триады «огонь–часы–цепь» ответ «часы на цепи упали в огонь камина» оценивали как стереотипное, а предложение «мгновенья уничтожения инакомыслящих огнем инквизиции сложились в часы и столетья страха, цепями сковавшего умы оставшихся в живых» – как оригинальное. Для статистического анализа использовали сумму показателей всех данных каждым испытуемым ответов (согласованность экспертных оценок по критерию альфа Кронбаха составила 0,82-0,89).

2.2 Методы исследования личностных характеристик и компонентов эмоциональной регуляции поведения

Для исследования **личностных характеристик** применяли

- опросник EPQ Г. Айзенка для определения нейротизма (N), социальной конформности (L), экстраверсии (E) и психотизма (P) (Айзенк и др., 1991);
- опросник TPQ Р. Клонингера для определения поиска новизны (NS), избегания опасности (NA) и зависимости от награды (RD) (Разумникова, 2005; Cloninger, 2003);
- опросник Кейрси (Овчинников и др., 1994) для определения рациональных (мышление-чувство) и иррациональных (ощущение-интуиция) личностных черт.

Для оценки компонентов эмоционального интеллекта (ЭИ) использовали «Опросник эмоционального интеллекта» К. Барчард, валидированный для русскоязычной выборки (Князев и др., 2012). «Он был составлен согласно личностному подходу к психометрической самооценке эмоциональной реактивности и включал 7 шкал: «Позитивная экспрессивность» (ПЭ), «Негативная экспрессивность» (НЭ), «Внимание к эмоциям» (ВЭ), «Принятие решений на основе эмоций» (ЭР), «Сопереживание радости» (СР), «Сопереживание несчастья» (СН) и «Эмпатия» (Э). Подробнее описание методики дано ранее» (Разумникова и др., 2017).

Для определения **самооценки качества жизни** использовали опросник SF-36 (Ware, 2000), валидизированный для русскоязычной выборки (Новик, Ионова, 2007). «Предусмотрены 8 шкал: физическое функционирование (ФФ), ролевое функционирование (РФ), боль (Б), общее состояние здоровья (ОЗ), жизнеспособность (Ж), социальное функционирование (СФ), эмоциональное функционирование (ЭФ) и психологическое здоровье (ПЗ), согласно принятой технологии подсчетов баллов 100% отражают абсолютное отсутствие симптомов, свидетельствующих об ухудшении качества жизни. Среднее суммарное значение четырех первых шкал представляет

интегральную оценку физического здоровья (ИФЗ), а четырех следующих - психического здоровья (ИПЗ)» (Разумникова и др., 2016).

Для определения эмоциональной реакции на эмоциогенные стимулы использовали

1) стимулы, выбранные из Международного атласа аффективных состояний (IAPS) (Васанов и др., 2014; Lang et al., 2005), предназначенные для индукции положительных или негативных эмоций (использованы стимулы, не отличающиеся по показателям эмоциональной реакции на русской и американской выборках) (рис. 2.3)



Рисунок 2.3 - Примеры стимулов IAPS, использованных для создания эмоционального состояния

2) специально созданные фильмы природного (ЭксП) и урбанистического, техногенного содержания (ЭксУ) (время показа каждого по 3 мин., примеры кадров из них показаны на рис. 2.4);

А



Б



Рисунок 2.4 - Кадры из фильмов природного (А) и техногенного (Б) содержания

3) фильм природного содержания в формате 3D (<https://www.youtube.com/watch?v=AXJBCATPgKs>), преобразованный для контроля в 2D (продолжительность каждого 3 мин., пример кадра показан рис. 2.5).

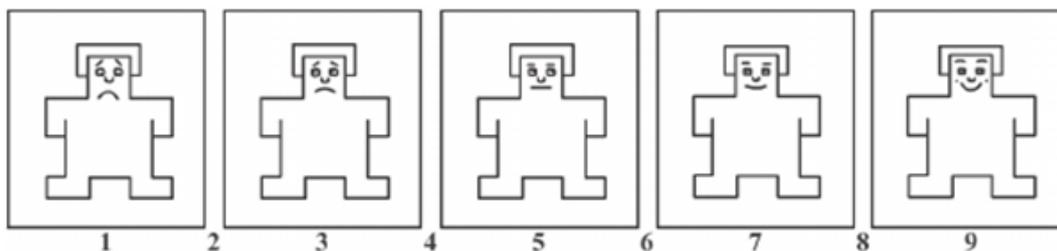


Рисунок 2.5 - Пример кадра из фильмов, представленных в формате 3D или 3D

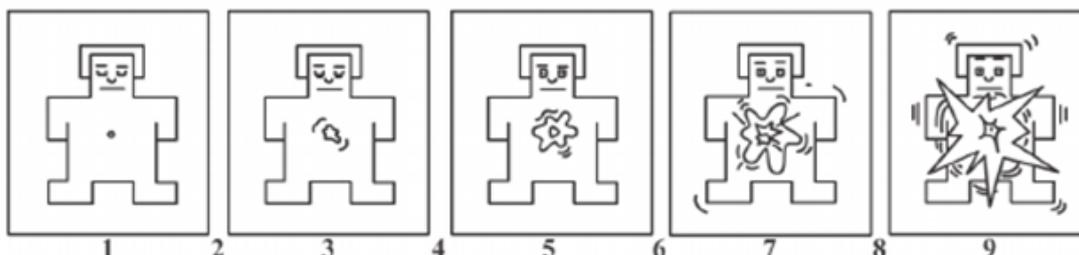
После просмотра фильмов ЭкП и ЭкУ (каждый длился по 3 минуты) участники исследования заполняли анкету с применением 7-балльной системы, делая выбор по шкалам: радость - печаль, активация - релаксация, приближение - избегание, приятно - противно, красиво – уродливо (Разумникова, Варнавский, 2017), сформированных согласно основным вербальным определителям эмоций (Изард, 1999; Eliot et al., 2013).

Эмоциональную реакцию на погружение в виртуальную природную среду и ее сравнение с форматом 2D и контролем оценивали с использованием методики Self - Assessment Manikin (SAM) (Bradley, Lang, 2007) по показателям валентности (valence – Отметьте, какую Вы испытали эмоцию; arousal - Насколько сильное возбуждение вызвала эта эмоция?) и амплитуды переживаний (dominance – Как велика была эта эмоция?) (рис.2.6).

Отметьте, какую Вы испытали эмоцию?



Насколько сильное возбуждение вызвала эта эмоция?



Как велика была эта эмоция?

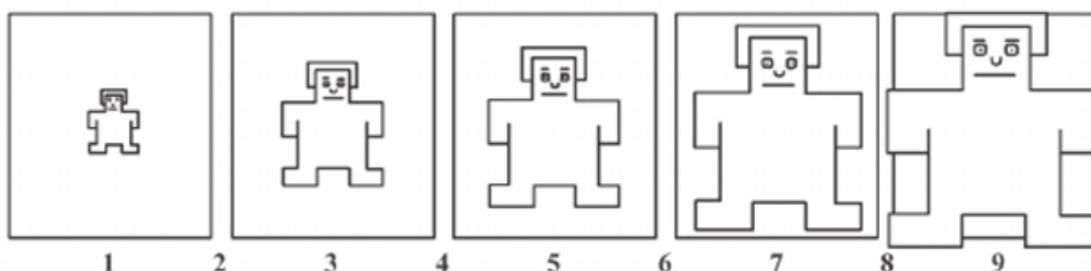


Рисунок 2.6 - Тестирование эмоционального состояния согласно показателям методики Self - Assessment Manikin

2.3 Методы определения индивидуальных показателей селекции и запоминания информации

Определение показателей функций систем внимания.

Для определения функций трех систем внимания (ANT) (Fan et al., 2002): исполнительного, ориентационного и бдительности использовали разработанную нами ее компьютеризированную версию (Вольф, Разумникова, Суслов, А.С. 2012617379 от 16.08.2012).

Согласно инструкции необходимо было как можно быстрее нажимать на клавиши клавиатуры компьютера согласно направлению целевого стимула:

стрелки, которая псевдослучайном порядке появлялась на экране компьютера вместе с нейтральными, конгруэнтными или неконгруэнтными стимулами (рис. 2.7 Б).

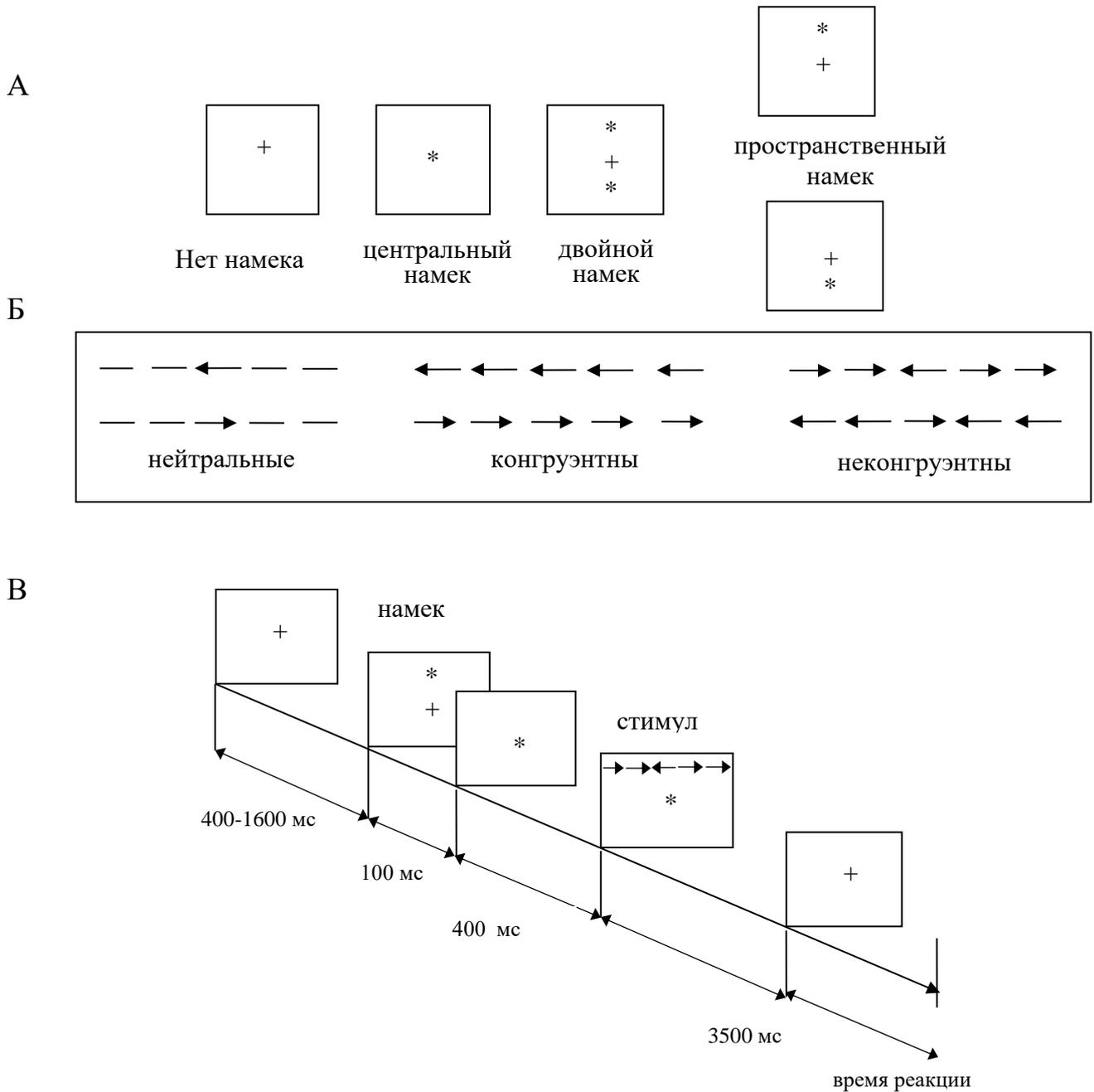


Рисунок 2.7 - Схематичное изображение стимулов: А– вариантов намека, Б – целевых стимулов и В - порядка их предъявления

Предъявление стимулов происходило в ситуациях без намека на их появление или с намеками, предупреждающими о времени или месте появления целевого стимула (рис. 2.7 А). Схематичное изображение порядка

предъявления стимулов показано на рис. 2.7 В. Всего было предъявлено 96 целевых стимулов.

Регистрировали время реакции (ВР) и количество ошибок в каждой серии эксперимента. Функции исполнительной системы, бдительности и ориентационного внимания вычисляли как разницу, соответственно, ВР на неконгруэнтные и конгруэнтные стимулы, и ВР в ситуациях без намека и с двойным или пространственно разнесенным намеком.

Определение показателей кратковременной зрительной пространственной памяти

Для определения эффективности кратковременной зрительной пространственной памяти использовали модифицированную компьютеризированную методику «Visual Patterns Test» (Della Sala et al., 1999), представленную на разработанном нами сайте psyttest.nstu.ru.

На экране компьютера предъявлялось двумерное поле, разделенное на клетки 6x6, часть из которых случайным образом была окрашена (рис. 2.8 А).

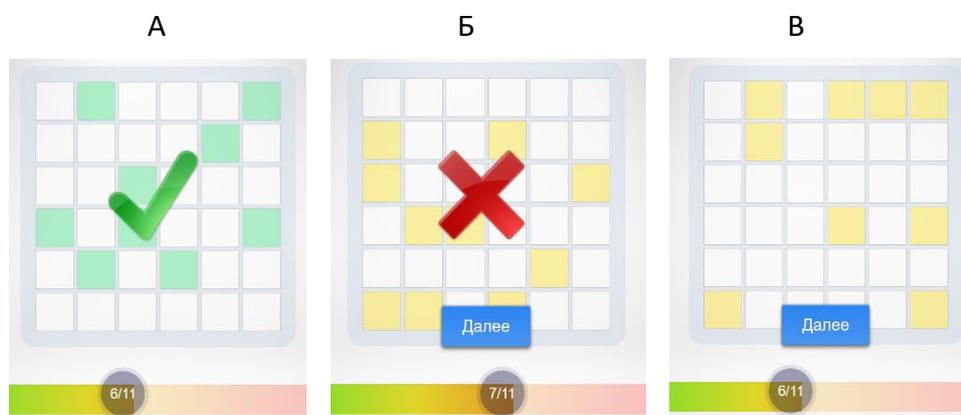


Рисунок 2.8 - Скриншот экрана компьютера при тестировании кратковременной зрительной памяти: А - правильное воспроизведение стимулов, Б - ошибка при воспроизведении (Razumnikova, Вакаев, 2021)

Минимум стимулов составлял 3, максимум – 13, время предъявления - 2 сек. После их исчезновения необходимо было указателем мыши отметить те места, где стимулы появлялись. После правильного выбора (отмечено зеленым на рис. 2.8 А) при следующем предъявлении количество стимулов

увеличивалось. При ошибочном выборе (отмечено красным крестиком на рис. 2.8 Б) участнику эксперимента вновь предъявлялось то же количество стимулов, при повторной ошибке их количество уменьшалось на единицу (рис. 2.8 В). Каждая следующая проба запускалась самостоятельным запуском клавиши «Далее».

Всего возможно осуществить 5 ошибочных попыток. При появлении ошибок показатель воспроизведения снижается: например, при достижении правильного воспроизведения 6-ти стимулов с использованием пяти проб и 3 ошибками показатель воспроизведения составлял 44%, а при точном воспроизведении 10 – ти стимулов с такой же эффективностью запоминания – 73%. Для анализа эффективности запоминания использовали этот показатель воспроизведения.

Определение показателей кратковременной зрительной памяти в модели проактивной интерференции

Для исследования стратегий зрительной кратковременной памяти была создана оригинальная компьютеризированная методика с предъявлением на экране объектов живого мира разных категорий, разного цвета и разного пространственного расположения (бабочки, листья, цветы и т.д.) (рис.2.9) (Разумникова, Савиных, А.С. 2016617675. 2016).

При первом предъявлении на экране в случайном порядке появлялись три стимула из набора в 30 объектов. Инструкция выполнения задания гласила: «отмечать курсором мышки тот объект, который не был отмечен ранее». После индивидуально свободного выбора одного из объектов (например, цветок на рис. 2.9 А) при следующем предъявлении количество стимулов увеличивалось на один, так что при втором предъявлении (рис. 2.9 Б) на экране присутствовал уже отмеченный объект (цветок) и еще три случайных, и т.д. Каждая из трех сессий задания заканчивалась в случае повторного выбора уже отмеченного ранее объекта.

Для анализа использовали количество правильно воспроизведенных объектов в каждой сессии. Сравнение показателей воспроизведения в

повторяющихся сессиях позволяло оценить выраженность проактивной интерференции или «забывание, вызванное воспроизведением», пример которого как снижение объема памяти показан на рис. 2.9. В.

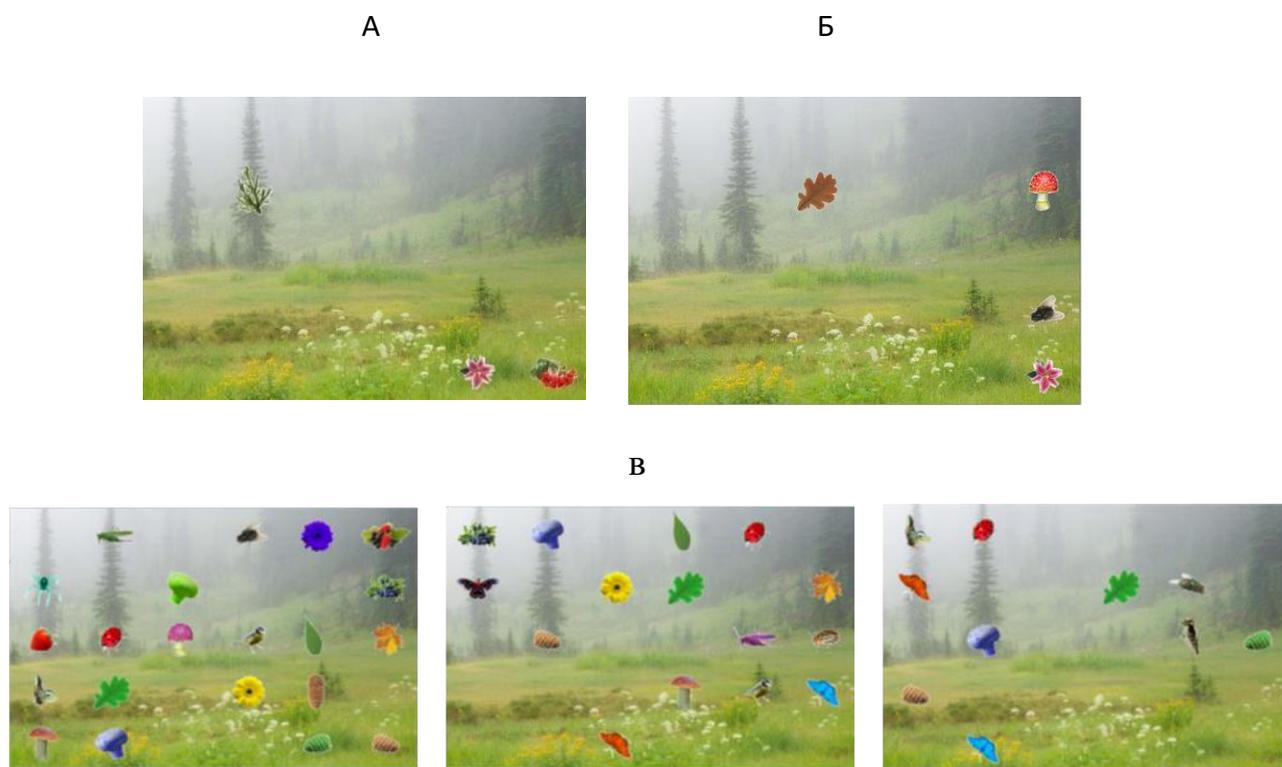


Рисунок 2.9 - Скриншот экрана в примере тестирования зрительной памяти при первом (А) и следующем (Б) предъявлении стимулов и в трех сессиях предъявления стимулов, иллюстрирующих развитие проактивной интерференции (В)

Определение рабочей памяти в модели «one-back»

Простой вариант определения рабочей памяти мы совместили с инструкцией выполнять задание как можно быстрее, нажимая на обозначенные клавиши «да» и «нет» согласно решению, соответствует ли предъявленная фигура той, что была предыдущей или нет (рис. 2.10).

Стимулами являются простые фигуры: круг, треугольник, квадрат, окрашенные в синий, зеленый и красный цвет. Время выполнения задачи ограничивалось 1 минутой.

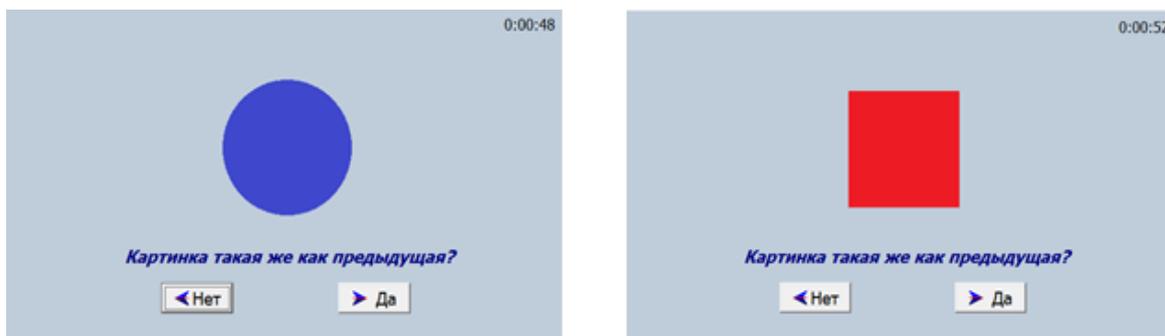


Рисунок 2.10 - Пример последовательности стимулов для определения рабочей памяти в модели «one-back»

Показатели эффективности рабочей памяти: среднее время реакции (ВР), соответствующее количеству просмотренных стимулов, число ошибок и ВР на стимул, следующий после ошибочного ответа, замедление ответа на который отражает тормозную функцию контроля деятельности.

Батарея методик для тренировки функций систем внимания и памяти

На основе анализа литературных данных и знакомства с имеющимися в Интернете сайтами для компьютеризированной когнитивной тренировки нами разработана интегрированная онлайн батарея компьютеризированной оценки когнитивных функций в базовом состоянии и в течение выполняемой тренировки. Методики представлены на сайте <http://psyttest.nstu.ru> и включают задания для тренировки скорости селекции информации разной природы (например, например, запоминания однотипных объектов (рис. 2.11) или запоминания объектов в условиях распределенного внимания с разной информационной нагрузкой (рис.2.12) (Web-версии программного обеспечения тестирования внимания и памяти разработаны студентами ФПМИИ Р.В. Кадыковым, П.А. Дядигуровым, О.В. Ли и Д.И. Дормадехиным под руководством преподавателей этого факультета М.Г. Зайцева и Р.В. Петрова).

Результаты тестирования хранятся на сервере университета и используются для дальнейшего анализа. На созданные методики определения

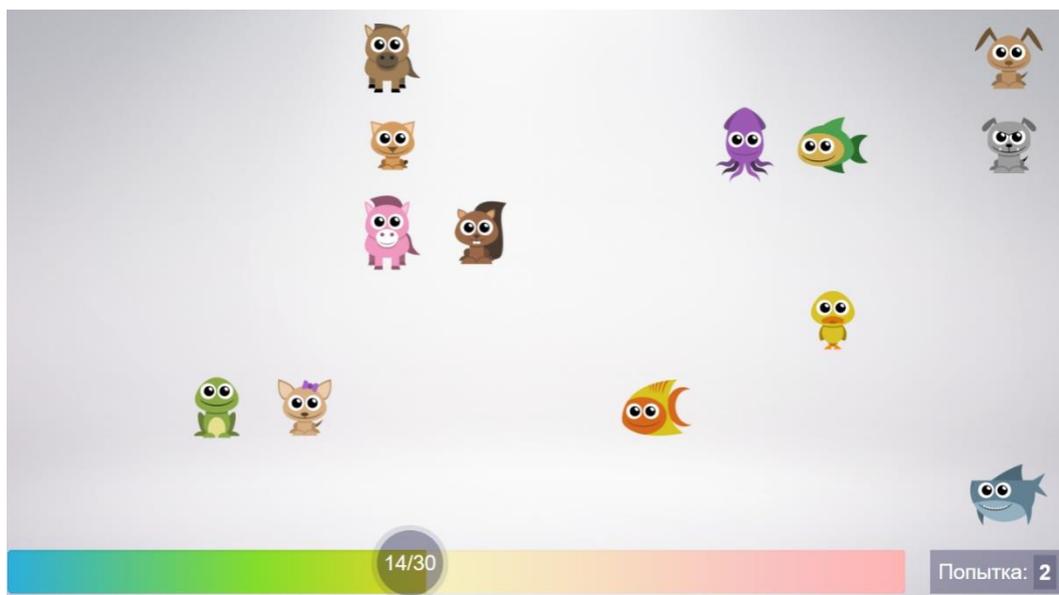


Рисунок 2.11 - Скрин-шот экрана при тестировании эффективности запоминания и определения показателей проактивной интерференции

и тренировки функций систем внимания и памяти и их программное обеспечение оформлены авторские свидетельства (АС №2016617675, 2016617675, 2021614245, 2021616274).

Определение пространственной памяти в условиях распределенного внимания

Для стимуляции интереса при выполнении задания в нем используется игровая ситуация. Целевым стимулом является «птичка», которая случайным образом появляется в разных частях экрана дисплея на фоне природных ландшафтов. В центре экрана одновременно с «птичкой» случайно предъявляется одна цифра из последовательности 1-2-3-4-5 (рис. 2.12 А). Согласно инструкции испытуемому необходимо отследить центральную цифру (4 в показанном на рис. 2.12 А примере) и затем воспроизвести ее при ответе (Рис. 2.12 Г), а также курсором отметить как можно точнее то место, где появлялась «птичка». Время предъявления стимулов 1000 мс.

После четырех серий предъявления стимулов («птички» и цифры) задача усложняется: вместе с целевыми стимулами в случайно выбранной точке экрана появляется дистрактор: темное пятно, похожее на птичку (рис.2.12 Б). Ситуация с одним дистрактором повторяется три раза, после чего следуют три

серии предъявления целевых стимулов вместе с двумя дистракторами (рис. 2.12 В). Пример выполнения задания, показанного на рис. 2.13 В, с близким попаданием в «птичку» и правильным выбором центрально предъявленного стимула приведен на рис. 2.12 Г.

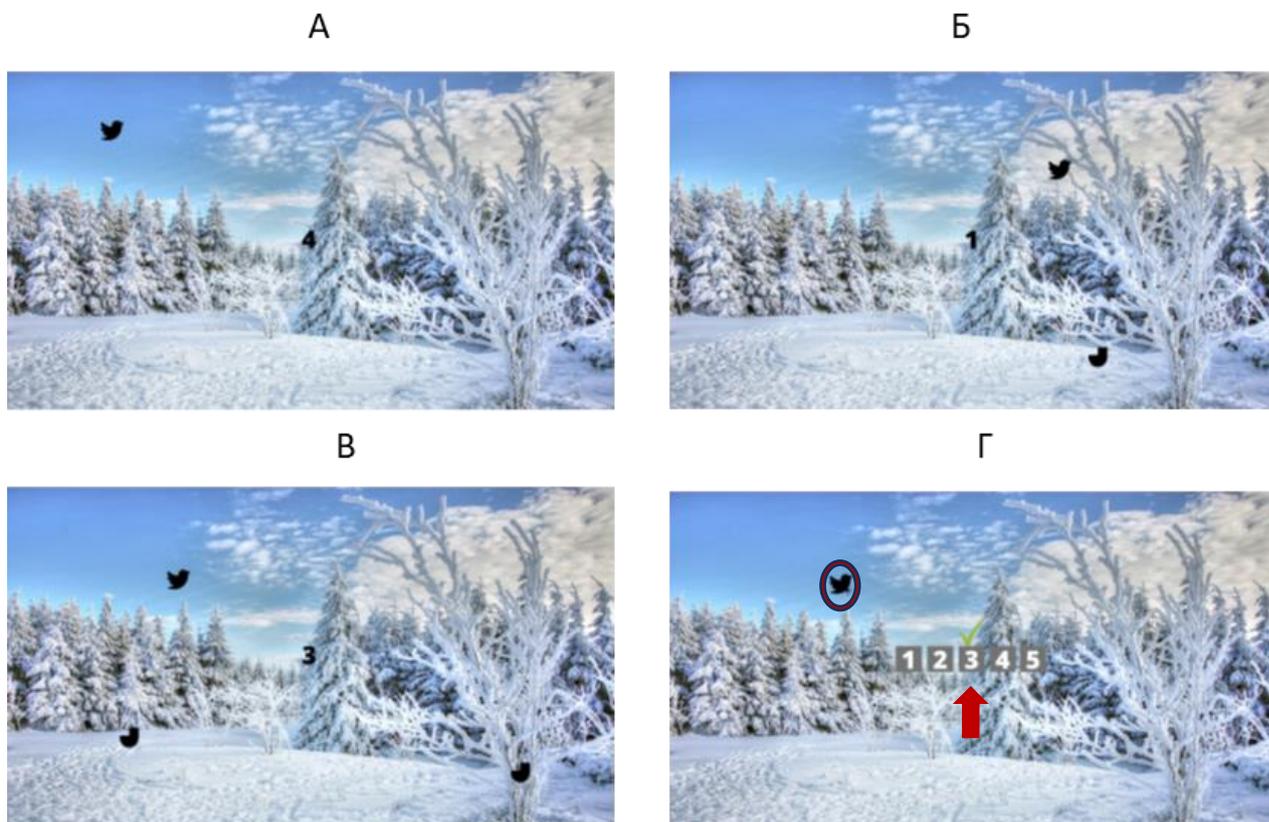


Рисунок 2.12 - Пример предъявления стимулов при тестировании зрительно-пространственной памяти в условиях распределенного внимания с разной информационной нагрузкой

Показатели эффективности выполнения задания: правильность запоминания цифры (усредненная по сериям предъявления: 1 – правильный ответ во всех сериях, 0,75 – ошибка в одной из четырех серий и т.д.) и точность попадания в пространственно разнесенный стимул (среднее по сериям расстояние в пикселях от сделанной отметки курсором до центра птички).

При исследовании возрастных особенностей тренировки внимания и памяти после первого ознакомительного тестирования в аудиториях университета испытуемым была дана инструкция: стараться улучшить результаты, выполняя задания в домашних условиях. Показатели

тестирования сохранялись на сервере университета и были использованы в дальнейшем для статистического анализа собранного массива данных.

2.4 Регистрация частотно-пространственной организации активности мозга

Для анализа изменений активности мозга, вызванных погружением в виртуальную природную среду (см. Главу 3), ЭЭГ регистрировали с помощью системы Neuvo SynAmps2 System (Neuvo EEG 64ch, Compumedics, Австралия) в трех экспериментальных ситуациях: фон с открытыми глазами и просмотр фильмов в формате 2D и 3D. Для записи ЭЭГ использовали шапочку с электродами Ag/AgCl (QuikCap, NeuroSoft Inc., США), расположенными по системе 10/10 с общим референтом в отведении CPz и заземлении в AFz (рис.2.13). Частота дискретизации 1000 Гц, полосовая фильтрации 0,5 Гц - 40 Гц, сопротивление электродов менее 5 кОм.

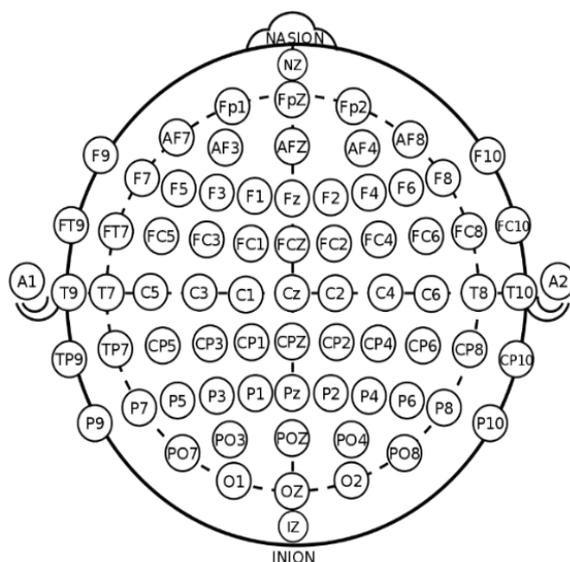


Рис. 2.13. Расположение электродов согласно системе 10/10

Для обработки сигналов ЭЭГ использовали программу EEGLAB, запускаемую в среде MATLAB (Delorme, Makeig, 2004). Удаление мышечных и глазодвигательных артефактов выполняли методом независимых компонент

(ICA). На рис. 2.14 А показан пример выделения независимой компоненты, обусловленной движением глаз, а на рис. 2.14 Б, вызванный мышечным напряжением в височном отведении.

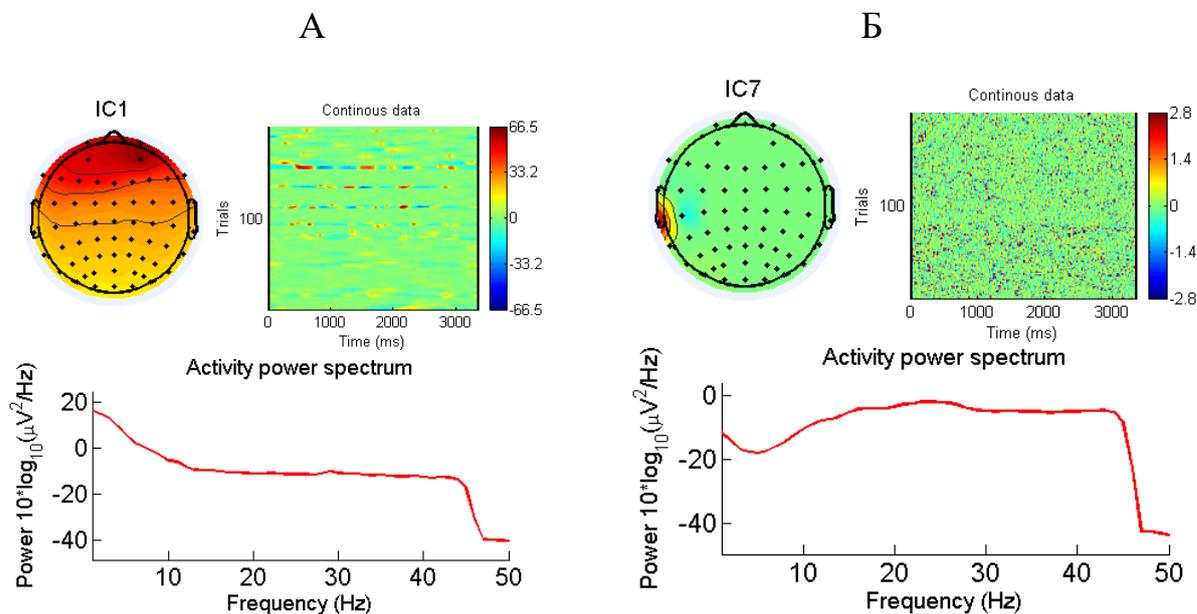


Рисунок 2.14 - Примеры выделения независимых компонент, связанных с глазодвигательным (А) или мышечным (Б) артефактами

Спектральную мощность рассчитывали с использованием окна Хэннинга и быстрого преобразования Фурье по 30-ти 2-х секундным эпохам для дельта (1–4 Гц), тета (4–7 Гц), альфа1 (7–10 Гц), альфа2 (10–13 Гц), бета1 (13–20 Гц), бета2 (20–30 Гц) и гамма (30–40 Гц) частотных диапазонов. Пример спектральной плотности мощности ЭЭГ (отведение С4) приведен на рис. 2.15.

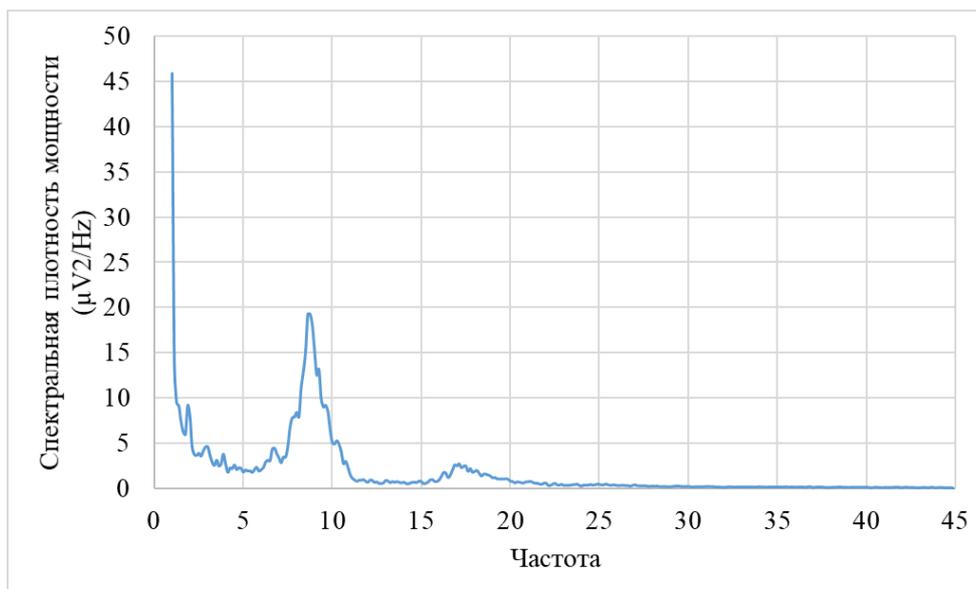


Рисунок 2.15 - Пример вычисления спектральной плотности ЭЭГ

Для анализа индивидуальных особенностей стратегий мышления (см. Главу 4) применяли 19-ти канальную регистрацию ЭЭГ (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, T3, C3, Cz, C4, T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1, O2) согласно системе 10/20 (рис. 2.16) с объединенным референтным ушным электродом с помощью аппаратуры и программного обеспечения «Мицар-201» (г. Санкт-Петербург). Более подробное описание регистрации и анализа ЭЭГ представлено в ряде наших статей (Разумникова, Яшанина, 2017; Razumnikova et al., 2018; Razumnikova, Yashanina, 2018; Razumnikova, Krivonogova, 2019).

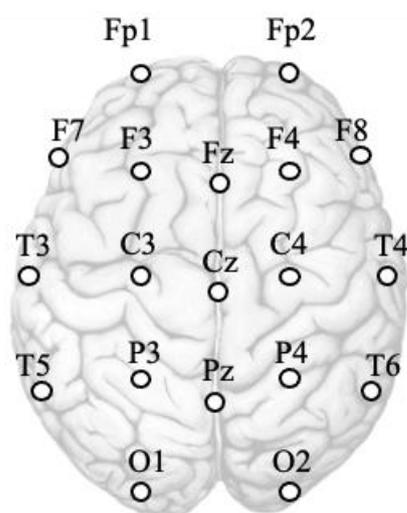


Рисунок 2.16- Расположение электродов согласно системе 10/20

В зависимости от задач исследования ЭЭГ регистрировали в фоне и в соответствующих экспериментальных условиях (см. Главу 4).

Аналого-цифровое преобразование сигнала проводилось с частотой дискретизации 256 Гц. Для анализа активности мозга выбирали 2-секундные безартефактные отрезки ЭЭГ общей длительностью 60 с.

Для каждого отведения методом быстрого преобразования Фурье вычисляли спектральную плотность ЭЭГ в семи частотных диапазонах: дельта (1–4 Гц), тета (4–7 Гц), альфа1 (7–10 Гц), альфа2 (10–13 Гц), бета1 (13–20 Гц), бета2 (20–30 Гц) и гамма (30–40 Гц).

2.5 Статистический анализ данных

Для статистической обработки данных использовали лицензионный пакет программ Statistica 13.3.1 Ru AXA805I391121ARCN5-S. В зависимости от задач исследования и характеристик распределения параметров применяли методы параметрического или непараметрического анализа.

Для сравнения групп использовали метод Манна-Уитни или дисперсионный анализ ANOVA/VANOVA. Анализ зависимых переменных выполняли с применением критериев Вилкоксона и Стьюдента. Для корреляционного анализа переменных использованы методы Спирмена и Пирсона. Для анализа структуры взаимосвязи показателей когнитивных функций в разных группах применяли методы факторного и кластерного анализа, в том числе разработанный метод дискретной оптимизации при формировании кластеров, программная реализация которого включала алгоритм бинарных отсечений и ветвлений с применением минимаксного или аддитивного критерия.

Выводы по главе 2

С использованием литературных данных о наиболее информативных показателях развития и старения функций мозга, отраженных в эффективности разных форм когнитивной деятельности и представленных в Главе 1, нами подобран широкий комплекс психометрических и психофизиологических методик для исследования закономерностей формирования и последующей реализации когнитивных резервов на разных этапах онтогенеза. Методы исследования включают психометрические методики определения выраженности профиля личностных черт, стандартные методики тестирования интеллектуальных способностей и разработанные нами подходы для психометрической оценки показателей креативности с их широким количественным диапазоном, а также созданные оригинальные компьютеризированные программы для определения результативности функций систем внимания и памяти, в том числе ее динамики в ходе когнитивной тренировки.

Для исследования индивидуальных особенностей регуляции эмоционального состояния и их связи с показателями когнитивных функций разработаны экспериментальные ситуации определения индуцированных эмоций позитивной и негативной валентности, в том числе при погружении в виртуальную природную среду.

Для изучения частотно-пространственной организации активности мозга, отражающей предпочтение стратегий конвергентного или дивергентного мышления или эмоциональную реактивность на виртуальную природную среду, использована многоканальная регистрация ЭЭГ с последующим вычислением мощности биопотенциалов в широком диапазоне частот: от 1 до 40 гц, т.е. от дельта до гамма ритма.

ГЛАВА 3 СОЦИАЛЬНЫЕ, ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ РЕЗЕРВОВ

3.1 Образование как механизм формирования когнитивных резервов

Учитывая устойчивые представления о значении образования как фактора реализации когнитивных резервов на поздней стадии онтогенеза, нами была выполнена серия исследований, посвященных анализу организации их коррелятов: наиболее информативных психометрических (показателей тормозных функций, структуры интеллекта и креативности) и психофизиологических (показателей активности коры головного мозга) характеристик в школьном и студенческом возрасте.

3.1.1 Возрастная динамика исполнительного контроля и гибкости мышления в период школьного обучения

Изучение возрастных особенностей контроля, беглости, гибкости и оригинальности мышления представляет интерес для понимания технологий подбора учебного материала и способов организации эффективного образовательного процесса с учетом индивидуальных способностей детей.

Для выяснения возрастной динамики развития критического, конвергентного и дивергентного мышления нами выполнен анализ психометрических показателей образной и вербальной креативности школьников в разных условиях их тестирования.

«Выбор методик был обусловлен поиском ответа на вопрос: является ли способность к гибкому поиску оригинального решения поставленной задачи общей характеристикой или не только возраст, но и тип задания влияют на

результативность и стратегии его выполнения? Поэтому тестирование креативности выполняли с использованием методик, требующих либо отказа от стереотипа (повторяющиеся стимулы – круги или использование обычного предмета), либо в условиях, задающих расширенный диапазон поиска ответа вследствие разнообразия предъявленных стимулов: фигур (субтест Е. П. Торренса «Незавершенные фигуры») или слов из отдаленных семантических категорий, которые требовалось объединить в оригинальное и имеющее смысл предложение» (Разумникова и др., 2020). Подробно описание методик дано в Главе 2.1.

В исследовании участвовало 155 школьников средней общеобразовательной школы, из них 84 мальчика. В табл. 3.1 приведено распределение детей по классам, возрасту и полу (Разумникова и др., 2020).

Таблица 3.1

Распределение детей в выборке по классам, возрасту и полу

Класс	Возраст	Количество	
		мальчики	девочки
5	11,4 ± 0,5	20	41
6	12,2 ± 0,5	21	17
7	13,3 ± 0,5	30	26

Выполнение субтестов «Круги» (ПФ-повторяющиеся фигуры) и «Необычное использование обычного предмета» (НИОП) было ограничено 5 минутами, а задания «Незавершенные фигуры» (НФ) и составление оригинального предложения (СОП) выполнялось около 15-20 мин. (Разумникова и др., 2020).

«Результаты описательной статистики показали, что детям сложно было преодолеть стереотипы при выполнении заданий ПФ и НИОП, так как

распределение показателей оригинальности характеризуется сильной левосторонней асимметрией (рис. 3.1 А и Б). Рисунки, созданные при использовании субтеста НФ, были более разнообразными (рис. 3.1 В). Наиболее сложным заданием для детей 11–13 лет оказалось составление оригинального предложения: только 56 % смогли сформулировать предложения, имеющие смысл, который, однако в большинстве своем был стереотипным (рис. 3.1 Г), 5 % - бессмысленно соединили слова и 39 % не

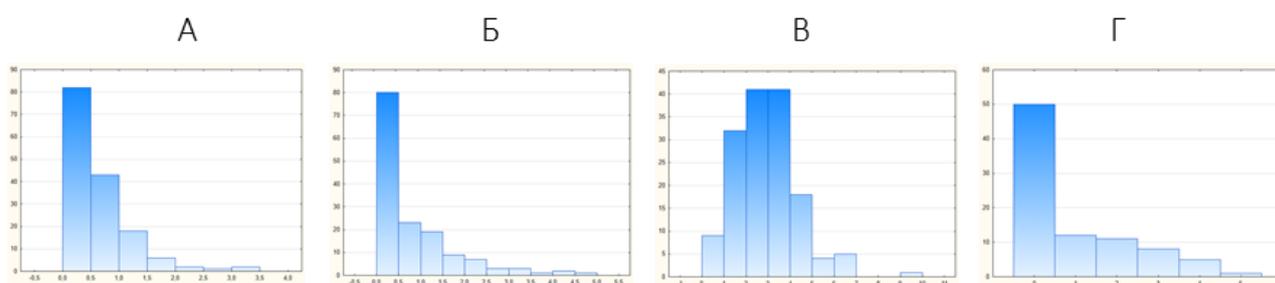


Рисунок 3.1- Распределение показателей оригинальности при использовании субтестов «Круги» (А), «необычное использование обычных предметов» (Б), «Незавершенные фигуры» (В) и «Составление оригинального предложения» (Г) (Разумникова и др., 2020)

смогли или не успели выполнить это задание (36 % из этой группы составили семиклассники, отличившиеся своим дезорганизованным поведением при выполнении заданий)» (Разумникова и др., 2020).

Анализ переменных, полученных в трех возрастных группах, выявил их значимые различия согласно критерию Краскелла-Уоллеса для показателей креативности: беглости идей вне зависимости от формы задания, а оригинальности – только для ПФ и НИОП (табл. 3.2) (Разумникова и др., 2020).

«Следовательно, возрастные различия проявляются преимущественно в скорости решения проблемы в тех условиях тестирования креативности, которые требуют умения отказаться от стереотипного ответа, что связано с возрастным развитием тормозной системы контроля выбора решения. Поэтому наблюдаемое снижение беглости генерации идей при сравнении тринадцатилетних детей с одиннадцатилетними можно связать с усилением

критического мышления и исключением вследствие этого первого приходящего на ум ответа. Однако это усиление тормозного контроля не добавляет значимого повышения оригинальности ответов, вероятно, вследствие недостаточного еще объёма знаний и ограничения времени, выделенного для выбора решения» (Разумникова и др., 2020).

Таблица 3.2.

Показатели креативности, имеющие значимые возрастные различия

Показатель	Класс			Нк-у	р
	5	6	7		
Беглость_ПФ	10,0*	12,1*#	8,6#	13,6	0,001
Оригинальность_ПФ	0,7#	0,6	0,5#	6,2	0,05
Разработанность_НФ	0,5*	0,8*	0,5	7,2	0,03
Беглость_НФ	9,8#	9,6*	8,9*#	22,0	0,001
Беглость_НИОП	6,5#	5,7	5,0#	8,5	0,01
Оригинальность_НИОП	1,2*	0,6*	0,6	7,5	0,02
Беглость_СОП	4,7*	5,8*	-	5,5	0,02

Примечание. ПФ - повторяющиеся фигуры, НФ - незавершенные фигуры, НИОП - необычное использование обычного предмета, СОП - составление оригинального предложения; Нк-у — критерий Краскелла-Уоллеса; * — $p < 0,05$; # — $p < 0,01$ между соответствующими переменными согласно критерию Манна-Уитни (Разумникова и др., 2020).

«Сравнительно более высокие значения оригинальности в 5 классе, чем в 7-м, можно связать с большим интересом и большей исполнительностью при выполнении заданий 11-летних детей, чем 13-летних (Разумникова и др., 2020).

При сравнении креативности мальчиков и девочек достоверные различия согласно критерию Краскелла – Уоллеса выявлены для показателей разработанности и названий рисунков, созданных на основе незавершенных фигур ($6,3 < \text{Нк-у} < 10,2$; $0,001 < p < 0,01$), а также для беглости и оригинальности составленных предложений ($4,0 < \text{Нк-у} < 5,0$; $0,02 < p < 0,04$) с их большими значениями у девочек, чем мальчиков. Такой результат можно

связать с более быстрым развитием речевых функций у девочек в сравнении с мальчиками (Хромова, Логинова 2013; Eriksson et al. 2012), что, по-видимому, обеспечивает их успешное применение при тестировании креативности» (Разумникова и др., 2020).

«Согласно данным, представленным в табл. 3.2, семиклассники отличались сравнительно низкими показателями креативности при выполнении и вербальных, и невербальных творческих заданий. Показатели беглости при выполнении теста «Круги» и составлении предложений были выше у шестиклассников, а оригинальности (оригинальность ПФ и оригинальность НИОП) – у пятиклассников. Шестиклассники также отличались от других групп более высокой разработанностью образов, придуманных в качестве продолжения незавершенных фигур» (Разумникова и др., 2020). Выявленную неравномерную возрастную траекторию реализации креативных способностей можно объяснить суммацией двух процессов: возрастным развитием интеллектуальных способностей и нарастающим психоэмоциональным напряжением, усложняющим регуляцию деятельности (Богоявленская, 2002; Фарбер, Горев 2017).

«Для выяснения вопроса о возрастной специализации или универсальности закономерностей формирования разных компонентов творческого мышления был выполнен корреляционный анализ показателей креативности для каждой возрастной группы и в общей выборке. Обнаруженные связи переменных приведены в табл. 3.3 и для каждой возрастной группы представлены на рис. 3.2.

Сопоставление полученных данных показывает, что положительная взаимосвязь показателей беглости и оригинальности для субтестов ПФ и НИОП является общей независимой от возраста или типа задания характеристикой (рис. 3.2).

Таблица 3.3

Результаты корреляционного анализа (Rs) показателей креативности в общей группе и для каждой возрастной группы

Показатели	Общая	5 класс	6 класс	7 класс
ГибкостьПФ и БеглостьПФ	0,47***	0,65***	0,29	0,39**
ГибкостьПФ и ОригинальностьПФ	0,43***	0,47***	0,31	0,42***
ГибкостьПФ и БеглостьНФ	0,35**	0,31*	0,08	0,28*
ГибкостьПФ и БеглостьНИОП	0,27**	0,24	0,29	0,22
БеглостьПФ и БеглостьНФ	0,24**	0,26	0,23	0,15
БеглостьПФ и ОригинальностьПФ	0,55***	0,64***	0,65***	0,39**
БеглостьПФ и ОригинальностьНИОП	0,16*	0,07	0,29	0,37**
БеглостьПФ и БеглостьНИОП	0,37***	0,32**	0,44**	0,40**
ОригинальностьПФ и РазработНФ	0,17*	0,03	0,31	0,27*
ОригинальностьПФ и БеглостьНИОП	0,17*	0,06	0,22	0,12
ГибкостьНФ и БеглостьНФ	0,30***	0,01	0,16	0,48***
ГибкостьНФ и ОригинальностьНФ	0,26**	0,23	0,09	0,33**
РазработНФ x НазваниеНФ	0,27**	0,12	0,38*	0,28*
РазработНФ и БеглостьНФ	0,19**	-0,08	0,64***	0,14
РазработНФ и ОригинальностьНФ	0,23**	0,06	0,56***	0,11
РазработНФ и ОригинальностьСОП	0,23*	0,14	0,23	-
НазваниеНФ и БеглостьНФ	0,21**	-0,04	0,41**	0,18
НазваниеНФ и ОригинальностьНФ	0,31***	0,21	0,50***	0,28*
БеглостьНФ и ОригинальностьНФ	0,41***	0,21	0,26	0,48***
БеглостьНФ и Беглость НИОП	0,26**	0,09	0,49**	0,03
БеглостьНФ и ОригинальнНИОП	0,22**	0,18	0,46**	0,00
БеглостьНИОП и ОригинальнНИОП	0,67***	0,68***	0,73***	0,67***
БеглостьСОП и БеглостьНФ	0,32**	0,39**	0,34	-
ОригинальностьСОП и БеглостьНФ	0,21*	0,21	0,28	-
БеглостьСОП и НазваниеНФ	0,24*	-0,05	0,30	-

Примечание. Rs – коэффициент корреляции Спирмена; * - $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ***- $p < 0,001$ по критерию Спирмена.

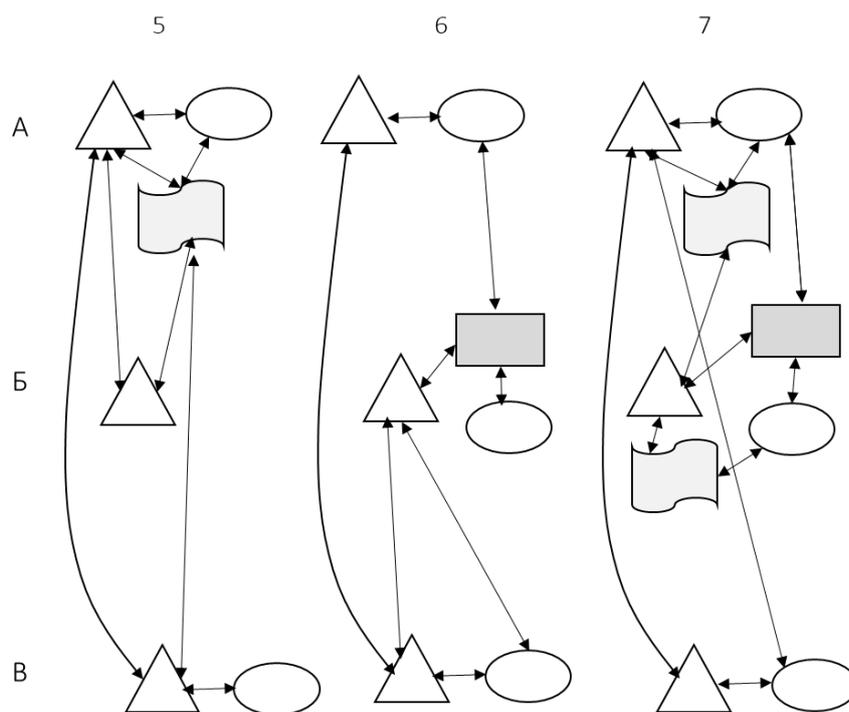


Рисунок 3.2 - Взаимосвязь показателей креативности при тестировании с использованием субтестов «Круги» (А), «Незавершенные фигуры» (Б) и «Необычное использование обычного предмета» (В) в 5, 6 и 7 классах (Разумникова и др., 2020).

△ - беглость, ○ - оригинальность,  - гибкость,  - разработанность

Такой эффект соответствует АРТ (Amusement Park Theoretical) модели креативности, в которой выделены общий уровень, тематические области, домены и микродомены, отличающиеся предметно-ориентированной информацией (Baer, Kaufman 2005). Общий уровень – это компоненты интеллекта, мотивации и соответствующая выполнению заданий среда.

Наше тестирование креативности выполнялось во время текущей учебной деятельности как урок со специальными заданиями. В этих условиях повышение беглости генерации идей оказалось генерализованным показателем успешного поиска оригинального решения тех задач, которые в первую очередь требовали отказа от стереотипного ответа (ПФ, НИОП)» (Разумникова и др., 2020).

Следует отметить, что неучтенным фактором, влияющим на возрастные особенности выполнения творческих заданий, может быть снижение у

старших школьников (для 7-х классов) мотивации деятельности согласно заданной инструкции (Николаева и др., 2017).

Разные формы взаимосвязи показателей креативности при выполнении заданий другого типа: НФ и СОП, указывают на возрастные изменения в стратегиях мышления (см. табл. 3.3 и рис. 3.2). У старших школьников усиливаются связи между оригинальностью решения этих задач и показателями гибкости и разработанности, а также названиями НФ, что может свидетельствовать о расширении диапазона поиска идей и большем использовании речевых функций в условиях тестирования креативности с разнообразными стимулами» (Разумникова и др., 2020).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об устойчивой, вне зависимости от возраста и вербальной или образной природы задания, положительной связи показателей беглости и оригинальности при тестировании креативности с ограничением времени и предъявлением повторяющихся стимулов. Возрастные различия представлены меньшей беглостью ответов в группе тринадцатилетних, чем одиннадцатилетних детей, что опосредованно может указывать на большую сформированность тормозных функций контроля решения задачи. Обнаруженные половые различия при тестировании вербальной креативности также можно рассматривать как доказательство развития тормозных функций в онтогенезе и их включенности в организацию гибкости мышления (Разумникова и др., 2020).

Особенности структуры образной креативности у школьников младшего и старшего возраста

Исследования возрастных особенностей проявления творчества детей указывают на их неравномерность с двумя пиками, обусловленных развитием интеллектуальных способностей: в младшем (около 10 лет) и юношеском возрасте (Богоявленская, 2002).

Эти возрастные периоды и были рассмотрены в нашем исследовании, направленном на проверку гипотезы, что высокая образная креативность в

младшем школьном возрасте в большей степени будет представлена показателями оригинальности, а в старшем - гибкости образного мышления. Для тестирования креативности использовали субтесты невербальной креативности «Круги» (ПФ) и «Незавершенные фигуры» (НФ) (см. Главу 2.1 и вышеприведенное описание методик, отличие состояло в том, что оба задания дети выполняли без ограничения времени).

В исследовании участвовало 142 школьника средней общеобразовательной школы, из них 37 девочек и 35 мальчиков младшего ($8,6 \pm 0,7$ лет) (ГрШм) и 28 девочек и 42 мальчика старшего ($14,5 \pm 0,6$ лет) школьного возраста (ГрШс).

Для оценки субъективного интереса и трудности выполнения заданий применяли условную шкалу: два отрезка линии на бланке, на которых школьники отмечали черточкой свое отношение к тестированию. В дальнейшем эти шкалы переводили в количественные показатели от 0 (минимум) до 1 (максимум).

Средние значения показателей креативности и субъективных оценок интереса и трудности для каждой из двух возрастных групп: младшего и старшего возраста приведены в табл. 3.4. На рис. 3.3 приведено распределение показателей креативности: для ГрШс, для ГрШм оно принципиально не отличается.

Согласно характеру распределения переменных можно заключить, что большинство детей выполняли оба задания с интересом и не испытывали при этом трудностей (см. рис. 3.3 В и Г, соответственно). Однако оригинальность рисунков была невелика, преобладали часто встречающиеся варианты, особенно при интерпретации повторяющихся кругов (Рис.3.3 А).

ГрШс отличалась от ГрШм большими значениями показателя оригинальности при выполнении ПФ и показателя трудности для субтеста НФ (см. табл. 3.4).

Показатели креативности и самооценок интереса и трудности в группах школьников младшего и старшего возраста и результаты их сравнения

Показатель	Младший возраст		Старший возраст		Mann-Whitney U Test	
	Среднее	SD	Среднее	SD	Z	p
	Субтест «Круги» (ПФ)					
Оригинальность	1,1*	1,0	1,6*	1,3	2,12	0,03
Гибкость	5,2	1,4	5,0	2,1	-1,35	0,18
Беглость	10,7*	4,1	11,7*	4,6	1,04	0,30
Интерес	0,8	0,2	0,8	0,2	1,63	0,10
Трудность	0,3	0,2	0,3*	0,2	0,29	0,77
	Субтест «Незавершенные фигуры» (НФ)					
Оригинальность	2,9*	1,5	2,8*	1,2	0,51	0,61
Гибкость	4,7	1,1	4,4	0,9	1,76	0,08
Беглость	9,0*	1,7	9,3*	0,9	0,53	0,59
Интерес	0,8	0,2	0,8	0,3	0,78	0,44
Трудность	0,3	0,2	0,4*	0,3	2,91	0,01

Примечание. * - достоверные различия переменных в каждой группе между двумя субтестами согласно критерию Вилкоксона

Независимо от возраста оригинальность рисунков выше при завершении фигур, а показатели беглости – в ситуации придумывания рисунков с использованием кругов ($0,0002 < p < 0,001$ согласно критерию Вилкоксона). Хотя различия в беглости могут определяться разным количеством предъявленных стимулов, однако, при их разнице в два раза (20 в субтесте «Круги» и 10 в субтесте «Незавершенные фигуры») показатели беглости не отличались столь существенно: 10,7 и 9,0, соответственно, в ГрШм и 11,7 и 9,3 в ГрШс (см. табл. 3.4).

Исходя из этого, можно заключить, что вне зависимости от возраста оригинальная интерпретация повторяющихся объектов вследствие давления

стереотипов оказывается менее вероятной, чем оригинальность идей при создании рисунков на основе завершения разнообразных фигур.

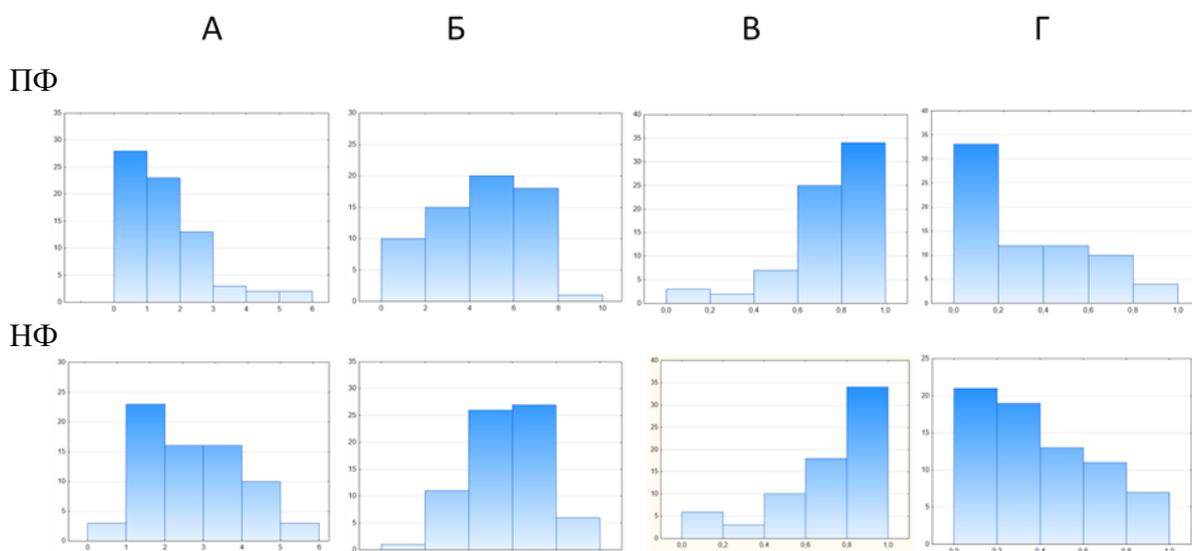


Рисунок 3.3 - Распределение показателей креативности и самооценки интереса и трудности выполнения заданий «Круги» (ПФ) и «Незавершенные фигуры» (НФ) в группе старших школьников. А-оригинальность, Б-гибкость, В-интерес, Г- трудность.

Однако субъективно в ГрШс выполнение субтеста «Незавершенные фигуры» вызвало более высокую оценку трудности по сравнению с субтестом «Круги» ($p < 0,01$). В связи с этим была проанализирована взаимосвязь самооценки интереса и трудности выполнения заданий как отражения мотивации к деятельности и показателей креативности.

Корреляционные плеяды переменных для двух субтестов и двух возрастных групп, полученные с использованием критерия Спирмена, показаны на рис. 3.4. Для ГрШМ обнаружена негативная связь показателей интереса и трудности при выполнении обоих субтестов ($R_s < -0,49$; $p < 0,001$) и положительные связи между всеми показателями деятельности при тестировании НФ ($0,30 < R_s < 0,46$; $0,0003 < p < 0,002$), за исключением трудности, значения которой негативно коррелировали с показателями беглости, гибкости ($R_s < -0,31$; $p < 0,02$) и оригинальности ($R_s < -0,25$; $p < 0,06$) (рис. 3.4). Для

субтеста ПФ отмечена положительная связь беглости и гибкости, а также показателей оригинальности, интереса и трудности в двух субтестах ($0,42 < R_s < 0,70$; $0,00001 < p < 0,001$).

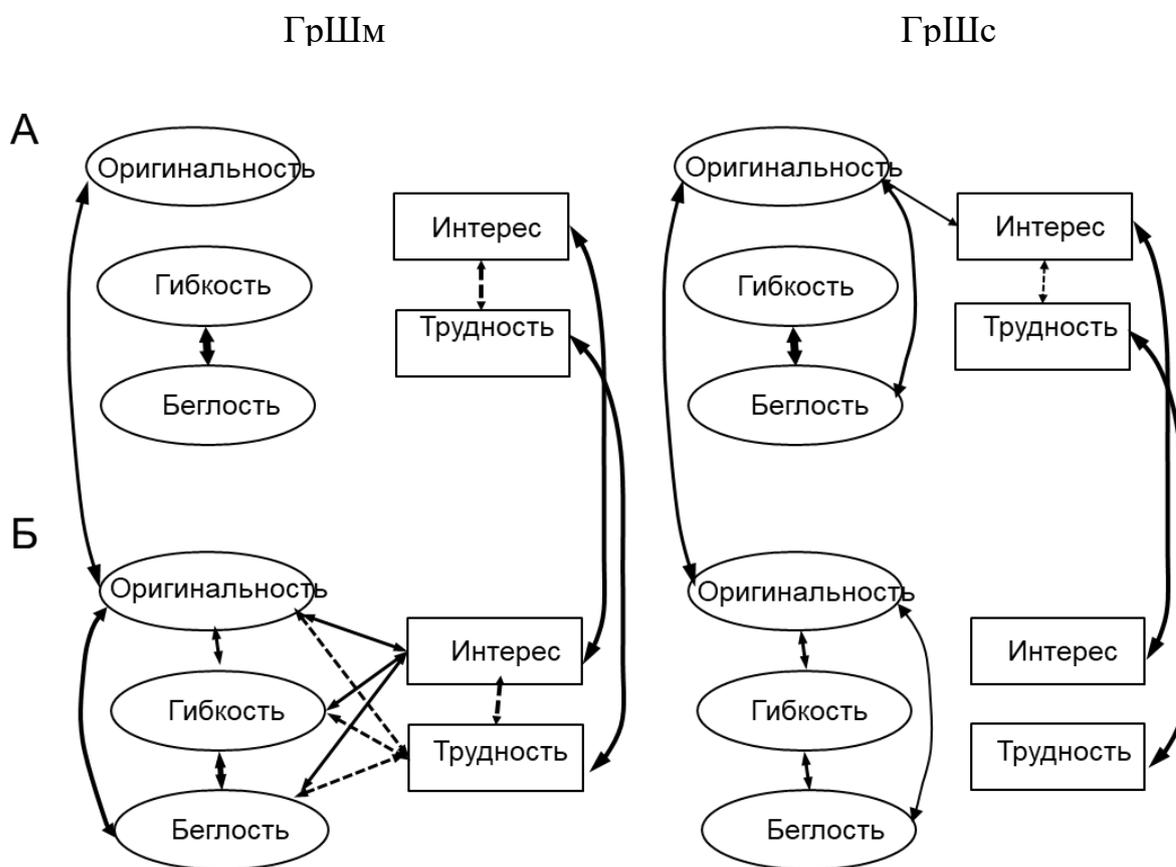


Рисунок 3.4 - Корреляционные плеяды показателей креативности, интереса и трудности выполнения заданий «Круги» (А) и «Незавершенные фигуры» (Б) в группах младших (ГрШм) и старших (ГрШс) школьников. Сплошные линии – положительные связи, пунктир – отрицательные; толщина линий соответствует повышению коэффициента корреляции ($0,7 > R_s > 0,19$; $0,000001 < p < 0,1$)

Для GrShC при выполнении субтеста ПФ выявлена положительная связь показателей оригинальности и беглости ($R_s=0,31$; $p < 0,01$), беглости и гибкости ($R_s=0,70$; $p < 0,00001$), которые сохранились и для НФ ($0,23 < R_s < 0,24$; $0,04 < p < 0,05$) вместе с положительной корреляцией оригинальности и гибкости ($R_s=0,23$; $p < 0,05$) (рис. 3.4). Этот эффект соответствует показанной во многих исследованиях положительной связи оригинальности, беглости и

гибкости ответов при тестировании креативности (Разумникова, 2006; Dumas, Dunbar, 2014; Ferrandiz et al., 2017; Kim et al., 2006).

Показатели оригинальности, интереса и трудности при выполнении двух субтестов также тесно связаны ($0,32 < R_s < 0,62$; $0,00001 < p < 0,007$). Однако в ГрШс только для субтеста ПФ отмечена тенденция положительной связи оригинальности и интереса ($R_s = 0,22$; $p < 0,07$) и негативной связи интереса и трудности ($R_s = -0,19$; $p < 0,10$), а с эффективностью выполнения субтеста НФ связь этих показателей не значима.

Можно заключить, что разные формы взаимосвязи показателей креативности и субъективной оценки отношения к тестированию указывают на возрастную реорганизацию стратегий образного творческого мышления. Для школьников ГрШМ при выполнении субтеста «Круги» характерна спонтанная генерация идей, которая при выполнении другого задания, изначально задающего разные направления поиска содержания рисунка, сменяется на более структурированную креативность, поддерживаемую интересом к деятельности, тогда как в старшем возрасте подобная связь присутствует при выполнении обоих заданий.

О возрастной дифференциации стратегий генерации идей свидетельствует и разная включенность субъективной оценки интереса к тестированию и его трудности. В ГрШМ эти показатели тесно связаны с эффективностью творческой деятельности при выполнении субтеста НФ но отсутствуют при генерации идей на круги-стимулы. В ГрШс, напротив, роль показателя интереса, как мотивации деятельности, ослабляется в ситуации завершения разнообразных фигур-стимулов при повышении самооценки трудности задания, что может указывать на появление критического выбора решения. Как подтверждение этой гипотезы можно рассматривать результаты исследования взаимосвязи креативности и интеллекта: отсутствующей у младших школьников и формирующийся в более старшем школьном возрасте (Nikolaeva et al., 2018).

Для проверки гипотезы о возрастных различиях в гибкости воображения за счет содержательной структуры придумываемых в ходе тестирования креативности образов на следующем этапе анализа данных было проведено сравнение рисунков с выделением наиболее часто встречающихся семантических категорий.

В таблице 3.5 представлена возрастные особенности частоты встречаемости разных семантических категорий для рисунков, созданных при тестировании образной креативности.

Таблица 3.5

Возрастные особенности распределения созданных при тестировании креативности рисунков по выделенным семантическим категориям

Категория	Круги		Z	p	Незавершенные фигуры		Z	p
	ГрШм	ГрШс			ГрШм	ГрШс		
Человек	1,16	2,00	-2,56	0,010	0,95	1,85	-4,37	0,000
Природа	2,81	2,11	2,17	0,030	3,61	3,90	-0,96	0,336
Фантастика	1,21	0,68	2,06	0,039	0,26	0,24	-0,16	0,876
Быт	0,82	0,80	0,44	0,657	1,21	0,97	0,84	0,399
Машины	1,14	1,07	0,94	0,349	0,49	0,18	2,33	0,020
Оружие	0,09	0,17	-0,66	0,508	0,25	0,47	-1,33	0,183
Учебный символ	0,42	0,45	0,45	0,656	1,14	0,99	0,94	0,347
Игрушки	1,02	0,41	2,56	0,011	0,23	0,21	0,00	0,998
Строения	0,09	0,06	0,43	0,67	0,26	0,11	1,16	0,248
Спорт (Узоры)	0,16	0,66	-2,71	0,007	0,61	0,38	2,06	0,040

Примечание. Категория «Спорт» для субтеста «Круги», «Узоры» - для субтеста «Незавершенные фигуры»; Z и p - согласно критерию Манна-Уитни.

Полученные результаты межгруппового сравнения указывают на статистически возрастные различия в частоте встречаемости рисунков, относящихся к категориям «Человек», «Природа», «Фантастика», «Игрушки»,

«Спорт», при выполнении задания «Круги», и к категориям «Человек», «Машины», «Узоры» - в субтесте «Незавершенные фигуры».

Эти возрастные различия в гибкости мышления иллюстрирует рис. 3.5, на котором видно, что при выполнении задания «Круги» школьники ГР_М сравнительно чаще изображают объекты категории «Природа», «Фантастика» и «Игрушки», что свидетельствует о склонности к беглому воспроизведению актуальных для младшего возраста объектов (мордочки разных животных, цветы, фрукты и т. д.) без критического выбора наиболее оригинальных

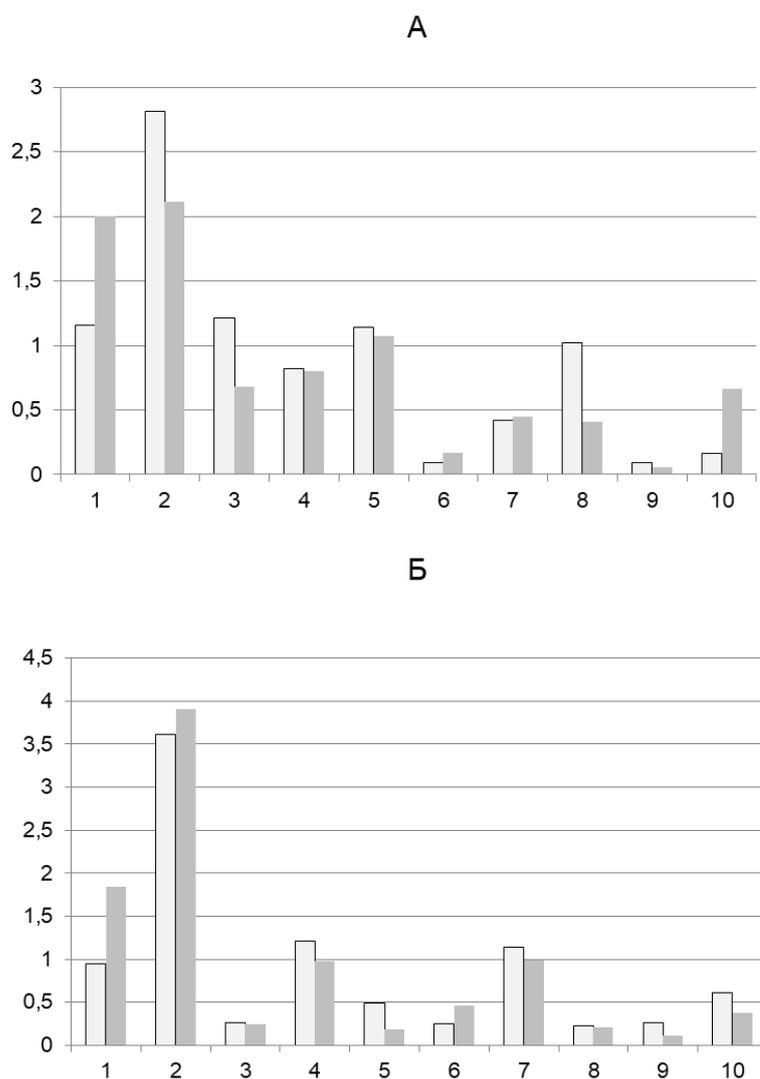


Рисунок 3.5 -Распределение образов, созданных при выполнении субтестов «Круги» (А) и «Незавершенные фигуры» (Б), по семантическим категориям: 1 - Человек, 2 – Природа, 3 - Фантастика, 4 - Быт, 5 - Машины, 6 - Оружие, 7- Учебный символ, 8-Игрушки, 9- Строения, 10 –Спорт для А и Узоры для Б. Светлые столбики – младшие школьники, темные – старшие.

образов. Более высокая оригинальность образной креативности у старших школьников связана с возможностью выбора решения вследствие выявленного расширения разнообразия всплывающих в памяти образов (см. рис. 3.5 А).

Таким образом, при выполнении задания с давлением стереотипных решений в младшем школьном возрасте оригинальность ответов не высока, по-видимому, вследствие недостаточного критического мышления и семантического разнообразия образов.

Результаты анализа выполнения субтеста «Незавершенные фигуры» показывают доминирование категории «Человек» в ГрШс, что свидетельствует о возрастном повышении значения социализации. С другой стороны, развитие тормозных процессов в школьном возрасте может быть основой использования разных стратегий творческой деятельности, причем индивидуальная вариабельность этих процессов может ослаблять проявление более общих возрастных эффектов в креативности.

Изучение нейроанатомических коррелятов возрастных изменений когнитивных функций указывает на неравномерность динамики как во временном аспекте, так как и в отношении индивидуальных траекторий развития толщины коры и площади ее поверхности, ассоциированных с уровнем интеллекта (Burgaleta et al., 2014; Estrada et al., 2019; Shaw et al., 2006). Все большее внимание в последнее время уделяется изучению функций фронто-париетальной системы мозга: и с позиций интегральной теории интеллекта (Jung, Haier, 2007), и для объяснения закономерностей творческого мышления (Beatty et al., 2016). Регуляторную роль в пластичной перестройке нейронных сетей этой системы выполняют лобные отделы коры, ответственные за исполнительный контроль и планирование поведения, формирование которых происходит на ранних стадиях онтогенеза (см., например, обзор Разумникова, Николаева, 2019). Подростковый возраст характеризуется парадоксальными изменениями во взаимодействии структур мозга, так как интенсивное развитие самосознания и интеллектуальных

способностей сопровождается снижением толщины коры (Burgaleta et al., 2014; Zhou et al., 2015). Отмеченное психофизиологическими методами развитие нейронных ансамблей фронто-париетальной системы в онтогенезе определяет актуальность продолжения исследований формирования индивидуальных стратегий мышления у детей младшего и старшего школьного возраста.

3.1.2 Соотношение креативности, интеллекта и успеваемости школьников

Следующий этап исследования был выяснению связей между академической успеваемостью школьников и стратегиями мышления: конвергентным или дивергентным способами решения поставленных для задач, которые психометрически оценивались показателями интеллекта и креативности. В исследовании участвовали 155 детей 11-13 лет (см. табл. 3.1).

Тестирование проходило в течение двух уроков: сначала дети выполняли задания для определения креативности: ПФ и НИОП, затем НФ и ОП (результаты анализа возрастных особенностей уровня и взаимосвязи показателей креативности представлены выше). После перемены детям раздавали альбомы с тестом Равена (описание методик дано в Главе 2.1).

Академическая успеваемость школьников была предоставлена учителями: средний балл в трех первых четвертях по русскому языку и литературе, математике и информатике, и биологии, и географии, а также общая успеваемость. Результаты описательной статистики для показателей креативности, интеллекта и успеваемости в трех классах приведены в табл. 3.6. При тестировании интеллекта суммарное число правильных ответов в общей группе составил 35.7 ± 8.2 при больших значениях показателей у девочек, чем мальчиков (37.3 ± 7.9 и 34.5 ± 8.2 при $p < 0.04$), что соответствует значениям, полученным для данной возрастной группы (Давыдов, Чмыхова, 2016).

Таблица 3.6

Показатели тестирования креативности, интеллекта и успеваемости в группах школьников 5-х, 6-х и 7-х классов

Класс	5			6			7		
Переменная	Mean± SD	Min	Max	Mean± SD	Min	Max	Mean± SD	Min	Max
Повторяющиеся фигуры (ПФ)									
Беглость	10.0±5.0*	3	20	12.1±4.5* #	2	20	8.6±4.3#	3	20
Гибкость	5.2±2.2	1	10	5.5±2.8	1	13	4.6±2.3	1	10
Оригинальность	0.7±0.7*	0	3	0.6±0.6	0	2.9	0.5*±0.5	0	2.9
Незавершенные фигуры (НФ)									
Беглость	9.8±1.3#	3	10	9.6±1.0*	3	10	8.9±1.4# *	5	10
Гибкость	5.8±1.3	3	9	5.7±1.6	2	9	5.5±1.5	3	10
Разработанность	0.5±0.6#	0	2	0.8±0.6#*	0	2	0.5±0.6*	0	2
Оригинальность	3.1±1.3	1.1	7	3.1±1.4	0.5	6.7	2.7±1.6	0.3	9.8
Необычное использование обычного предмета (ОИ)									
Беглость	6.5±2.8#	1	12	5.7±2.5	1	12	5.0±1.9#	1	9
Оригинальность	1.2±1.2#	0	5	0.6±0.6#	0	2.3	0.6±0.7#	0	3.4
Составление предложения (СП)									
Беглость	4.7±0.8*	2	5	5.8±2.7*	2	5	-		
Оригинальность	0.8±1.3	0	5	1.2±1.4	0	5	-		
Интеллект									
Серия А	10.7±1.3	6	12	11.1±1.4	5	12	11.1±1.6	1	12
Серия В	8.8±2.3#	2	12	9.4±2.3	1	12	9.8±1.5#	5	12
Серия С	6.2±2.5*#	0	10	7.4±2.9*	0	11	8.2±2.2#	0	12
Серия D	6.1±2.7	1	11	6.7±2.9	0	11	7.0±2.8	0	12
Серия E	2.4±2.2	0	8	2.3±2.1	0	8	2.6±2.3	0	10
Сумма баллов	33,0±8.8*#	8	49	36,7±8.6*	7	50	38,0±6.3#	23	51
IQ	95.6±13.5	59	123	95.7±13.3	54	127	93.6±9.4	74	118
Успеваемость									
Рус. яз и лит-ра	4.3±0.6*#	3.0	5	4.0±0.7*	3.0	5	4.0±0.6#	3.0	5
Матем и информ	4.2±0.5#	3.2	5	4.2±0.6	3.2	5	4.0±0.5#	3.0	5
Биол и география	4.2±0.6#	3.0	5	4.1±0.6*	3.0	5	3.8±0.6*#	3.0	5
Общая оценка	4.2±0.5#	3.1	5	4.1±0.6#	3.1	5	3.9±0.5#	3.0	5

Примечание. * - $p < 0.05$ и # - $p < 0.01$ между соответствующими переменными

Для выяснения возрастных особенностей соотношения разных показателей креативности и выяснения их вклада в организацию вербальной или образной креативности был выполнен факторный анализ данных (с вращением нормализованный варимакс). Показатели креативности

школьников 5 и 6 классов формировали по 4 фактора, представляющих около 65-70 % дисперсии переменных (табл. 3.7). Меньшее число факторов, выделенных для 7 класса, по-видимому, обусловлено отсутствием данных по ОП; эти три фактора, отражая связь оригинальности, беглости и гибкости для каждого из использованных тестов, представляли 65% дисперсии показателей креативности. Наиболее стабильный, независимый от возраста, состав переменных характерен для теста ОП: фактор Фоп, объединяющий показатели беглости и оригинальности идей интерпретации предложенного обычного объекта (газеты) (Разумникова, Каган, 2021). В отличие от этого, показатели выполнения другого вербального задания (СП) были независимы и формировали разные факторы: Φ^2_6 для 5 класса объединял показатели беглости не только при выполнении СП, но и НФ; в 6 классе показатели оригинальности в СПо и ПФо имели максимальную нагрузку в Φ^2_o , а показатели беглости при выполнении СП (СПб) совместно с оригинальностью рисунков при завершении фигур (НФо) представляли фактор $\Phi^4_{сп_нф}$.

Что касается возрастных особенностей, то исходя из полученных данных, можно заключить для 13-ти лет характерна наиболее тесная связь разных показателей креативности для каждого их трех использованных условий ее психометрической оценки, у 11-летних школьников такая связь сформирована только при выполнении заданий с повторяющимися стимулами, а 12-летняя группа отличается отсутствием связи беглости генерации идей и их оригинальности при тестировании образной креативности, а вербальной - в условиях СП. Можно предположить, что усиление связи разных показателей креативности у старших школьников обусловлено сформированным у них исполнительным контролем деятельности, который, как известно, повышается с возрастом (Andrews-Hanna et al., 2011; Luna, 2009; Luna et al., 2015).

Следует также отметить, что связь беглости и оригинальности наблюдается в тех условиях тестирования креативности, в которых стимулы повторяются: круги или один и тот же предмет, когда усиливается требование

Результаты факторного анализа показателей креативности детей 5,6 и 7 классов

Пок- ль	5 класс				6 класс				7 класс		
	$\Phi^1_{пф}$	$\Phi^2_{б}$	$\Phi^3_{оп}$	$\Phi^4_{о}$	$\Phi^1_{оп}$	$\Phi^2_{о}$	$\Phi^3_{нф}$	$\Phi^4_{сп_нф}$	$\Phi^1_{нф}$	$\Phi^2_{оп}$	$\Phi^3_{пф}$
Повторяющиеся фигуры (ПФ)											
ПФг	0,83	0,00	0,12	- 0,17	0,76	0,09	0,22	0,00	0,12	- 0,17	0,78
ПФб	0,78	0,12	0,30	0,03	0,73	- 0,01	- 0,45	-0,30	- 0,07	0,43	0,64
ПФо	0,63	0,07	0,04	0,24	0,31	0,76	- 0,31	-0,21	0,05	0,14	0,64
Незавершенные фигуры (НФ)											
НФг	- 0,30	0,42	0,15	0,53	0,25	- 0,07	0,89	-0,06	0,80	0,06	0,14
НФб	0,30	0,76	0,05	0,20	0,39	0,24	0,21	0,50	0,78	- 0,09	0,19
НФо	0,14	- 0,11	- 0,03	0,85	- 0,03	0,23	0,08	0,66	0,83	- 0,01	- 0,20
Необычное использование обычного предмета (ОП)											
ОПб	0,30	0,15	0,86	- 0,02	0,80	0,07	0,06	0,27	0,04	0,76	0,27
ОПо	0,07	0,04	0,92	0,04	0,69	0,30	0,25	0,27	- 0,05	0,87	- 0,10
Составление предложения (СП)											
СПб	0,13	0,75	0,09	0,00	0,14	- 0,25	- 0,24	0,71			
СПо	- 0,17	0,49	0,03	- 0,27	0,05	0,82	0,11	0,29			
Expl.Var	2,04	1,61	1,73	1,21	2,55	1,52	1,34	1,57	1,97	1,59	1,61
Prp.Totl	0,20	0,16	0,17	0,12	0,26	0,15	0,13	0,16	0,25	0,20	0,20

Примечание. Обозначение показателей креативности: б - беглость, г - гибкость, о - оригинальность. Жирным шрифтом выделены максимальные нагрузки в факторах (Ф).

к умению отказываться от воспроизведения стереотипных идей на основе критического мышления. В свою очередь, разнообразие стимулов (субтесты НФ и ОП) способствует вовлечению разных стратегий поиска решения: тормозные механизмы при этом определяют беглость генерации идей, а аналитические – выбор оригинального ответа (Benedek et al., 2012). Возможно, наблюдаемые возрастные изменения во взаимосвязи показателей креативности отражают перестройку функций исполнительного контроля процессов торможения, переключения и обновления информационных ресурсов (Benedek et al., 2014).

Показатели выполнения заданий по отдельным сериям теста флюидного интеллекта или успеваемости по разным предметам формировали единый для каждого состава переменных фактор вне зависимости от возраста участников исследования, что можно рассматривать как общее влияние скорости селекции информации и принятия решения.

Суммация эффектов повышения скорости мышления с возрастом (Luna et al., 2004) и связи между скоростью информационных процессов и интеллектом (Ратанова, 2011; Чуприкова, 1995; Pahud et al., 2018; Rammsayer, Brandler, 2007), по-видимому, отражается лучшим выполнением семиклассниками заданий в сериях В и С (см. табл. 3.6) с тенденцией к такому же эффекту в сериях D и E и, в целом, возрастному увеличению количества правильных ответов ($F_{2,151}=6.19$, $p=0.003$, $\eta^2=0.08$). Согласно post hoc анализу этого эффекта сумма правильных ответов в 6-ом и 7-ом классах было выше, чем в 5-ом (см. табл. 3.6 и рис. 3.6), при этом стандартизованные показатели IQ в группах не различались.

Разнонаправленные изменения показателей креативности и интеллекта с возрастом можно объяснить эффектом обучения, который приводит к росту результативности в рамках ранее освоенных способов деятельности, но ее снижению в новых условиях (Nussenbaum, Hartley, 2019). Несмотря на инструкцию: создавать оригинальные рисунки или необычно использовать предмет и формулировать предложение, большинство детей давало ответы на

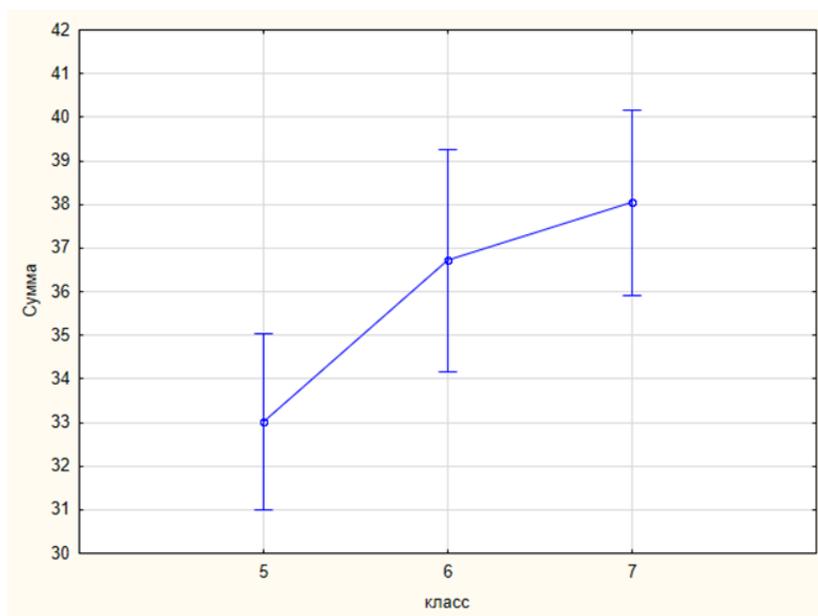


Рисунок 3.6 - Возрастные изменения количества правильных ответов при тестировании IQ

основе воспроизведения наиболее часто встречающихся образных или вербальных стандартов. При тестировании интеллекта требовалось применять стратегию конвергентного мышления: найти единственный правильный ответ, поэтому результативность росла вместе с приобретенным опытом обучения.

Что касается возрастных изменений успеваемости, то к 7-му классу в сравнении и с пятым, и с шестым классом снижается как общий балл, так и по отдельным предметам, особенно по биологии и географии (см. табл. 3.6). Учитывая обнаруженное с возрастом повышение показателей в тесте Равена, эффект снижения успеваемости, по-видимому, можно объяснить ослаблением интереса и мотивации к обучению (Николаева и др., 2017) или недостаточной учебной самостоятельностью, которая становится в этом возрасте основным фактором самообразования (Косарева, Быкова, 2010).

Для выяснения роли возраста, креативности и интеллекта в успеваемости школьников был использован метод пошаговой линейной регрессии. В качестве независимых переменных рассматривали ВОЗРАСТ, ПОЛ и показатели креативных и интеллектуальных способностей, которые последовательно добавляли в регрессию, а средний балл успеваемости или оценки по разным предметам - как зависимую переменную. Основные

характеристики сформированных регрессионных моделей успеваемости приведены в табл. 3.8.

Переменная ВОЗРАСТ присутствует в трех сформированных регрессионных моделях успеваемости и объясняет около 5% ее изменчивости, отрицательный знак β указывает на снижение успеваемости в 7 классе по сравнению с 5-ым. В двух моделях наряду с возрастом предикторами успеваемости являются показатели и конвергентного, и дивергентного мышления. В первой из них, IQ_с (способность анализировать закономерности изменений в предъявленных фигурах) совместно с показателем беглости ответов для необычного использования обычного предмета (ОПб) добавляют 2% в объяснение изменчивости общей успеваемости.

Таблица 3.8

Вклад переменных возраст, интеллект и креативность в успеваемость школьников

Переменная	F	p _F	R ²	η_{part}	β	p _{β}
Возраст	10.19	0.002	0.05	-0.23	-0.23	0.002
Возраст	3.16	0.027	0.07	-0.16	-0.17	0.049
IQ _с				0.17	0.18	0.040
ОПб				0.12	0.12	0.150
Возраст	6.53	0.0004	0.12	-0.20	-0.20	0.016
НФр				0.24	0.24	0.004
IQ _в				0.13	0.13	0.119

Примечание. IQ_в и IQ_с – число правильных ответов соответственно в сериях В и С, ОПб – беглость при выполнении теста «Необычное использование обычного предмета», НФр – показатель разработанности рисунков при выполнении теста «Незавершенные фигуры».

Согласно другой модели предикторами успеваемости наряду с возрастом являются показатель разработанности рисунков при выполнении

НФ и IQ_В (количество правильных ответов в серии В, предназначенной для поиска аналогий между парами фигур), которые объясняют около 12% дисперсии успеваемости.

Тенденция к положительной связи IQ и успеваемости отмечена только для общей группы школьников ($r=0,13$ при $p=0,11$, рис. 3.7).

Результаты выяснения значения возраста и когнитивных характеристик в успеваемости по отдельным предметам показаны в табл. 3.9.

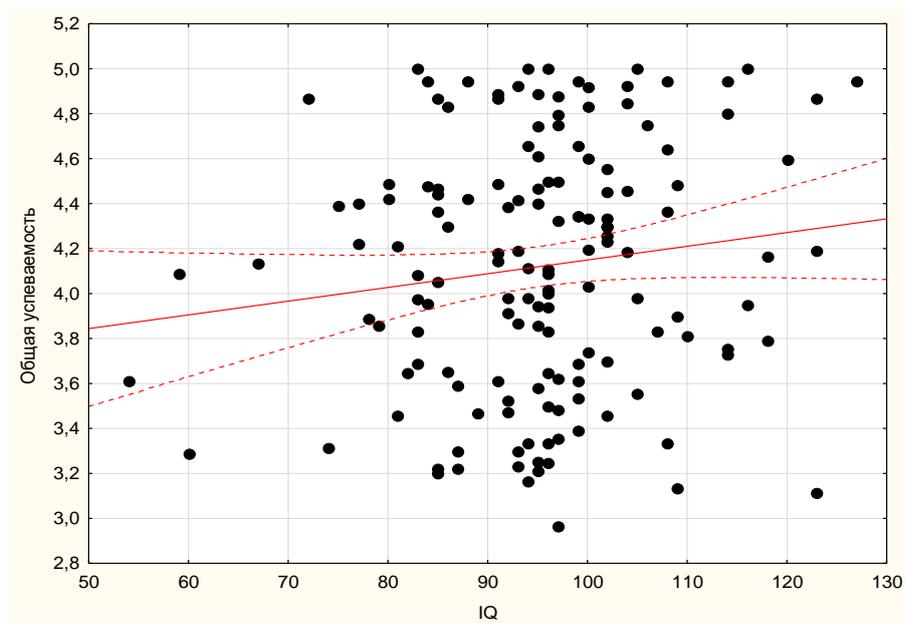


Рисунок 3.7- Взаимосвязь успеваемости и показателей IQ в общей группе школьников (Разумникова, Каган, 2021)

Оказалось, что первая модель, отмеченная в табл. 3.9, достигает статистической значимости, если рассматривать успеваемость по биологии и географии (для успеваемости по русскому языку и литературе $F=1.70$, $R^2=0.04$, $p=0.170$, математике и информатике - $F=2.55$, $R^2=0.05$, $p=0.058$), тогда как вторая модель пригодна для описания изменчивости успеваемости по всем рассмотренным предметам. Лучше всего ($R^2=0.13$, $p=0.0002$) эта модель описывает успеваемость по математике и информатике с доминирующим вкладом НФр. Сходная регрессионная модель получена для успеваемости по биологии и географии ($F=6.57$, $R^2=0.13$, $p=0.0003$), в ней показатель НФр ответственен за 6% дисперсии успеваемости. Этот показатель является основным предиктором и для успеваемости по русскому языку и литературе,

причем возраст в этой регрессионной модели становится менее значимым (см. табл. 3.9).

Таблица 3.9

Вклад переменных пол, возраст, интеллект и креативность в успеваемость по разным предметам

Предиктор	Биология география		Предиктор	Математика информатика		Предиктор	Рус. язык литература	
	F=4.20, R ² =0.09, p=0.007			F=7.00, R ² =0.13, p=0.0002			F=3.96, R ² =0.08, p=0.010	
	β	$p\beta$		β	$p\beta$		β	$p\beta$
Возраст	-0.22	0.02	Возраст	-0.19	0.02	Возраст	-0.12	0.14
IQс	0.20	0.02	IQв	0.14	0.08	IQв	0.13	0.14
ОПб	0.11	0.19	НФр	0.24	0.003	НФр	0.20	0.02

Можно сделать вывод о мультифакторных взаимосвязях успеваемости, креативности и интеллекта школьников, в которых наряду с возрастом и предметом, по которому оцениваются знания, могут быть и другие факторы, например, половые различия (Малых, Тихомирова, 2020; Zhang et al., 2018) или соотношение аналитического и эмоционального IQ (Deary, Johnson, 2010; Bergold, Steinmayr, 2018; Chamorro-Premuzic, Arceche, 2008),

3.1.3 Соотношение креативности, интеллекта и успеваемости студентов

Многообразие влияющих на эффективность образовательного процесса факторов и их комплексное взаимодействие требует развития новых методов анализа большого множества разнородных переменных. В последнее время для классификации переменных активно развиваются технологии машинного обучения с применением Naïve Bayes Algorithm (Ahmad et al., 2015; Sarao et

al., 2016; Sundar, 2013) или методы дискретной оптимизации, пригодные для решения оптимизационно - комбинаторных задач (Kelmanov, Ryatkin, 2018). Эффективность последнего подхода обосновывается получением теоретически наилучшего решения задачи кластеризации в соответствии с заданными критериями (см., например, Кельманов, Пяткин, 2013) и подтверждается экспериментально при сравнении с традиционными инструментами кластеризации: методов К-центров (MacQueen, 1967) или машинного обучения, в том числе с применением нейронных сетей (Кохонен, 2008) и SOINN (Furao, 2007).

В связи с этим для кластеризации разнородных переменных, потенциально связанных с академической успеваемостью, мы использовали разработанное программное обеспечение метода дискретной оптимизации, полагая, что таким образом удастся выделить группы информативных признаков, полезных для персонализированного подхода к образованию как способа формирования когнитивных резервов.

Разработанный алгоритм кластеризации с применением дискретной оптимизации выполняли для следующих переменных: пол, выбранная специальность обучения и показатели структуры интеллекта студентов университета. Были рассмотрены общий (генерализованный) (IQg) интеллект, эмоциональный (IQe), социальный (IQs) и «креативный» компонент интеллекта (IQcr). Мы предположили, что анализ соотношения этих переменных в кластерах, сформированных с применением метода дискретной оптимизации, позволит выявить причины их разной взаимосвязи с академической успеваемостью, как это было описано в литературном обзоре раздела 1.2.

В исследовании приняли участие 109 первокурсников: 55 студентов Факультета прикладной математики и информатики (ФПМИ), из них 25 девушек, и 52 студента Факультета гуманитарного образования (ФГО), из них 32 девушки. Учитывая представление о классификации профессий на основе предметов труда: человек-человек и человек-знак (Климов, 2010), мы

полагали, что большинство студентов выбирают специализацию обучения в соответствии с собственными способностями: при сравнительно лучшем развитии социальных компетенций - ФГО, а математических – ФПМИ. Учебная программа первого курса в значительной степени представлена общеобразовательными дисциплинами (иностранный язык, история и т.д.), поэтому показатели эффективности обучения (академической успеваемости) можно в первую очередь связать со структурой интеллекта, а не со сложностью усвоения специализированных дисциплин.

Для анализа были использованы усредненные по всем предметам оценки успеваемости за первый курс (в баллах: от 3-х до 5-ти) согласно базе данных деканатов ФПМИ и ФГО. Для определения IQg, IQe и IQs использовали стандартные методики: тесты Амтхауэра, Барчард и Гилфорда-Салливан (см. Глава 2.1). IQcg вычисляли как среднее значение нормализованных согласно среднему значению показателей оригинальности, полученных при выполнении каждого из четырех заданий для тестирования креативности: ассоциативного теста Медника и составления предложений из трех слов, относящихся к отдаленным семантическим категориям, и двух образных субтестов Торренса «Круги» и «Незавершенные фигуры» (подробнее описание методик дано в Главе 2.1). Базы данных для нормализации показателей оригинальности для всех четырех субтестов представлены ранее (Разумникова, 2002).

Психометрические показатели интеллектуальных способностей и креативности были собраны в ходе проведения практических занятий по психологии согласно учебному плану.

Для выполнения кластеризации переменных использовали формальную постановку в виде труднорешаемой задачи смешанного целочисленного программирования с использованием переменных: IQg, ПОЛ и ФАКУЛЬТЕТ. При классификации были заданы два кластера, согласно предположению, что основой разбиения на группы может быть либо меньшая или большая степень развития у студентов аналитических способностей, либо выбор разных

специальностей: математиков и психологов. Таким образом, конечный результат кластеризации должен был показать, степень значимости каждой из перечисленных переменных при оптимальном решении поставленной задачи.

После нормализации исходных данных была рассчитана матрица «расстояний» по евклидовой метрике между всеми переменными. При выполнении расчетов опробованы два критерия: минимаксный (для минимизации максимальной суммы расстояний из всех сумм расстояний внутри кластеров) и аддитивный (для минимизации общей суммы расстояний между всеми парами объектов по всем кластерам). Вычисления выполнялись на основе логических ограничений для реализации условий кластеризации с булевыми переменными задачи, означающими включение, либо не включение объекта и любой пары объектов в тот или иной кластер. Для поиска оптимальной кластеризации была использована программная реализация алгоритма бинарных отсечений и ветвлений (Mezentsev, 2016, 2017). Снижение трудоемкости оптимизационных расчётов при сохранении точности решения достигалось применением метода непрерывной релаксации большей части булевых переменных (Mezentsev, Estraykh, 2018; Мезенцев и др., 2019).

Вычисления по формированию кластеров с применением дискретной оптимизации были выполнены с использованием пакетов Statistica 12 Advanced, и IBM CPLEX optimization studio 12.9. Алгоритм бинарных отсечений и ветвлений программно реализован в среде MS Visual studio 2015 на языке фортран релиза PGI Visual Fortran 18.5. Процесс отладки программ и корректность оптимизационных расчетов контролировалась посредством проверок результатов в оптимизаторе CPLEX.

В результате применения этого метода кластеризации с использованием аддитивного или минимаксного критерия выделены 2 группы студентов, для сравнительного анализа эффективности применения разных критериев выполнен анализ переменных, включенных в разбиение.

Однофакторный ANOVA для IQg выявил значимые различия между двумя кластерами, выделенными с использованием как аддитивного ($F_{1,91}=4,37$; $p<0,04$; $\eta^2=0,04$), так и минимаксного ($F_{1,91}=12,36$; $p<0,0007$; $\eta^2=0,12$) критериев с большими значениями IQg в Кл2а, чем в Кл1а и Кл2м, чем в Кл1м, соответственно (табл. 3.10).

Для выяснения значения факторов ПОЛ и ФАКУЛЬТЕТ в сформированных кластерах использовали критерий Манна-Уитни. Оказалось, что в кластерах, полученных на основе аддитивного критерия, обнаружена тенденция к различиям по фактору ПОЛ ($Z=1,87$; $p<0,06$) и отсутствие значимых различий для фактора ФАКУЛЬТЕТ ($Z=1,29$; $p<0,20$). Таким образом, преимущественным критерием классификации групп при использовании аддитивного критерия следует считать IQg.

Таблица 3.10

Количество испытуемых и показатели IQg в кластерах, сформированных с применением аддитивного или минимаксного критериев

	Аддитивный критерий		Минимаксный критерий	
	Кластер 1 (Кл1а)	Кластер 2 (Кл2а)	Кластер 1 (Кл1м)	Кластер 2 (Кл2м)
n	61	48	58	51
IQg	110,5±13,7	116,0±11,3	108,7±13,5	117,6± 10,6

При использовании минимаксного критерия два выделенных кластера были дифференцированы не только по IQg, но и в зависимости от пола и выбранной профессии согласно полученным эффектам для факторов ПОЛ ($Z=3,09$; $p<0,002$) и ФАКУЛЬТЕТ ($Z=3,31$; $p<0,001$), которые были обусловлены большим количеством женщин и представителей ФГО в первом кластере, чем во втором (58 и 51 и 48 и 45, соответственно).

При сравнении показателей успеваемости, интеллекта и креативности между выделенными кластерами достоверные различия обнаружены только по IQcr: значения этого показателя в первом кластере были ниже, чем во втором: 89,3 и 114,0 ($F_{1,107}=189,23$; $p<0,00001$; $\eta^2=0,64$) при сравнении Кл1а и Кл2а; при использовании минимаксного критерия, соответственно, 90,5 и 111,2 ($F_{1,107}=87,56$; $p<0,00001$; $\eta^2=0,45$).

Согласно цели исследования анализ связи академической успеваемости и психометрических показателей: IQs, IQe, IQcr проводили отдельно для каждого из сформированных кластеров, полагая, что максимальная внутри каждого из них схожесть студентов позволит выявить причины имеющихся в литературе противоречий во взаимосвязи интеллектуальных способностей и академической успеваемости.

Результаты факторного анализа данных с использованием вращения нормализованный варимакс представлены в Таблице 3.11. Вне зависимости от

Таблица 3.11

Результаты факторного анализа успеваемости и компонентов интеллекта и креативности в кластерах, сформированных с применением аддитивного или минимаксного критерия

Показатель	Аддитивный критерий				Минимаксный критерий			
	Кластер 1 (Кл1а)		Кластер 2 (Кл2а)		Кластер 1 (Кл1м)		Кластер 2 (Кл2м)	
	Ф 1	Ф 2	Ф 1	Ф 2	Ф 1	Ф 2	Ф 1	Ф 2
Успев-ть	0,796	0,155	0,488	0,764	0,646	0,013	0,600	-0,561
IQe	-0,024	0,723	0,822	0,105	0,484	0,615	0,778	0,366
IQs	0,011	0,709	0,590	-0,116	-0,266	0,831	0,622	-0,137
IQcr	0,785	-0,172	0,394	-0,818	0,787	-0,101	0,057	0,900
Expl.Var.	1,250	1,079	1,418	1,278	1,343	1,080	1,356	1,277
Prp.Totl	0,312	0,270	0,354	0,319	0,336	0,270	0,339	0,319

Примечание. IQe, IQs и IQcr, соответственно, показатели эмоционального, социального и креативного компонентов структуры интеллекта; жирным шрифтом выделены максимальные нагрузки в факторах

использованных критериев разбиения на кластеры, в них были сформированы по два фактора, описывающие около 58-67% дисперсии переменных, однако с их разной структурой. Фактор 1 как для Кл1а, так и Кл1м характеризовался максимальной нагрузкой для показателей «успеваемость» и IQcr, а фактор 2 - IQe и IQs. В кластерах Кл2а и Кл2м фактор 1 также представлен переменными IQe и IQs, а фактор 2 – переменными «успеваемость» и IQcr, однако с противоположными знаками. Следовательно, успеваемость студентов оказывается по-разному связана с IQcr: в группе с низкими показателями IQg «креативный» компонент мышления способствует успеваемости, а в группе с более высоким IQg - эта связь негативная. Проверка различий между этими двумя коэффициентами корреляции выявила значимость эффекта ($p=0.043$).

Для выяснения вклада разных компонентов интеллекта и креативности в успеваемость студентов как независимой переменной был выполнен регрессионный пошаговый анализ. Основные параметры полученных регрессионных моделей с использованием каждого компонента IQ как зависимой переменной и с их объединением приведены в Таблице 3.12.

Для Кл1а и Кл1м значимых регрессионных моделей подобрать не удалось (лучшая, но не достигшая статистической значимости модель включала IQcr ($F_{1,51}=1,76$; $R^2=3\%$; $p<0,19$). Для Кластера 2 лучшие предсказательные возможности выявлены при использовании аддитивного критерия: модель, включающая IQcr, IQe и IQs, позволяет описать около 26% вариабельности успеваемости для Кл2а. IQcr и IQe являются значимыми предикторами: успеваемость повышается при больших значениях IQe, но меньших – IQcr; IQe объясняет около 11% дисперсии успеваемости, IQcr – 7% (см. табл. 3.12).

Для Кл2м получены сходные регрессионные модели успеваемости (табл. 3.12), но только на уровне тенденции ($0,06 < p < 0,08$).

Следовательно, несмотря на отсутствие значимых различий по успеваемости в двух группах студентов, выделенных на основе кластеризации по параметрам IQg, ПОЛ и ФАКУЛЬТЕТ, эти группы оказываются

Основные параметры регрессионных моделей успеваемости в кластерах, сформированных с применением аддитивного или минимаксного критерия

Показатель	Аддитивный критерий				Минимаксный критерий			
	β	Semipart Cor.	t	p	β	Semipart Cor.	t	p
	Кластер 1							
	F _{1,55} =1,44; R ² =3%; p<0,23				F _{1,51} =1,76; R ² =3%; p<0,19			
	Кластер 2							
IQcr	F _{1,38} =3,08; R ² =7%; p<0,09				F _{1,42} =2,28; R ² =5%; p<0,14			
	-0,27	-0,27	-1,75	0,09	-0,23	-0,23	-1,51	0,14
IQe	F _{1,35} =4,38; R ² =11%; p<0,04				F _{1,40} =2,21; R ² =5%; p<0,15			
	0,333	0,333	2,09	0,04	0,229	0,229	1,49	0,15
	F _{2,34} =5,51; R ² =24%; p<0,008				F _{2,39} =3,11; R ² =14%; p<0,06			
IQcr	-0,37	-0,37	-2,45	0,02	-0,30	-0,29	-1,96	0,06
IQe	0,41	0,340	2,67	0,01	0,29	0,28	1,89	0,07
	F _{3,29} =3,40; R ² =26%; p<0,03				F _{3,34} =2,42; R ² =18%; p<0,08			
IQcr	-0,37	-0,36	-2,24	0,03	-0,33	-0,33	-2,12	0,04
IQe	0,417	0,40	2,53	0,02	0,27	0,11	1,64	0,11
IQs	0,095	0,09	0,58	0,56	0,11	0,12	0,71	0,48

Примечание. Обозначения как в табл. 3.11.

принципиально различными по взаимосвязи успеваемости и психометрических показателей эффективности разных стратегий мышления: IQe, IQs и IQcr, причем с IQcr - противоположным образом.

Более информативным для выяснения закономерностей взаимосвязи академической успеваемости и компонентов интеллекта оказывается метод кластеризации на основе дискретной оптимизации с аддитивным критерием. Этот подход позволил выделить группы студентов, отличающихся

соотношением успеваемости и структуры интеллектуальных и креативных способностей. В кластере, характеризующемся более высоким IQg (Кл2а), лучшей успеваемости соответствуют низкие значения IQcr и высокие IQe, тогда как в другом кластере (Кл1а) при сравнительно низком IQg значимой связи успеваемости и компонентов интеллекта не обнаружено.

Полученные результаты с использованием разработанного метода кластеризации кажутся нам полезными для объяснения ряда противоречий, касающихся связи интеллекта и креативности или успеваемости и IQe. Противоположный знак нагрузки «успеваемость» и IQcr в Факторе 2 для Кл2а и Кл2м (табл. 3.11) может отражать стандартное усвоение устоявшихся сведений, противоречащее стремлению к оригинальности, что проявляется в склонности к стереотипному выполнению заданий при тестировании креативности. Хотя инвертированная J-образная связь интеллекта и креативности известна, условия ее проявления еще обсуждаются (Jauk et al., 2013; Guignard et al., 2016; Maciej et al., 2016; Mourgues et al., 2015; Preckel et al., 2006). Наши данные показывают, что эти когнитивные показатели находятся в сложно опосредованной взаимосвязи, в которую включена и академическая успеваемость. Обнаруженная в Кластере 2 негативная форма взаимосвязи IQcr с другими компонентами интеллекта (см. таблицу 3.12) соответствует результатам анализа IQ и показателя оригинальности с использованием сегментированной регрессии, согласно которым при низких значениях интеллекта эта связь положительная, а после порогового уровня в 120, наоборот - негативная (Shi et al, 2017).

Для измерения IQe нами использована личностная модель эмоционального интеллекта (Князев и др., 2012), т.е. отражение субъективной оценки собственных эмоциональных реакций в разных ситуациях. Согласно полученной нами регрессионной модели IQe способствует лучшей успеваемости только совместно с достаточно высоким IQg, а факторная структура компонентов интеллекта в Кластере Кл2а указывает, что IQe формирует единый конструкт с нормами социального взаимодействия (IQs),

причем и IQcr, и «успеваемость» также входят в этот фактор, хотя и с небольшой нагрузкой. Следовательно, это студенты с достаточно развитыми аналитическими способностями, позволяющими не только успешно усваивать учебный материал, но и создавать потенциал для использования стратегии когнитивной «переоценки» эмоционально негативной ситуации.

Успеваемость студентов Кластера 1 (при сравнительно низком IQg) менее предсказуема, а лучшей успеваемости соответствует, напротив, тенденция к повышению IQcr. Поэтому для выявления факторов, способствующих эффективности их обучения, требуются дополнительные психолого-педагогические усилия.

Таким образом, с применением метода кластеризации на основе дискретной оптимизации нам удалось выделить разные формы соотношения креативности и эмоционального интеллекта с академической успеваемостью студентов-первокурсников. Использование при вычислениях аддитивного критерия позволило сформировать группы, принципиально различающиеся вкладом креативности в академическую успеваемость; факторы пол или профессиональная специализация студентов имели в этом случае меньшее значение. При высоких значениях общего интеллекта в группе, лучшая успеваемость была негативно связана с креативностью и положительно с эмоциональным интеллектом, а при сравнительно низких значениях - связь с креативностью была, напротив - положительная. Использование минимаксного критерия при кластеризации приводит к формированию двух групп, различающихся одновременно по общему интеллекту, полу и выбранной специальности, однако регрессионная модель успеваемости в этом случае не достигает необходимого уровня значимости.

Обнаруженный эффект инверсии вклада креативности в успешность обучения может объяснять причину разных точек зрения на опосредованную взаимосвязь интеллекта и креативности и указывает на необходимость применения соответствующих психологических приемов педагогической деятельности для активации когнитивных резервов студентов в зависимости

от структуры и уровня развития их интеллектуальных и креативных способностей.

3.1.4 Временная динамика изменений структуры интеллекта, связанная с выбором профессии

В связи с перечисленными противоречиями в динамике эффекта Флинна, описанными в Главе 1.1, целью данной части нашего комплексного исследования стал анализ временной динамики показателей вербального, арифметического и зрительно-пространственного компонентов интеллекта у студентов, выбравших для обучения инженерные, математические или гуманитарные специальности (Разумникова, 2022).

«В тестировании структуры интеллекта с использованием методики Амтхауэра (описание методики дано в Приложении А) участвовали в общей сложности 3590 студентов первого курса ($17,6 \pm 1,0$ лет) разных факультетов Новосибирского государственного технического университета. Так как количественный состав представителей десяти факультетов был по разным годам представлен неравномерно, данные для статистического анализа были сгруппированы по двум временным периодам: 1991–2001 гг. (П1) и 2002–2012 гг. (П2) и трем специальностям: инженеры (ГрИ), математики (ГрМ) и гуманитарии (ГрГ). Количественный состав этих групп и соотношение в них мужчин и женщин показаны в табл. 3.13» (Разумникова, 2022).

«Для статистического анализа использовали средние значения для четырех вербальных субтестов (IQ_v), двух арифметических (IQ_a), двух зрительно-пространственных (IQ_f) и показателя памяти (IQ_m). Дисперсионный анализ этих компонентов IQ как зависимой переменной (четыре уровня) выполняли с использованием независимых переменных: факторов «пол» (2), «временной период» (2: П1, П2) и «специальность» (3: ГрИ, ГрМ, ГрГ). Post hoc анализ обнаруженных значимых эффектов

проводили с использованием поправки Бонферрони на множественные сравнения» (Разумникова, 2022).

Таблица 3.13

Количественный состав мужчин и женщин в анализируемых когортах студентов университета разных специальностей

Специальность	N	
	мужчины	женщины
Инженеры (ГрИ)	1383	497
Математики (ГрМ)	647	330
Гуманитарии (ГрГ)	198	535

«В результате выполненного дисперсионного анализа данных IQ были обнаружены значимые влияния факторов «пол» и «специальность» на общий показатель IQ, а также на отдельные его компоненты (табл. 3.14).

Таблица 3.14

Результаты MANOVA для общего IQ, связанные с влиянием факторов «пол» или «специальность», и компонентов IQ

Фактор	F	df	p	η
Пол	5,82	1,3578	0.016	0.002
Специальность	181,93	2,3578	0,0000	0.09
Компоненты IQ	596,12	3,10734	0,0000	0.14

Post hoc анализ влияния фактора «пол» показал, что общие значения IQ, хотя и очень незначительно, но у мужчин выше, чем у женщин (110.9 ± 0.17 и 110.3 ± 0.17 , соответственно).

Согласно анализу эффекта фактора «специальность» наиболее высокий уровень IQ отмечен у математиков, промежуточный – у инженеров и

сравнительно низкий – у гуманитариев (соответственно, 113.9 ± 0.22 , 109.8 ± 0.16 и 108.0 ± 0.24).

Четыре компонента IQ различались вне зависимости от других факторов: $IQ_m > IQ_f > IQ_a > IQ_v$ (115.7 ± 0.18 , 110.0 ± 0.16 , 108.7 ± 0.21 , 107.9 ± 0.13 , соответственно). Значимого влияния фактора «временной период» на общий IQ не обнаружено: 110.5 ± 0.15 и 110.7 ± 0.18 , соответственно, в П1 и П2 ($p = 0,32$)» (Разумникова, 2022).

«Результаты MANOVA, свидетельствующие о разных формах взаимодействия факторов «пол», «специальность» и «временной период» при анализе компонентов IQ, приведены в табл.3.15.

Таблица 3.15

Результаты MANOVA, указывающие на достоверное взаимодействие факторов «пол», «временной период» и «специальность» для переменных IQ

Взаимодействие факторов	F	df	p	η
Временной период x специальность	19,48	2,3578	0,0000	0,011
Временной период x компоненты IQ	13,01	3,10734	0,0000	0,004
Специальность x компоненты IQ	33,41	6,10734	0,0000	0,018
Временной период x специальность x компоненты IQ	7,22	6,10953	0,0000	0,004
Пол x компоненты IQ	86,33	3,10734	0,0000	0,024
Пол x временной период x компоненты IQ	4,03	3,10734	0,007	0,001
Пол x специальность x компоненты IQ	4,21	6,10953	0,0003	0,002

Post hoc анализ обнаруженного взаимодействия факторов «специальность» и «временной период» выявил более высокие значения общего показателя IQ во втором десятилетии, чем в первом, у математиков

(ГрМ); обратное соотношение – у гуманитариев (ГрГ) ($p < 0.00004$) и отсутствие разницы между этими значениями – у инженеров (ГрИ) (рис. 3.8). Временная динамика компонентов IQ (влияние взаимодействия временного периода и компонентов IQ, см. табл. 3.15) представлена повышением IQa (108.0 ± 0.3 и 109.4 ± 0.3 , $p = 0.00004$), но снижением IQm (116.3 ± 0.3 и 115.1 ± 0.3 , $p = 0.00008$) во втором десятилетии по сравнению с первым, разница показателей IQv или IQf между исследуемыми десятилетиями не достигла значимого уровня» (Разумникова, 2022).

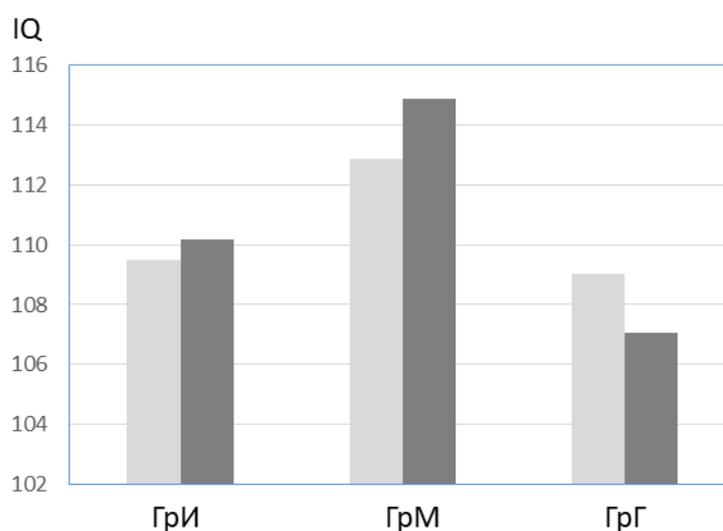


Рисунок 3.8 - Временная динамика общего показателя IQ в зависимости от специальности

Светлые столбики – 1991–2001 гг., темные – 2002–2012 гг.; ГрИ-инженеры, ГрМ-математики, ГрГ - гуманитарии

«Анализ взаимодействия фактора «специальность» и компонентов IQ выявил доминирование ГрМ по всем четырем компонентам; ГрГ характеризовалась лучшими показателями IQm по сравнению с ГрИ, но более низкими значениями IQv, IQa и IQf по сравнению и с ГрМ, и с ГрИ. Межгрупповые различия разных компонентов IQ с учетом взаимодействия факторов «временной период» и «специальность» показаны в табл. 3.13 (обнаруженные более высокие значения компонентов IQ в ГрМ по сравнению

с другими группами вне зависимости от исследуемого периода в таблице не отмечены)» (Разумникова, 2022).

«Согласно результатам плановых сравнений данных в периоды П2 и П1 IQv растет в ГрИ и ГрМ, но снижается в ГрГ; IQa повышается в ГрИ и ГрМ, а IQf – только в ГрМ. Показатели IQm увеличиваются со временем в ГрМ, но уменьшаются в ГрИ и ГрГ. ГрМ характеризуется достоверно более высокими показателями компонентов IQ по сравнению с другими группами и в П1, и в П2, за исключением IQm, не отличающегося значимо в П1 между ГрМ и ГрГ (см. табл. 3.16).

Таблица 3.16

Изменения компонентов IQ в зависимости от специальности и периода тестирования

IQ	Инженеры		Математики		Гуманитарии	
	1991-2001	2002-2012	1991-2001	2002-2012	1991-2001	2002-2012
n	1287	593	715	262	311	422
IQv	106.4±0.2	107.9±0.3*#	109.8±0.2	111.2±0.4*	106.9±0.4	105.3±0.3*#
IQa	106.7±0.3#	109.9±0.4*#	112.5±0.4	114.7±0.7*	104.8±0.6#	103.7±0.6#
IQf	109.7±0.3#	109.1±0.3#	112.8±0.3	115.1±0.5*	107.1±0.5#	106.1±0.4#
IQm	115.2±0.3#&	113.9±0.4*&	116.4±0.3&	118.5±0.6*&^	117.2±0.6#	113.1±0.5*^

Примечание. Разными значками отмечены временные или межгрупповые различия компонентов IQ: * - временные различия при $0.0001 < p < 0.05$; # – различия между ГрИ и ГрГ, & – между ГрИ и ГрМ, ^ – между ГрМ и ГрГ, $0.00001 < p < 0.008$

Следовательно, при отсутствии эффекта Флинна для общего IQ, временная динамика интеллектуальных способностей по-разному выражена в зависимости от выбранной для обучения специальности и по-разному представлена в зависимости от типов использованных зданий. Повышение IQ, т.е. эффект Флинна, наблюдается для студентов-математиков, а его инверсия – для студентов-гуманитариев; также эффект Флинна обнаружен при

тестировании арифметических способностей, а его инверсия – при тестировании памяти» (Разумникова, 2022).

«Анализ эффекта взаимодействия факторов «пол» и «компоненты IQ» (см. табл. 3.15) выявил более высокие значения IQ_v, IQ_a и IQ_f у мужчин, чем у женщин (соответственно, 108.3 ± 0.2 , 110.3 ± 0.3 и 110.8 ± 0.2 и 107.1 ± 0.3 , 107.1 ± 0.3 и 109.1 ± 0.2 , соответственно, $0.00001 < p < 0.01$), а IQ_m – у женщин, чем у мужчин (117.2 ± 0.3 и 114.2 ± 0.3 , $p < 0.00001$). Взаимодействие трех факторов «пол», «временной период» и «компоненты IQ» было обусловлено тем, что в П2 относительно П1 у мужчин повысился IQ_a, а IQ_m, наоборот, снизился; у женщин достоверных различий компонентов IQ в исследуемые временные периоды не обнаружено (рис. 3.9).

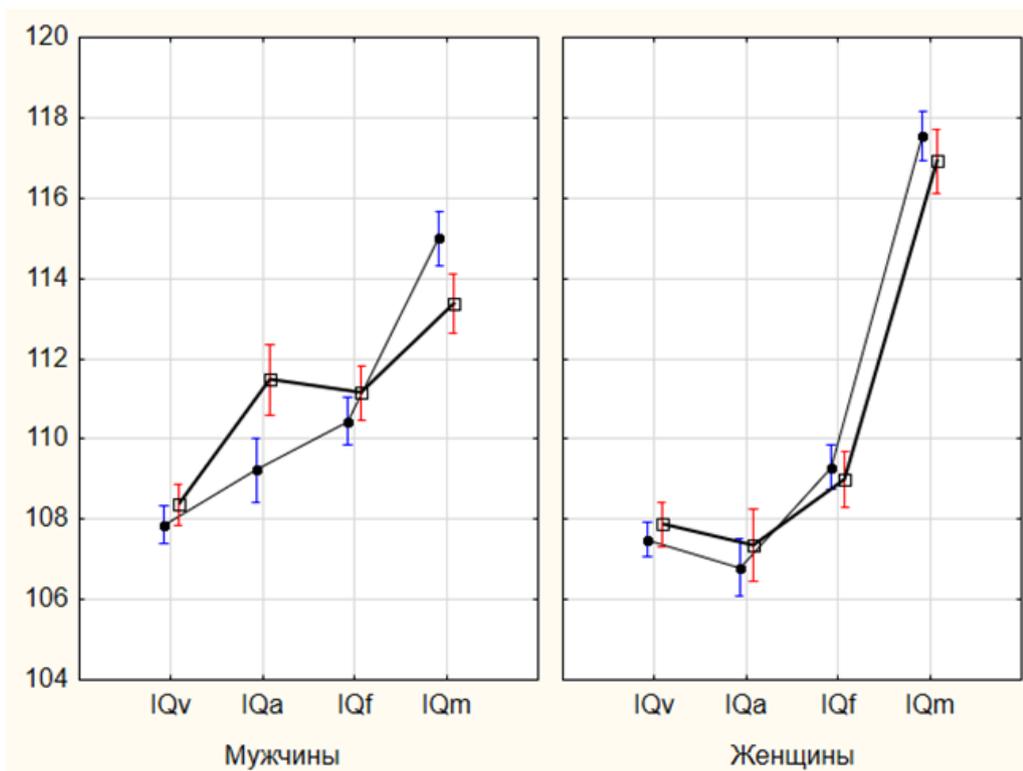


Рисунок 3.9 - Особенности изменений компонентов IQ у мужчин и женщин в 1991–2001 гг. (точки) и в 2002–2012 гг. (квадраты)

Рис. 3.10 иллюстрирует результаты анализа взаимодействия факторов «пол», «специальность» и «компоненты IQ». Половые различия по-разному выражены в зависимости от выбранной студентами специальности: в ГрИ значения IQ_v и IQ_f выше у мужчин, чем у женщин, в ГрМ такой эффект характерен только для IQ_f, а в ГрГ IQ_m выше у женщин по сравнению с

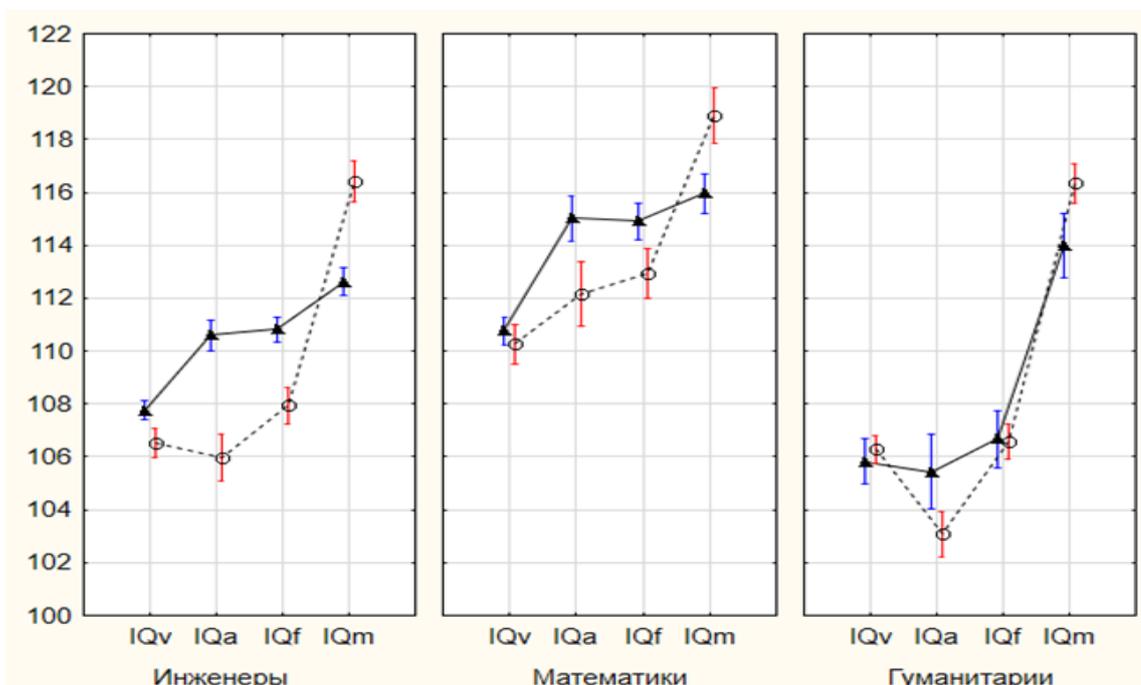


Рисунок 3.10 - Половые различия в структуре интеллекта в зависимости от выбранной для обучения специальности (пунктир – женщины, сплошная линия – мужчины)

мужчинами. Следует также отметить, что вне зависимости от специальности показатели IQm выше у женщин, а IQa - у мужчин.

Таким образом, можно заключить, что интеллектуальные способности в двух когортах молодых людей (одни были протестированы в период с 2002–2012 гг., другие – с 1991 по 2001 г.г.) зависима не только от фактора «пол» и выбранной для обучения в университете специальности, но и от способа тестирования IQ» (Разумникова, 2022).

«При отсутствии эффекта роста общего IQ с 1991–2001 гг. к 2002–2012 гг. временная динамика интеллектуальных способностей оказывается зависимой от того, 1) какие субтесты используются для их определения, 2) какова специфика профиля интеллектуальных способностей, связанная с предпочитаемой деятельностью, или 3) какого пола испытуемые» (Разумникова, 2022).

«Сравнимые периоды П1 и П2 характеризуются существенными социальными, культурными, политическими и экономическими изменениями в российском обществе, начавшимися в 1985 г. Трансформация системы

образования представлена введением Единого государственного экзамена (ЕГЭ), результаты которого с 2007 г. стали использоваться для аттестации среднего школьного образования и последующего конкурсного поступления в высшие учебные заведения. Поступление в высшие учебные заведения в П1 (дети, родившиеся с 1974 по 1984 гг.) определялась эффективностью системного приобретения знаний по единой устойчивой программе обучения в школе. П2 (родившиеся с 1985 по 1996 гг.) отличался педагогическим разнообразием в использовании школьных программ, однако при едином регламенте тестирования ответов с применением ЕГЭ, в том числе при поступлении в НГТУ. Хотя уровень образования в России в периоды П1 и П2 составлял 9.6 и 11.5 лет, соответственно, а средний показатель развития человеческого потенциала оценивался как 0.71 и 0.76 (сайт UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME <http://hdr.undp.org>), эти ожидаемо позитивные для повышения IQ показатели оказываются недостаточными для формирования эффекта Флинна, вероятно, вследствие их компенсации другими негативными социальными и психологическими процессами. Например, одним из таких психологических факторов при тестировании с ограничением времени в ходе обучения сдачи ЕГЭ может быть выработка навыка решения заданий, основанного на угадывании, а не размышления над возможными альтернативами, что будет приводить к увеличению числа неверных ответов при решении новых заданий, предлагаемых при тестировании структуры IQ» (Разумникова, 2022).

«В пользу такого предположения свидетельствуют данные о том, что привычка участия в тестировании знаний с легко усваиваемой стратегией быстрых угадываний одного из вариантов ответов повышает случайный выбор правильных ответов (Woodley et al., 2014) или данные о влиянии сложности задания на вклад в уровень IQ таких переменных, как скорость поиска нужной информации в долговременной памяти и принятия решения (Jensen, 1993).

Небольшие (менее, чем в один балл), но значимые половые различия в показателях IQ, по-видимому, можно объяснить большей представленностью

в выборке студентов инженерных специальностей (см. табл. 3.11) с более высокими IQa и IQf и, следовательно, общим IQ у мужчин в этой группе (рис. 3.9). Согласно результатам анализа структуры интеллекта мужчины демонстрируют устойчиво более высокие показатели IQa независимо от выбранной специальности и исследуемого временного периода, а женщины – вербальную память (IQm) (Разумникова, 2022). Этот факт согласуется с данными о стабильно более высоких показателях арифметических способностей у мальчиков, а вербальных – у девочек V–VII классов при сходном у них росте интеллекта в период с 1990 по 2010 гг. (Wai et al., 2012).

Согласно полученным результатам IQa у женщин-математиков не отличается от показателей мужчин-инженеров и превышает те, что зафиксированы в группе мужчин-гуманитариев (соответственно, 112.1 ± 0.6 , 110.6 ± 0.3 и 105.4 ± 0.7). При отсутствии половых различий как по активации структур мозга (Kersey et al., 2019), так и по академической успеваемости при обучении математике девочки характеризуются более низкой мотивацией и менее позитивным к ней отношением, чем мальчики (Rodríguez et al., 2020). Так как выбору девушками математической специальности обучения в университете (ГрМ) соответствует высокий уровень развития этих способностей, то обнаруженные нами половые различия в IQa согласуются с представлениями об имплицитно сформированных стереотипах о реализации математических способностей в зависимости от пола (Nosek, Smyth, 2011),

Результаты анализа временной динамики показателей интеллекта указывают на ее связь с выбранной профессией: для группы математиков характерен эффект Флинна, тогда как для гуманитариев – «анти-эффект» Флинна, а для инженеров – отсутствие статистически значимых изменений IQ при сравнении полученных с 1991 по 2001 и с 2002 по 2012 гг. данных (рис. 3.10) (Разумникова, 2022). Учитывая обнаруженные различия в изменениях IQ математиков и гуманитариев, можно заключить, что полученные нами результаты согласуются с ранее отмеченной разной временной динамикой

интеллектуальных способностей: повышении при высоким их уровне, но ухудшении при низком (Platt et al., 2019).

«Как отмечалось выше, П2 отличается введением тестовой системы оценки школьных знаний и усиления вклада догадки, какой из вариантов ответа следует признать верным. По-видимому, такая стратегия эффективна при выполнении арифметических операций в случае точного алгоритма принятия решения и отражается наблюдаемым повышением IQa в группах инженеров и математиков (табл. 3.16). У молодых людей, предпочитающих гуманитарные науки и уделяющих меньше усилий выработке математических навыков, тестовый тренинг при обучении скорее будет способствовать снижению результатов тестирования IQ (Разумникова, 2022). Кроме того, предпочтение догадок как стратегии решения проблемы в ситуации роста количества альтернативных решений при усложнении заданий (так называемый эффект Брэнда) (Woodley et al., 2018) может проявляться по-разному в зависимости от базового уровня подготовки студентов и предпочитаемых ими сфер знания.

Следует также упомянуть о, по-видимому, существенном, но неконтролируемом в нашем исследовании вкладе во временную динамику интеллектуальных способностей таких социальных и экономических факторов как изменения в престижности профессии, ожидаемом уровне заработка, введении платного обучения или степени давления полоролевых стереотипов при выборе сфер деятельности.

Дополнительной причиной «анти-эффекта» Флинна у гуманитариев можно считать информатизацию общества и использование учащимися персональных компьютеров и мобильных устройств как справочника (Костомина и др., 2016). Наряду с облегчением получения информации систематическое обращение к интернету ослабляет контроль эффективности запоминания и мотивацию его улучшения. Исключение составляет ГрМ, в которой эффект Флинна наблюдается согласно всем четырем субтестам IQ, в том числе IQm. Можно предположить, что тренировка рабочей памяти,

сопутствующая развитию математических способностей и IQ в целом (Assem et al., 2020; Alloway, Passolunghi, 2011; Cragg et al., 2017), приводит к наблюдаемым лучшим результатам при тестировании всех компонентов IQ у ГрМ (см. табл. 3.16)» (Разумникова, 2022).

«Обнаруженные нами эффекты, связанные с выбором профессии, могут быть не столь заметны в популяционных исследованиях IQ, когда используются выборки в десятки тысяч людей (Bratsberg, Rogeberg, 2018; Pietschnig, Voracek, 2015; Platt et al., 2019). В этом случае в качестве причин «анти-эффекта» Флинна подчеркивается важность влияния социальных установок на ценность образования и развитие тех интеллектуальных способностей, которые приоритетны согласно экономическим и общественным требованиям. Информатизация всех сфер жизни в современном обществе повышает престиж профессионального образования в области прикладной математики, информационных технологий и вычислительной техники (Атлас новых профессий, 2020). Поэтому выпускники школ, успешно сдавшие ЕГЭ, могут выбирать для обучения наиболее популярные специальности, например, факультеты математики и прикладной информатики или автоматике и вычислительной техники (т.е. формируют ГрМ). Высокий уровень развития разных компонентов интеллекта является основой свободы выбора той профессии, которая представляется наиболее привлекательной» (Разумникова, 2022).

«Большое разнообразие факторов, которые могут вносить вклад во временную динамику показателей IQ, поддерживает интерес к изучению механизмов эффекта или анти-эффекта Флинна (Bratsberg, Rogeberg, 2018; Dutton et al, 2016; Platt et al., 2019; Woodley of Menie et al., 2018). Продолжение исследований в этом направлении важно для понимания закономерностей формирования и развития интеллектуальных способностей как когнитивных ресурсов не только при разработке персонализированных программ обучения, но и для профилактики возникновения когнитивных дисфункций, связанных с возрастом или поражением мозга» (Разумникова, 2022).

3.2 Организация системы когнитивных резервов, связанная с личностными и эмоциональными характеристиками

3.2.1 Индивидуальные особенности эмоциональной регуляции гибкости мышления

Эмоциональная регуляция - один из способов влияния на эффективность когнитивных функций и стратегий мышления, однако закономерности такой регуляции и ее возрастные особенности пока не ясны вследствие противоречивости полученных данных, которые описаны в Главе 1.5. Выше были приведены сведения о сочетании аналитических способностей, эмоционального компонента интеллекта и креативности, соответствующем разному уровню эффективности обучения студентов.

Целью данного этапа исследования стало изучения роли эмоциональной составляющей в организации когнитивных резервов в модели анализа изменений показателей гибкости и оригинальности мышления (креативности) вследствие применения индуцированного эмоционального состояния. При этом индивидуальные особенности эмоционального реагирования рассматривали на разных уровнях: как устойчивую личностную черту – нейротизм или как эмоциональный интеллект, включающий самооценку эмоциональной чувствительности к воздействию.

Выборку составили 148 студентов Новосибирского государственного технического университета в возрасте 17-22 лет. 105 человек (из них 60 юношей) были представителями Факультета прикладной математики и информатики (ФПМИ) и 43 (13 мужчин) – Факультета гуманитарного образования (ФГО), специальности «психология» (Разумникова, 2013).

Для определения образной креативности использовали субтест Е.П. Торренса «Круги», вербальной – тест Дж.П. Гилфорда «Необычное использование обычного предмета» (описание методик приведено в Главе 2.1 и в Приложении Алексей).

Эмоциональную реактивность как личностную черту определяли уровнем нейротизма по опроснику Г. Айзенка EPQ, эмоциональный интеллект - по опроснику К. Барчард (ЭИ) (описание методик дано в Главе 2.2). Тестирование нейротизма и ЭИ осуществлялось в течение месяца, следующего за определением креативности.

Процедура экспериментов с индуцированием эмоционального состояния была организована в два этапа. В предварительном контрольном тестировании, которое проходило на практическом занятии по психологии, участвовали все студенты. Затем группа случайным образом делилась на две подгруппы, каждой из которых предъявляли одну из двух частей специально созданной слайд-программы с применением эмоциогенных стимулов из атласа IAPS для индукции негативного или позитивного настроения (примеры предъявляемых слайдов приведены в Главе 2.2). Каждая часть программы длилась 5 мин, последовательность их предъявления была контр-сбалансирована.

При тестировании креативности испытуемым предлагалось оценить свое настроение в каждой из трех экспериментальных ситуаций соответствующей отметкой на условной шкале в 10 см: верхняя половина – для обозначения положительного настроения, нижняя – отрицательного (в проведении экспериментов и обработке данных принимала участие студентка ФГО А.С. Радова).

Для анализа изменений показателей образной и вербальной креативности или настроения в трех экспериментальных ситуациях (ЭКСПЕРИМЕНТ: контроль – негативные эмоции – позитивные эмоции) использовали дисперсионный анализ ANOVA с двумя уровнями для независимых переменных ПОЛ или ГРУППА (ФПМИ и ФГО) с последующим post-hoc анализом данных с использованием критерия Фишера.

При анализе самооценки настроения обнаружен эффект ЭКСПЕРИМЕНТ ($F_{2,274}=45,51$ $p<0,00001$), обусловленный тем, что после

просмотра слайд-программы оно сдвигалось в негативную или позитивную сторону по сравнению с контролем ($0,000001 < p < 0,001$).

Эффект ЭКСПЕРИМЕНТ ($F_{2,274}=3,05$ $p < 0,05$) обнаружен для показателя образной беглости: при индукции негативных эмоций (НЭ) она была ниже, чем при сравнении с контролем или индукцией положительных эмоций (ПЭ) (табл. 3.17).

Для показателя вербальной беглости обнаружено влияние фактора ГРУППА ($F_{1,137}=6,02$; $p < 0,02$), связанное с ее большими значениями в группе математиков, чем психологов (7,1 и 6,0, соответственно), и взаимодействие ГРУППА x ЭКСПЕРИМЕНТ ($F_{2,274}=4,32$; $p < 0,01$). Post-hoc анализ этого эффекта показал разнонаправленные изменения вербальной беглости у математиков и психологов: при индукции негативных эмоций у математиков она снижалась, а у психологов повышалась, а при индукции положительных – наоборот (табл. 3.17). Межгрупповые различия были характерны для ситуаций

Таблица 3.17

Изменения показателей креативности в экспериментальных ситуациях с индуцированными эмоциями по отношению к контрольным условиям до воздействия

Показатель	Группа	Экспериментальные ситуации		
		Контроль	Негативные эмоции	Позитивные эмоции
Образная беглость	Общая	5,9 ($\pm 0,3$)*	5,3 ($\pm 0,3$)*	6,0 ($\pm 0,3$)
Вербальная беглость	ФПМИ	7,3 ($\pm 0,3$)* #	6,6 ($\pm 0,3$)*	7,4 ($\pm 0,3$)* ##
	ФГО	5,7 ($\pm 0,5$) #	6,5 ($\pm 0,5$)	5,89 ($\pm 0,5$) ##
Вербальная оригинальность	ФПМИ	2,5 ($\pm 0,2$)*	2,5 ($\pm 0,2$) #	1,9 ($\pm 0,2$)* ##
	ФГО	1,9 ($\pm 0,4$)**	1,5 ($\pm 0,3$)** #	3,3 ($\pm 0,3$)** ***##

Примечание. Значком * отмечены различия в показателях креативности между соответствующими экспериментальными ситуациями, # - различия между ФПМИ и ФГО, количество значков соответствует уровню достоверности ($0,001 < p < 0,05$)

контроля и индукции положительных эмоций с большими значениями вербальной беглости у математиков, чем психологов.

Для вербальной оригинальности также обнаружено взаимодействие ГРУППА x ЭКСПЕРИМЕНТ ($F_{2,274}=9,14$; $p<0,0001$). При индукции положительных эмоций у психологов вербальная оригинальность повышалась, а у математиков – снижалась, причем ее значения в ситуации ПЭ были выше в группе психологов, а для НЭ – у математиков (табл. 3.17).

Для определения вклада личностных характеристик эмоциональности в креативность, тестирование которой осуществлялось в разных экспериментальных ситуациях, был выполнен факторный анализ данных с вращением «нормализованный варимакс» отдельно для групп ФПМИ и ФГО вследствие обнаруженных разнонаправленных изменений показателей креативности, зафиксированных в разных экспериментальных эмоциональных состояниях.

Для группы ФПМИ при анализе ЭИ выделено 4 фактора, для ФГО – 3 (табл. 3.18). Фактор I имел сходную структуру в обеих группах и представлял образную беглость, состав других факторов отличался. Так в группе ФПМИ Фактор II, согласно максимальной нагрузке, представлен показателями вербальной креативности в ситуации НЭ и вербальной беглости в контроле, Фактор III - вербальной оригинальностью в контроле, а Фактор IV – ЭИ. В группе ФГО, соответственно, Фактор II отражал показатели вербальной креативности в ситуации ПЭ (ВБпэ и ВОпэ), а Фактор III - в контроле (ВБк и ВОк); вклад ЭИ распределялся на Факторы I и II.

Согласно корреляционной матрице переменных значимая связь для ФПМИ обнаружена между ЭИ и вербальной беглостью в ситуации ПЭ ($r=0,27$; $p=0,01$) и на уровне тенденции - между ЭИ и образной беглостью в контроле ($r=0,19$; $p=0,08$), для ФГО корреляции ЭИ были достоверны для вербальной и образной беглости в ситуации ПЭ и для образной беглости в контроле ($0,37>r>0,34$; $0,03<p<0,04$).

Результаты факторного анализа показателей креативности и эмоционального интеллекта в контрольной и экспериментальных ситуациях с индуцированными эмоциями в группах математиков (ФПМИ) и психологов (ФГО)

Показатели креативности	ФПМИ				ФГО		
	Эмоциональный интеллект						
	Factor I	Factor II	Factor III	Factor IV	Factor I	Factor II	Factor III
ОБк	0,772	-0,007	0,103	0,166	0,926	0,034	0,014
ВБк	0,273	0,734	0,187	-0,221	0,157	0,170	0,885
ВОк	0,038	0,049	0,958	0,036	0,001	-0,144	0,886
ОБнэ	0,714	0,217	0,281	-0,150	0,836	-0,003	0,297
ВБнэ	0,224	0,750	0,198	0,068	0,361	0,405	0,473
ВОНэ	-0,130	0,817	-0,245	0,015	0,100	0,549	0,565
ОБпэ	0,837	0,071	-0,034	0,080	0,895	-0,003	0,124
ВБпэ	0,283	0,566	0,398	0,381	0,215	0,822	0,116
ВОпэ	0,587	0,414	-0,139	0,049	-0,179	0,849	-0,019
ЭИ	0,085	-0,024	0,031	0,951	0,490	0,374	-0,060
Expl. Var	2,380	2,315	1,321	1,163	2,840	2,053	2,233
Prp. Totl	0,238	0,232	0,132	0,116	0,284	0,205	0,223
	Нейротизм						
	Factor I	Factor II	Factor III		Factor I	Factor II	Factor III
ОБк	0,772	0,093	-0,059		-0,016	0,972	0,162
ВБк	0,226	0,048	0,761		0,915	0,174	0,089
ВОк	0,100	0,871	0,018		0,950	0,037	-0,205
ОБнэ	0,746	0,052	0,272		0,006	0,877	0,174
ВБнэ	0,324	0,090	0,711		0,349	0,606	-0,541
ВОНэ	-0,188	-0,149	0,813		0,838	-0,028	0,420
ОБпэ	0,777	-0,099	0,158		0,029	0,879	0,145
ВБпэ	0,325	0,408	0,565		0,068	0,236	0,835
ВОпэ	0,530	-0,257	0,434		0,803	-0,066	-0,286
нейротизм	0,136	-0,674	0,001		-0,076	0,157	0,779
Expl. Var	2,362	1,499	2,357		3,219	2,970	1,983
Prp. Totl	0,236	0,150	0,236		0,322	0,297	0,198

Примечание. ОБ – образная беглость, ВБ – вербальная беглость, ВО – вербальная оригинальность, ЭИ – эмоциональный интеллект, к – контроль, НЭ – индукция негативных эмоций, ПЭ – позитивных; жирным шрифтом выделены значимые нагрузки.

При включении в факторный анализ показателей нейротизма для обеих групп было выделено по три фактора (табл. 3.18). Основной особенностью факторной структуры показателей креативности для ФПМИ была связь нейротизма и вербальной оригинальности в контроле (нагрузки в факторе II,

соответственно, – 0,674 и 0,871 при их негативной корреляции $r = - 0,30$; $p = 0,005$). В группе ФГО нейротизм входил в фактор, в котором максимальную нагрузку представляла вербальная беглость в ситуации ПЭ.

Корреляционные взаимосвязи показателей креативности в каждой из трех экспериментальных ситуаций для групп ФПМИ и ФГО приведены на рисунке 3.11, а значимые коэффициенты корреляции – в табл. 3.19.

Таблица 3.19

Матрица значимых корреляций показателей креативности в контрольной и экспериментальных ситуациях с индуцированными эмоциями в группах математиков (ФПМИ) и психологов (ФГО)

Показатели креативности	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Контроль				Негативные эмоции				Позитивные эмоции			
	ФПМИ / ФГО											
1 ОБк	####	0,42	0,21		0,44	0,20	0,31		0,46	0,36	0,26	0,27
2 ООк		####			0,25	0,43	0,33			0,33	0,21	0,47
3 ВБк			####		0,33		0,49	0,45	0,30	0,21	0,46	0,45
4 ВОк			0,67	####							0,33	
5 ОБнэ	0,63				####	0,64	0,42		0,58	0,29	0,30	0,30
6 ООнэ		0,34	0,35	0,34	0,52	####			0,64		0,30	
7 ВБнэ			0,37	0,31	0,49	0,42	####	0,44				
8 ВОнэ			0,57			0,46	0,43	####	0,24	0,27	0,48	0,38
9 ОБпэ	0,75				0,73	0,41	0,35		####	0,43	0,31	0,43
10 ООпэ		0,33								####	0,27	
11 ВБпэ							0,38	0,48			####	0,38
12 ВОпэ							0,35	0,30			0,60	####

Примечание. Правая верхняя часть таблицы – значения коэффициентов корреляции для ФПМИ, левая нижняя – ФГО. Обозначения как в табл. 3.15.

Результаты факторного и корреляционного анализа свидетельствуют о разном характере организации вербальной и образной креативности в зависимости от личностных эмоциональных характеристик у математиков и

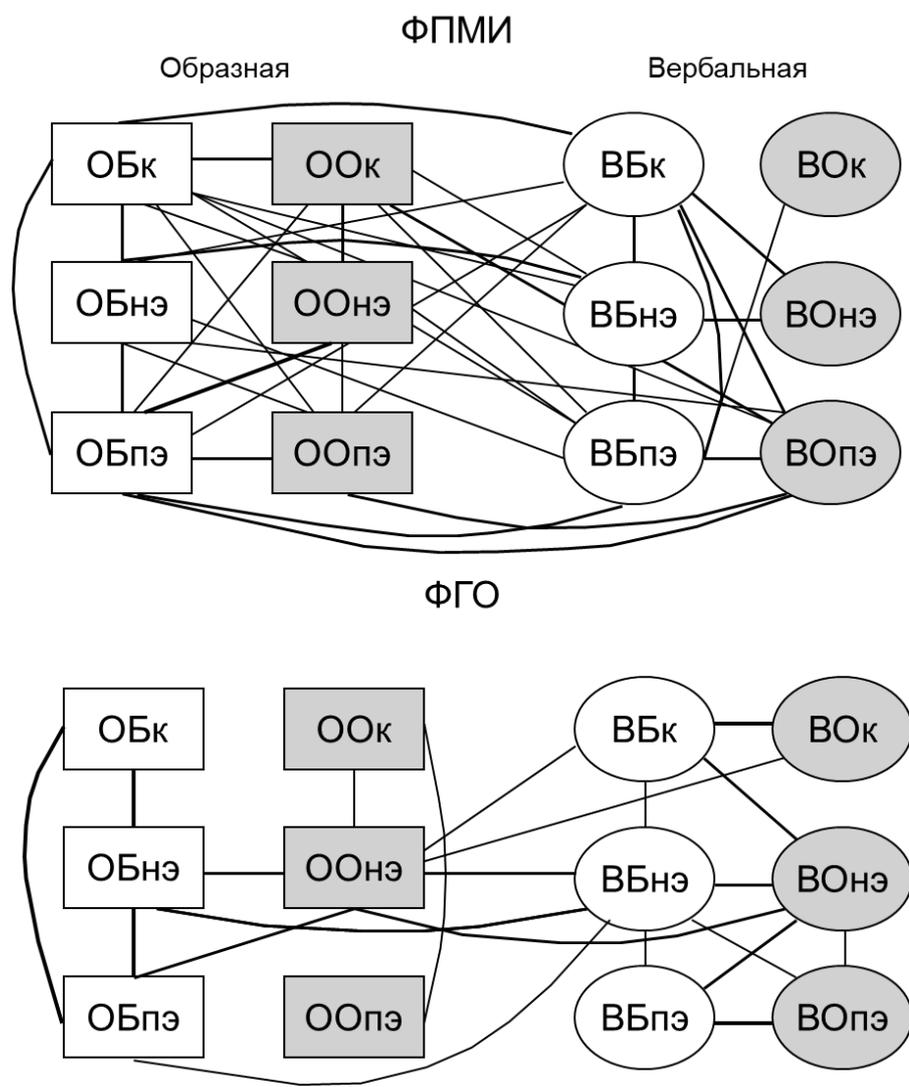


Рисунок 3.11 - Корреляционные плеяды показателей образной и вербальной креативности в группах математиков (ФПМИ) и психологов (ФГО)

Обозначения как в табл. 3.18. Толщина линии соответствует уровню статистической значимости: $0,001 < p < 0,05$; значения коэффициентов корреляции приведены в табл. 3.19.

психологов. Особенно эта специфика представлена в контрольной ситуации: в группе ФПМИ вербальная оригинальность представляет переменную, зависимую только от уровня нейротизма, а образная беглость связана с вербальной. В группе ФГО показатели вербальной оригинальности во всех экспериментальных ситуациях коррелируют с вербальной беглостью, а взаимосвязи вербальной и образной креативности преимущественно представлены в ситуации НЭ, тогда как в группе ФПМИ их сравнительно больше в ситуации ПЭ.

Полученные результаты показывают, что индукция негативных эмоций способствует снижению беглости создания образов, а на показатели вербальной креативности оказывает воздействие, зависимое от выбранной студентами специальности: беглость уменьшается у математиков, а оригинальность – у психологов. Индукция положительных эмоций вызывает повышение вербальной оригинальности у психологов, но ее снижение у математиков. Высокий уровень эмоционального интеллекта способствует большей образной беглости при тестировании до эмоциогенного воздействия и большей вербальной беглости при индукции положительных эмоций. Нейротизм негативно влияет на вербальную оригинальность только в контроле и только в группе студентов-математиков.

Отмеченные различия в самооценке настроения при тестировании креативности, указывают, что нам удалось целенаправленно изменить ситуационное эмоциональное состояние вследствие экспериментального воздействия. В организации творческой деятельности эмоции могут выполнять и регуляторные, и эвристические функции (Тихомиров, 2008; Люсин, 2011). Регуляторные функции включаются в инициацию деятельности, изменение направления внимания или выполняют отражательно-оценочную роль.

Индукция позитивного настроения при выполнении креативных заданий способствует повышению креативности за счет расширения поля поиска идей вследствие дефокусированного внимания и облегчения принятия решения (Fredrickson, Branigan, 2005; Baas et al., 2008). Однако положительное эмоциональное состояние ослабляет побуждающую функцию эмоций и, соответственно, беглость в генерации идей для поиска оригинального решения проблемы. Такую побуждающую к деятельности функцию выполняют негативные эмоции, но при этом повышается вероятность стереотипного ответа за счет фокусирования внимания и усиления контролирующих функций мышления (Kaufmann, Vosburg, 2009; Davis, 2009). В наших экспериментальных условиях индукция негативных эмоций вызывает

ослабление беглости идей при выполнении образного задания, что можно рассматривать как результат усиления фокусирования селективных процессов и повышение критичности при выборе ответа. При тестировании вербальной креативности снижение показателя беглости отмечено только в группе ФПМИ, что может отражать более выраженную у математиков, чем у психологов критичность при поиске оригинального ответа.

Стимулирующее креативность влияние индукции положительных эмоций проявилась в наших экспериментальных условиях только в отношении вербальной оригинальности и только в группе психологов. У математиков отмечено, напротив, снижение этого показателя по сравнению с контролем, несмотря на повышение вербальной беглости при сравнении с негативным эмоциональным состоянием.

В соответствии с моделью «Geneplore» (Finke et al., 1992) выполнение креативной задачи включает процессы генерации идей, их исследования и принятия решения. Показатель беглости, по-видимому, отражает в большей мере первый процесс, а оригинальность – эффективность двух других. Следовательно, снижение вербальной оригинальности в группе математиков можно связать со снижением критической оценки идей, возникающих при индукции позитивного настроения, поэтому, несмотря на легкость генерации, они не отличаются новизной.

При индукции эмоционального состояния взаимосвязь разных показателей креативности усиливается (см. рис. 3.11 и табл. 3.18), что соответствует представлениям о генерализованной роли эмоций, изменяющих активационное состояние мозга (Симонов, 1981). Тогда разнонаправленные в зависимости от знака эмоционального состояния изменения креативности в группе ФГО согласуются с гипотезой о значении активации в эффективности креативного мышления (Martindale, 1999). В свою очередь, снижение показателей креативности у математиков вне зависимости от знака индуцированных эмоций можно объяснить наличием высокого «потолочного» активационного уровня уже в контрольном состоянии. Эта высокая активация

может быть следствием и индивидуальных особенностей (например, уровнем интроверсии или аналитического интеллекта).

Что касается роли личностной эмоциональности в креативности, то следует подчеркнуть положительное значение ЭИ, которое, однако, по-разному проявляется в зависимости от эмоционального состояния и природы креативности: вербальной или образной. В ситуации до эмоционального воздействия большему ЭИ соответствует большая образная беглость, при индукции положительных эмоций – вербальная, а при индукции негативных – связь ЭИ и беглости идей ослабевает. Так как основной характеристикой используемого нами варианта ЭИ является самооценка степени вовлечения эмоций в разные формы деятельности, то можно заключить, что в ситуации индуцирования негативного настроения личностная интернальная регуляция стратегии выполнения задания ослабевает, а на первый план выходит та, которая непосредственно связана с природой и типом самой проблемы.

Полученные данные свидетельствуют, что вербальная креативность организована сложнее, чем образная. На это указывают и большая изменчивость взаимосвязей показателей вербальной креативности, чем образной в зависимости от эмоционального состояния и связанных с ним личностных особенностей. Обнаруженная негативная корреляция нейротизма и показателя вербальной оригинальности для студентов-математиков и положительная между ЭИ и беглостью идей согласуется с результатами, полученными для студентов технических и естественнонаучных специальностей, хотя креативность в последнем случае определялась самооценкой по опроснику (Sanchez-Ruiz et al., 2011). В отличие от наших результатов, в этом исследовании отмечено, что у студентов социальных специальностей корреляции ЭИ были недостоверны, а большее значение имел аналитический интеллект, экстраверсия, открытость опыту и сознательность (согласно опроснику «Большая пятерка»). Такое частичное рассогласование еще раз подчеркивает, что результативность творческого мышления зависима от степени интеграции множества факторов: разных компонентов интеллекта

и креативности, личностных черт, а также экспериментальных условий тестирования этих психологических характеристик.

3.2.2. Связь личностных черт и интеллекта

Исследования предпочитаемого выбора стратегий мышления и оценки степени ее эффективности включают поиск закономерностей влияния индивидуально-психологических свойств личности, отражающих не только особенности эмоциональной регуляции поведения (рассмотренные выше нейротизм и ЭИ), но и активационного состояния нервной системы (с которой связана выраженность экстраверсии или интроверсии) или открытости опыту (Chamorro-Premuzic, Arceche, 2008; Chamorro-Premuzic, Furnham, 2008; Furnham, Bachtar, 2008; Kretzschmar et al., 2018).

В связи с этим нами выполнен анализ вклада личностных черт в эффективность конвергентного мышления: показателей вербального и образного компонентов интеллекта. Для определения личностных черт использовали модель личности Г. Айзенка и разработанный в рамках этой теории опросник EPQ, позволяющий оценить показатели экстраверсии, нейротизма и психотизма; и модель личности Р. Клонингера с соответствующим опросником TPQ для психометрической оценки поиска новизны, избегания опасности и зависимости от награды (описание методик приведено в Главе 2.1).

В исследовании принимали участие студенты Новосибирского государственного технического университета в возрасте 17-22 лет, в том числе студенты Факультета прикладной математики и информатики (ФПМИ) (227 юношей и 105 девушек) и Факультета гуманитарного образования (ФГО) (105 юношей и 267 девушек). Массив психометрических данных был собран в ходе проведения практических занятий по психологии и социальной медицине.

Диагностика уровня вербального и образного интеллекта осуществлялась с помощью теста структуры интеллекта Р. Амтхауэра с вычислением средних значений IQ для 4-х вербальных (общая осведомленность, исключение слова, аналогии, обобщение) и 2-х образных (пространственное воображение и пространственное обобщение) субтестов. (Глава 2.1).

Для выяснения половых различий в показателях интеллекта и личностных характеристик был выполнен дисперсионный анализ ANOVA с независимыми переменными ПОЛ и ФАКУЛЬТЕТ. В качестве зависимых переменных использовали каждую из личностных характеристик, а также уровень вербального и образного интеллекта. Значимые эффекты фактора ПОЛ были обнаружены для показателей по шкалам нейротизма, экстраверсии, психотизма, поиска новизны и зависимости от награды. Согласно post hoc анализу этих эффектов, мужчины отличались более высокими значениями психотизма, по всем остальным личностным характеристикам более высокие показатели отмечены у женщин (табл. 3.20).

Значимых половых различий в уровне интеллекта или при анализе взаимодействия факторов ПОЛ и ФАКУЛЬТЕТ не выявлено.

Таблица 3.20

Половые различия в показателях выраженности личностных характеристик

Пол	Нейротизм	Экстраверсия	Психотизм	Поиск новизны	Зависимость от награды
	9,62 < F (1,684) < 46,14			24,79 < F (1,555) < 26,45	
мужчины	10,3 ±5,0	11,4 ±4,2	5,3 ±2,6	19,9 ±5,7	13,8 ±4,5
женщины	13,1 ±4,7	12,5 ±3,6	4,1 ±2,3	22,5 ±5,8	15,9 ±5,1
<i>p</i>	<0,0001	0,0004	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Обнаруженные нами половые различия в нейротизме, экстраверсии, психотизме и зависимости от награды согласуются с данными аналогичных исследований (Al-Halabí et al., 2011; Lynn, Martin, 1997; Miettunen et al., 2007; Weisberg et al., 2011). Хотя по литературным данным «избегание опасности» выше у женщин, чем у мужчин, однако для нашей выборки это соотношение оказалось незначимым. Большие значения «поиска новизны» в группе женщин в нашей выборке не соответствовали отсутствию половых различий согласно данным других авторов (Miettunen et al., 2007). Обнаруженные различия можно связать с возрастными особенностями нашей выборки, которая состояла из молодых людей - студентов вуза (Разумникова, 2013), так как известно, что с возрастом происходит усиление тенденции к «избеганию опасности» (Al-Halabí et al., 2011).

Следует отметить, что средние значения показателя «избегания опасности» в нашей группе испытуемых составили $13,4 \pm 6,8$, что заметно ниже, чем в аналогичной возрастной группе студентов из США или Испании (Al-Halabí et al., 2011), тогда как средние значения «поиска новизны» (NS) оказались выше, особенно в женской группе. Подобное соотношение в показателях NS было отмечено в выборке чешских юношей и девушек 18-19 лет (Snopce et al., 2012), а сходный с нашими данными уровень NS был получен при опросе молодых бельгиек (Van Schuerbeek et al., 2011). Следовательно половые различия в личностном профиле оказываются зависимы не только от возраста, но и от влияния социально-культурной среды (Разумникова, 2013).

Для диагностики индивидуально-психологических свойств личности нами были использованы психобиологические модели личности, согласно которым описанные выше черты рассматриваются как показатели врожденных предпосылок для организации индивидуальных особенностей поведения. Поэтому мы рассмотрели вклад каждой личностной черты как независимой переменной в уровень вербального и образного интеллекта с использованием метода пошаговой множественной регрессии.

Согласно сформированным регрессионным моделям (табл. 3.21), показатель «экстраверсии-интроверсии» оказывается наиболее устойчивым предиктором уровня как вербального, так и образного интеллекта: чем ниже уровень экстраверсии, тем выше уровень интеллекта. Положительный вклад

Таблица 3.21

Личностные предикторы вербального и образного интеллекта

Вербальный интеллект			Образный интеллект		
Характеристики	Бета	p	Характеристики	Бета	p
F _{4,444} =8,43; R ² =0,07; p=0,000001			F _{4,444} =8,02; R ² =0,07; p=0,000003		
Экстраверсия	-0,24	0,000	Экстраверсия	-0,20	0,000
Избегание опасности	-0,08	0,12	Избегание опасности	-0,21	0,000
Зависимость от награды	0,13	0,01	Зависимость от награды	0,13	0,01
Нейротизм	-0,15	0,003	Поиск новизны	-0,12	0,01

«зависимости от награды» и негативный - «избегания опасности» (НА) отмечен и для вербального, и образного интеллекта, однако НА оказывается более устойчивым предиктором образного IQ (Разумникова, 2013).

«Характерной особенностью регрессии вербального IQ является вклад нейротизма: для достижения более высоких значений IQ требуется большая эмоциональная стабильность, а предиктором образного IQ - «поиск новизны», который негативно влияет на уровень IQ» (Разумникова, 2013).

Для выяснения вклада личностных черт в уровень интеллекта в зависимости от фактора пола использовался метод множественной регрессии. Полученные значимые модели описания IQ приведены в табл. 3.22. Большая личностная вариативность IQ обнаружена в группе мужчин, так как для вербального IQ выделены два значимых предиктора: экстраверсия и нейротизм, а образного IQ – «поиск новизны» и «зависимость от награды». В группе женщин значимым предиктором IQ является нейротизм.

Обнаруженная отрицательная взаимосвязь нейротизма и интеллекта согласуется с данными других исследований (Ackerman, Heggestad, 1997; Chamorro-Premuzic et al., 2006) и указывает на важное значение эмоциональной регуляции интеллектуальной деятельности. Причем в группе мужчин нейротизм оказывает более существенное влияние на успешность решения вербальных заданий по сравнению с регрессионной моделью для образного IQ.

Таблица 3.22

Предикторы вербального и образного интеллекта у мужчин и женщин

Мужчины			Женщины		
Характеристики	Бета	p	Характеристики	Бета	p
Вербальный интеллект					
F _{2,283} =9,41; R ² =0,06; p=0,0001			F _{1,356} =8,57; R ² =0,02; p=0,004		
Нейротизм	-0,15	0,01	Нейротизм	-0,15	0,004
Экстраверсия	-0,21	0,0003			
F _{1,276} =2,91; R ² =0,01; p=0,04					
Зависимость от награды	0,13	0,07			
Поиск новизны	-0,12	0,06			
Образный интеллект					
F _{3,214} =3,29; R ² =0,04; p=0,02			F _{2,352} =3,91; R ² =0,02; p=0,02		
Поиск новизны	-0,13	0,05	Нейротизм	-0,13	0,02
Избегание опасности	-0,13	0,06	Экстраверсия	-0,10	0,06
Зависимость от награды	0,14	0,04			

Положительная связь интроверсии и вербального интеллекта соответствует положениям биологической теории личности Г. Айзенка, согласно которой большая скорость ментальных процессов у экстравертов сопровождается и большим количеством ошибок, тогда как интроверты имеют

преимущества в точности ответов, особенно при выполнении вербальных заданий (Bullock, Gilliland, 1993; Robinson, 2001). Вклад интроверсии в уровень образного интеллекта у женщин может указывать на привлечение больших активационных ресурсов нервной системы для выполнения субъективно сложных зрительно-пространственных задач. Согласно такой гипотезе, для мужчин субъективно более сложными являются вербальные задания, что отражается положительным вкладом интроверсии. Следовательно, отмеченные в литературе и положительные, и отрицательные корреляции интеллекта и экстраверсии (Ackerman, Heggestad, 1997; Chamorro-Premuzic et al., 2006; Wolf, Ackerman, 2005) можно объяснить за счет разного индивидуального оптимума активации, необходимого для максимально эффективной интеллектуальной деятельности.

Комплекс личностных черт, выделенных согласно типологии Р. Клонингера, оказался более информативен для описания образного интеллекта у мужчин. Положительная связь интеллекта и «зависимости от награды» отражает, по-видимому, стимулирующую роль мотивации достижения успеха, а отрицательный вклад «поиска новизны» в уровень образного интеллекта можно объяснить импульсивностью, являющейся одной из черт, составляющих NS (Cloninger, 2003; Разумникова, 2005), и повышающей вероятность быстрого, но ошибочного решения.

Таким образом, нейротизм, как личностная черта, отражающая индивидуальные особенности эмоциональной регуляции поведения оказывается независимым от пола универсальным предиктором интеллекта. Для мужчин характерна большая вариативность в регуляции эффективности, причем вербальный интеллект в большей степени зависит от показателей эмоционально-активационного состояния, а образный – от характеристик мотивационных и контролирующих когнитивную деятельность функций (Разумникова, 2013).

3.2.3 Значение компонентов интеллекта в самооценке качества жизни в молодом возрасте

Согласно современной психосоциальной модели здоровья его регуляция связана с влиянием как когнитивных и эмоциогенных, так и социальных факторов (Никифоров, 2006; Miller et al., 2009). «Когнитивные - включают накопленные знания о здоровье и болезни и адекватную самооценку собственного состояния, формирующую «функциональный оптимизм» (Анисимов, Глазачев, 2012) или, напротив, пессимистический взгляд на самосохранение и самореализацию. Количественным психометрическим показателем успешности когнитивной регуляции состояния здоровья предлагается считать уровень генерализованного интеллекта как интегральный показатель способности индивида к адаптации (Айзенк, 1995; Hemmingsson et al., 2009; Kanazawa, 2004; Sternberg, 2019, 2021). Заключение о существовании опосредованной связи интеллекта и здоровья основывается на представлениях о болезни как нарушении адаптации, а нервной системы - как основном регуляторе сбалансированных функций всех систем и организации самоохранительного поведения при его целенаправленном контроле, что свойственно индивидам с развитой саморегуляцией и высокими значениями интеллекта (Rodriguez, Lachmann, 2020; Wigtil, Henriques, 2015)» (Разумникова и др., 2016).

Эффективность индивидуальных особенностей эмоциональной регуляции когнитивных процессов и поведения отражает эмоциональный интеллект (ЭИ) (Allen, Badcock, 2003; Guerra-Bustamante et al., 2019; Matthews et al., 2006). Показано, что такие компоненты ЭИ как оптимизм, толерантность к стрессу и самоактуализация являются значимыми предикторами как клинически диагностированного состояния здоровья, так и его самооценки (Bar-On, 2012). Позитивный настрой и оптимизм сопутствуют высокой самооценке состояния здоровья и возможные пути его сохранения или даже улучшения.

«Привлечение интеллектуальных и эмоциональных резервов для успешной деятельности особенно актуально на первых курсах обучения в вузе, при повышении информационной нагрузки и в новых условиях социального взаимодействия» (Разумникова и др., 2016; Разумникова, Асанова, 2019). Однако единого мнения относительно оптимального соотношения показателей когнитивно-эмоционального статуса, определяющего сохранение здоровья студентов и эффективность их деятельности пока не сложилось (доказательства разных точек зрения по этому вопросу представлены в Главах 1.3 и 1.5). Поэтому целью данной части исследования стало изучение вклада вербального, образного и эмоционального компонентов интеллекта в самооценку состояния здоровья и качества жизни студентов первых курсов университета и проверка гипотезы, что низкая самооценка здоровья в молодом возрасте является результатом высокой негативной эмоциональной реактивности при сравнительно низком уровне развития аналитических способностей (Разумникова и др., 2016).

В исследовании приняли участие 167 студентов Новосибирского государственного технического университета (возраст $18,7 \pm 1,5$ лет, 66% составляли женщины).

Для определения самооценки качества жизни использовали опросник SF-36 (его описание дано в Главе 2.2).

Определение структуры интеллекта проводили по методике Р. Амтхауэра (подробное описание дано в Приложении А). Для анализа использовали показатели вербального и образного компонентов интеллекта (IQ_v и IQ_f, соответственно): средние значения согласно результатам выполнения 2 и 3 субтестов, предназначенным для оценки способностей к семантической классификации слов или к ассоциативной связи и поиску аналогий, и 7,8 субтестов – способностей к двумерной группировке пространственных объектов или операций с ними в трехмерном пространстве.

Для оценки эмоционального интеллекта (ЭИ) использовали «Опросник эмоционального интеллекта» К. Барчард (см. Глава 2.2). Эта методика была

выбрана нами среди других подходов для определения ЭИ в связи с тем, что она позволяет дифференцировать достаточно широкий репертуар субъективно оцениваемых эмоциональных переживаний (Разумникова и др., 2016).

Результаты описательной статистики для интегральных показателей самооценки состояния здоровья (ИФЗ и ИПЗ) и компонентов интеллекта приведены в табл. 3.23. На рис. 3.12 показан профиль самооценки качества жизни по восьми шкалам, который, в целом, хорошо соответствует средним популяционным значениям SF-36 (Амирджанова и др., 2008). В целом, самооценка ИФЗ превышает ИПЗ, минимальное значение по шкале «жизнестойкость» (Ж) свидетельствуют об утомлении студентов, снижении их жизненной активности.

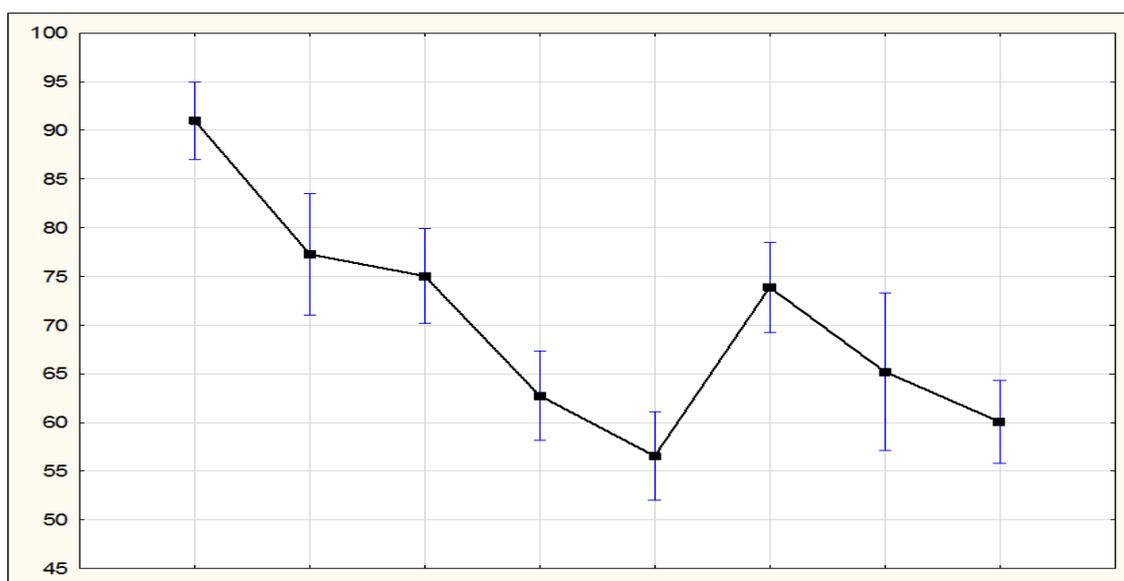
Таблица 3.23

Средние значения самооценки здоровья и уровня вербального, образного и эмоционального интеллекта

Показатель	Самооценка здоровья		Интеллект		
	Физическое	Психическое	IQv	IQf	ЭИ
Среднее	76,0*	63,2	104,8	104,6	33,0
±	15,8	20,6	7,6	7,9	4,1
Минимум	12,1	23,1	82	84	20,4
Максимум	100	100	130	125	44,0

Примечание. * - $p < 0,0001$ по критерию Стьюдента

В табл. 3.24 приведены полученные результаты по шкалам ЭИ, средние значения и их соотношение по шкалам соответствует ранее опубликованным данным (Князев и др., 2012) и свидетельствуют, что эмоции в меньшей степени используются при принятии решения (ЭР), а максимально оцениваются по шкале «внимание к эмоциям» (ВЭ).



ФФ РФ Б ОЗ Ж СФ ЭФ ПЗ

Рисунок 3.12 - Средние значения самооценки качества жизни согласно опроснику SF-36 (ФФ – физическое функционирование, РФ – ролевое функционирование, Б – боль, ОЗ – общее здоровье, Ж – жизнестойкость, СФ – социальное функционирование, ЭФ – эмоциональное функционирование, ПЗ – психическое здоровье)

Таблица 3.24

Средние значения шкал эмоционального интеллекта

Шкалы ЭИ	ПЭ	НЭ	ВЭ	ЭР	СР	СН	Э
Среднее	32,9	31,9	38,2	27,0	36,4	32,0	32,0
±	5,7	6,5	6,1	7,6	7,3	7,8	6,2

Примечание. ПЭ – позитивная экспрессивность, НЭ – негативная экспрессивность, ВЭ – внимание к эмоциям, ЭР – принятие решения на основе эмоций, СР – сопереживание радости, СН – сопереживание несчастья, Э – эмпатия (Разумникова и др., 2016).

«В результате корреляционного анализа показателей интеллекта и самооценки здоровья согласно разным шкалам опросника качества жизни SF-36 обнаружено, что IQv негативно связан с оценкой по шкалам «Боль» и «Эмоциональное функционирование» ($r=-0.22$, $p<0.04$) при тенденции к положительной связи с показателем «Физическое функционирование», а IQf положительно коррелировал с показателем общего здоровья ($r=0.19$, $p<0.06$).

Для выяснения вклада показателей интеллекта в самооценку состояния здоровья был использован метод линейной множественной регрессии: ИФЗ или ИПЗ рассматривали как зависимые переменные, показатели интеллекта как независимые.

Согласно полученным результатам, компоненты ЭИ имеют большее влияние на самооценку здоровья студентами, чем показатели конвергентного мышления (IQ). Значимыми предикторами ИФЗ оказались НЭ: более высокой самооценке ИФЗ соответствовало ее снижение ($R^2=0,12$; $p=0,006$) или СН ($R^2=0,07$; $p=0,02$).

Для описания ИПЗ также были получены два регрессионных уравнения. Согласно первому $ИПЗ \sim 0,28ЭР - 0,52СР + 0,22Э$ ($R^2=0,22$; $p=0,002$). Другая регрессионная модель с включением только СН позволяла описать 9% вариабельности ИПЗ ($p=0,01$): ИПЗ повышается вместе со снижением показателя «сопереживание несчастьям» (СН)» (Разумникова и др., 2016).

Таким образом, более высоким значениям ЭИ, как показателю самооценки эмоциональной реактивности в разных жизненных ситуациях, соответствовала более низкая самооценка состояния здоровья, причем наиболее устойчивый негативный вклад имеет компонент «сопереживание несчастьям», что соответствует представлениям о роли «баланса удовольствия» в субъективной оценке самочувствия (Diener et al., 1999).

Обнаруженный разнонаправленный вклад составляющих ЭИ в самооценку здоровья и качества жизни можно рассматривать как подтверждение гипотезы о разных возможных путях эмоциональной регуляции самочувствия. По своему содержанию ИПЗ включает вопросы о тревожности и перепадах настроения или о том, насколько эмоциональное состояние ограничивает повседневную деятельность, тогда как СР – вопросы об отзывчивости на разные радостные события и состояния других людей (например, «Чувствую возбуждение, когда другие что-то празднуют») (Разумникова и др., 2016).

Эмоциональная регуляция состояния здоровья возможна посредством таких когнитивных процессов, как оценка значимости информации и переключение внимания, селекция ситуаций и их модификация или выбор стратегии поведения (DeSteno et al. 2013). Так как, баланс положительных и отрицательных эмоций рассматривается как индикатор самооценки состояния здоровья (Diener et al., 2000; Fredrickson, 2004; Fredrickson, Losada, 2005), а переживание положительных эмоций способствует снижению заболеваемости и повышению выживаемости (Cohen, Pressman, 2006), то можно заключить, что переоценку ситуаций в пользу их позитивного значения следует рассматривать как компоненту когнитивных резервов, тогда как склонность к негативным эмоциям или чувствительность к их сопереживанию как фактор риска заболеваний (Разумникова и др., 2016).

3.3 Роль природной среды в индукции позитивного эмоционального состояния

Анализ публикаций, посвященных взаимодействию человека с природной средой (Разумникова. Варнавский, 2017), свидетельствует о возникновении положительных эмоций или их усилении (McAllister, et al., 2017; McMahan, Estes, 2015). Погружение в естественную среду (лес или парковую зону) или виртуальное представление природы (например, видео естественных ландшафтов) улучшает эмоциональное состояние человека и его самочувствие (Capaldi et al., 2015; McAllister, et al., 2017; McMahan, Estes, 2015; Nisbet 2011). «Результаты эпидемиологических исследований свидетельствуют, что люди, живущие в озелененных городских зонах или вблизи природной среды, отличаются позитивным настроением и менее выраженным эмоциональным стрессом (Alcock et al., 2014; Capaldi et al., 2014; Huynh et al., 2013). Воздействие природной среды определяется комплексом физиологических и психологических реакций (Lee et al., 2022; van den Bosch,

Depledge, 2015), связанным с такими индивидуальными особенностями как пол, возраст или личностные характеристики (Capaldi et al., 2015; McAllister, et al., 2017). Отмечено положительное влияние контакта с природой на развитие когнитивных функций и самосознание у детей и студентов (Berman et al., 2008; Hartig, Staats, 2006; Holden, Mercer, 2014), однако остаются под вопросом механизмы такого воздействия» (Разумникова, Варнавский, 2017) и его культурные и психологические характеристики (Keniger et al., 2013). У пожилых людей эко-терапия (пребывание в естественной природной среде или созданной виртуально при просмотре слайдов или фильмов) способствует улучшению состояния здоровья (Iwata et al., 2016), особенно эффективно – при сочетании с физической активностью (Разумникова, Варнавский, 2017), например, при работе в саду (Barton, Pretty, 2010; Christiana et al., 2021; Ma et al., 2023; Pretty et al., 2005).

3.3.1 Возрастные особенности эмоциональной оценки восприятия природной и урбанистической среды

Учитывая эти данные, нами были исследованы возрастные изменения эмоционального состояния с предъявлением предположительно эмоциогенно полярных экологических стимулов: фильмов, представляющие природную (ЭксП) и урбанистическую (ЭксУ) среду (режиссер и оператор С.В. Куликов) (см. Главу 2.2).

«В исследовании приняли участие 30 молодых людей (студенты-психологи $20,6 \pm 1,0$; из них 2 юноши) (ГрС) и 52 пожилых ($66,2 \pm 4,9$ лет; из них 2 мужчин) (ГрП) – слушателей Народного факультета НГТУ» (Разумникова, Варнавский, 2017).

«Полученные значения использованных показателей восприятия фильмов для каждой из групп приведены в Таблице 3.25, а рис. 3.13

Возрастные особенности восприятия природной и урбанистической среды

Показатель	Природа (ЭксП)			Урбанистический (ЭксУ)		
	Среднее	±	Медиана	Среднее	±	Медиана
Группа молодых людей (ГрС)						
Радость	3,13***	2,38	4,00	0,17	0,83	0,00
Печаль	0,57	1,31	0,00	4,04**	2,34	4,00
Активация	0,74	1,48	0,00	2,00	2,32	1,00
Релаксация	3,74	2,51	4,00	0,17	0,49	0,00
Приближение	4,61	2,27	5,00	0,39	1,31	0,00
Избегание	0,26	1,05	0,00	4,74*	2,32	6,00
Приятно	5,48*	1,97	6,00	0,13	0,63	0,00
Противно	0,00	0,00	0,00	4,70*	2,40	5,00
Красиво	6,04**	1,15	6,00	0,26	1,25	0,00
Уродливо	0,00	0,00	0,00	4,83**	2,29	5,00
Группа пожилых людей (ГрП)						
Радость	4,87	2,53	6,00	0,00	0,00	0,00
Печаль	0,25	0,70	0,00	5,64	2,35	7,00
Активация	1,34	2,24	0,00	2,74	3,06	1,00
Релаксация	4,36	2,94	6,00	0,91	2,10	0,00
Приближение	5,47	1,98	6,00	0,04	0,27	0,00
Избегание	0,00	0,00	0,00	5,57	2,33	7,00
Приятно	6,42	0,99	7,00	0,00	0,00	0,00
Противно	0,00	0,00	0,00	5,70	2,19	7,00
Красиво	6,72	0,74	7,00	0,02	0,14	0,00
Уродливо	0,00	0,00	0,00	5,77	2,32	7,00

Примечание. Жирным шрифтом выделены значения, достоверно различающиеся между Гр_С и Гр_П, * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ по критерию Манна-Уитни

иллюстрирует их профили, различающиеся между оценками ЭксП и ЭксУ ($p < 0,01$ по критерию Вилкоксона).

Анализ дифференциации оценок в каждой из групп с использованием ANOVA Фридмана показал их значимые различия: для ЭксП $F = 40,61$ при $p < 0,0001$ для ГрС и $F = 57,39$ при $p < 0,0001$ для ГрП; коэффициент конкордантности Кендалла (k_k), соответственно, 0,44 и 0,27); для ЭксУ - эти значения составили для ГрС $F = 10,96$ при $p = 0,027$; $k_k = 0,12$ и для ГрП $F = 41,78$ $p < 0,0001$; $k_k = 0,20$. Следовательно, можно заключить, что выбранные нами определители позволяют получить от респондентов достаточно разнообразные ответы, причем для ГрП вариативность ответов существенно не различается в двух экспериментальных ситуациях (конкордантность Кендалла 0,27 и 0,20), а для ГрС характерно большее сходство выборов при просмотре ЭксП, чем ЭксУ (0,44 и 0,12, соответственно)» (Разумникова, Варнавский, 2017).

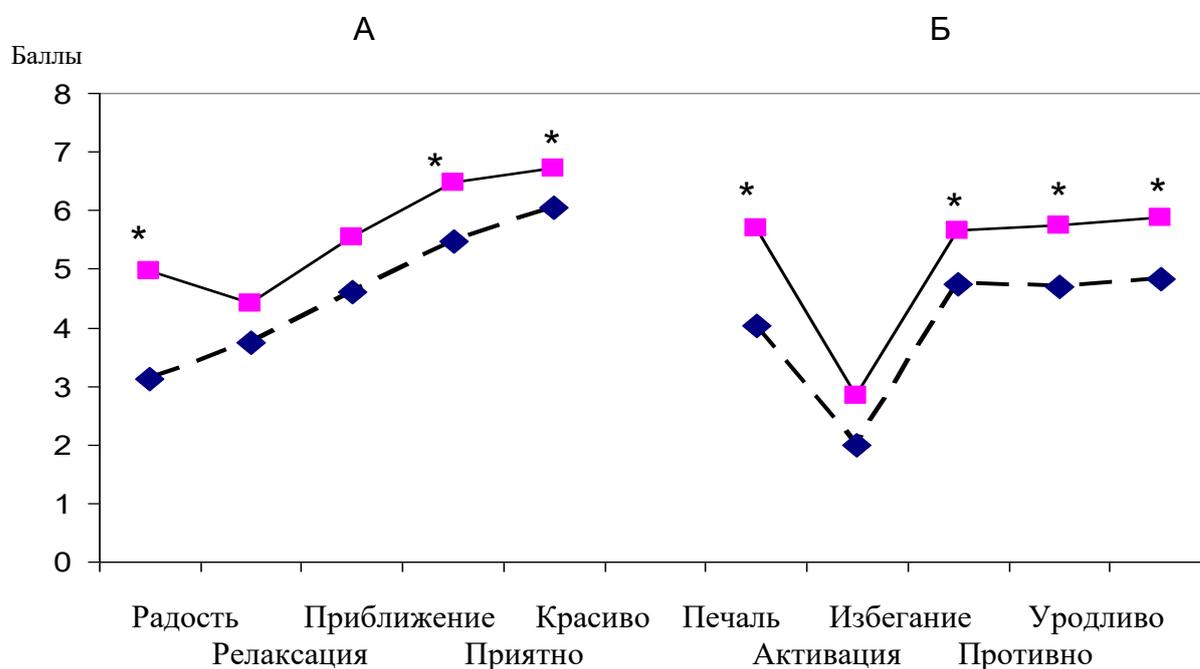


Рисунок 3.13 - Доминирующие оценки впечатления от просмотра природных (А) и урбанистических (Б) ландшафтов в группах пожилых (сплошная линия) и молодых (пунктир) людей, * - $p < 0,05$ между группами

«Межгрупповое сравнение полученных показателей выявило более высокие оценки в ГрП для трех шкал: радость, приятно и красиво в ситуации ЭксП ($0,001 < p < 0,05$ согласно критерию Манна-Уитни) (рис. 3.13 А) при тенденции к более высокой оценке показателя приближение ($p < 0,06$). В ЭксУ ГрП отличалась от ГрС большими значениями по шкалам: печаль, избегание, противно и уродливо (рис. 3.13 Б)» (Разумникова, Варнавский, 2017).

«Следовательно, несмотря на сходный в группах профиль средних оценок пяти определителей эмоциональной реакции, вызванной просмотром фильмов о природе или техногенной среде, их субъективные оценки: и позитивные, и негативные, в ГрП выше, чем в ГрС (Разумникова, Варнавский, 2017)».

«Обзор публикаций, посвященных изучению роли природной среды, не позволяет пока прийти к единому мнению относительно роли личностных свойств в эффективности ее воздействия» (Разумникова, Варнавский, 2017). «Согласно одним выводам, устойчивое повышение позитивного аффекта, удовлетворения жизнью и жизнестойкости наблюдается вне зависимости от пола или возраста (Capaldi et al., 2014), согласно другим - при отсутствии различий в восстановительном эффекте эко-терапии отмечена положительная связь с возрастом позитивных эмоций, но отрицательная – негативных (McMahan, Estes, 2015). Согласно нашим данным, действительно, полярные оценки ЭксП и ЭксУ характерны и для молодых, и пожилых респондентов, однако для группы пожилых отмечены не только более высокие показатели позитивных, но и негативных эмоций в ответ на виртуальное воздействие природной или урбанистической среды в формате 2D» (Разумникова, Варнавский, 2017).

Возможно, это обусловлено длительным негативным опытом взаимодействия представителей ГрП с урбанистической средой мегаполиса, тогда как ГрС включала не только городских молодых людей, но и приезжих из малых населенных пунктов. «Существует мнение, что на смену «биофилии», развившейся в ходе эволюции человека приходит

«урбанофилия» как следствие адаптации к городской техногенной среде, сопровождающейся изменениями эмоциональной оценки, преимущественно среди молодых людей (Sanchez et al., 2013). Такую точку зрения подтверждает меньшая в ГрС эмоциональная реакция на предъявленные стимулы, т.е. студенты более равнодушно относятся и к прелестям природы, и к негативным последствиям техногенной среды (мусорные свалки и трубы предприятий)» (Разумникова, Варнавский, 2017).

«Интенсивные переживания людей пенсионного возраста при восприятии природной среды указывают, что можно ожидать более выраженных для них по сравнению с молодыми лицами реабилитационных эффектов эко-терапии» (Разумникова, Варнавский, 2017), используемой для улучшения самочувствия при депрессии, стрессе или послеоперационном выздоровлении (Berman et al., 2012; Erikson, 2006; Korpela et al., 2016).

3.3.2 Особенности эмоциональной оценки погружения в виртуальную природную среду у мужчин и женщин

В последнее время в разных сферах психотерапии, в том числе для регуляции состояния, вызванного стрессом, применяются технологии виртуальной реальности (VR) (например, Lee et al., 2022; Liszio 2018). Погружение в природную VR рассматривается как способ релаксации и психотерапевтической реабилитации, однако остаются вопросы относительно эффективности использования разных технологий и индивидуальных особенностей реагирования на VR (Селиванов и др., 2021; Corazon et al. 2019; Ohly et al. 2016 Yeo et al. 2020). Вероятность возникновения таких побочных эффектов как головокружение, головные боли, перцептивно-моторные расстройства или эмоциональное напряжение (Abich et al., 2021; Barreda-Angeles et al., 2014; Marin-Morales et al., 2017; Rizzo et al., 2003) стимулирует

дальнейшие исследования закономерностей применения ВР в эффективности тренировки когнитивных функций и эмоционального состояния человека.

Наряду с самооценкой эмоционального впечатления от природной среды (Bower et al., 2019; Presti et al., 2022) для анализа экспериментально вызванных эмоциональных состояний в ВР используется и анализ функциональных изменений активности структур мозга (Dores et al., 2014; Dozio, 2021; Higuera-Trujillo et al., 2016; Marín-Morales et al., 2018, 2020; Radhakrishnan et al., 2022).

При изучении индивидуальных особенностей в восприятии 3D изображений обнаружены устойчивые половые различия с более разнообразными стратегиями кодирования пространственных отношений у мужчин, чем женщин, которые в большей степени полагаются на фиксацию ориентиров навигации (Andersen et al., 2012; Lambrey, Berthoz, 2007) при лучшем выполнении аллоцентрических, чем эгоцентрических заданий (Fernandez-Baizan et al., 2019; Lambrey, Berthoz, 2007).

Женщины также отличаются большим вниманием к эмоциям и их использованием при принятии решения (Lithari et al., 2010; Saylik et al., 2018; Stevens, Namann, 2012), что сопровождается реорганизацией функций систем вознаграждения или наказания (Koch et al., 2007; Reber et al., 2017) и интерпретируются как привлечение положительных эмоций для переоценки отрицательных у женщин при более широком использовании у мужчин как автоматической регуляции, так когнитивного контроля эмоций.

В связи с этим, целью следующего этапа нашего исследования стало выяснение особенностей изменений самооценки эмоционального состояния и активности коры головного мозга при предъявлении изображений природной среды в формате 2D и 3D с учетом возможного влияния фактора пола.

Участниками исследования стали 20 студентов университета (18-23 лет, половину их них составили мужчины). Описание эксперимента дано в Главах 2.2 и 2.4. Регистрацию ЭЭГ выполняли в течение 3-5 минут в трех экспериментальных ситуациях: фон с открытыми глазами (ОГ) и фильм

природного содержания, просматриваемый в формате 2D и 3D. Для просмотра изображений в формате 3D использовали шлем виртуальной реальности Oculus Rift S с фирменным программным обеспечением. После окончания каждой экспериментальной ситуации участники оценивали свое эмоциональное состояние с применением методики SAM, т.е. показатели валентности, активации и амплитуды реакции (см. Главу 2.2).

Результаты анализа самооценки эмоционального состояния в трех экспериментальных условиях для групп мужчин и женщин (ГрМ и ГрЖ) показаны в табл. 3.26. Только для показателя валентности (Valence) обнаружена тенденция к половым различиям с более положительной оценкой эмоционального впечатления в ситуации 2D в ГрМ, чем ГрЖ ($p=0.08$ согласно критерию Манна-Уитни). При общей положительной оценке эмоционального состояния (более 4,5 баллов) восприятие природных сцен в формате 2D сопровождается значимым сдвигом настроения в положительную сторону только в ГрМ. Ситуация 3D характеризуется повышением активации (Arousal) и амплитуды при оценке своего состояния: для ГрМ этот эффект значим как при сравнении с фоном, так и с форматом 2D, а для ГрЖ - только при сравнении с фоновым состоянием.

Таблица 3.26

Связанные с предъявлением природной среды изменения показателей самооценки эмоционального состояния в группах мужчин и женщин

Показатель / ЭКСПЕРИМЕНТ	Мужчины			Женщины		
	Valence	Arousal	Dominance	Valence	Arousal	Dominance
Friedman ANOVA	6.81	7.00	4.06	1.87	5.61	5.36
p	0.03	0.03	0.13	0.39	0.06	0.07
Контроль (фон)	5.0±1.1*	2.8±2.4*	3.6±2.2*	5.6±1.3	3.0±2.4*	3.5±2.2*
2D	6.4±0.8*	3.3±1.3#	4.1±1.4	5.6±1.5	4.0±1.9	4.7±2.2
3D	6.3±1.5	4.6±1.6*#	5.2±2.2*	6.4±1.2	5.1±1.9*	5.1±2.7*

Примечание: *- $p<0.05$ при сравнении экспериментальных условий с контролем; # - $p<0.05$ при сравнении 2D и 3D согласно критерию Вилкоксона

Показатели мощности ЭЭГ (логарифмированные средние значения для каждого диапазона) также были проанализированы с использованием непараметрического ANOVA для каждой группы с их последующим сравнением для трех экспериментальных ситуаций. Результаты анализа для тех частотных диапазонов, в которых были обнаружены специфические в группах изменения (альфа2 и бета2), представлены в табл. 3.27.

Таблица 3.27

Зависимые от пола изменения ЭЭГ при просмотре природных сцен в 2D и 3D формате

Частотный диапазон	Мужчины				Женщины			
	F, p	Фон	2D	3D	F, p	Фон	2D	3D
Альфа 2	6.2, 0.05	-0.09 ±0.53*	-0.29 ±0.49*#	-0.08 ±0.57#	10.4, 0.006	-0.07 ±0.25*	-0.44 ±0.23*	-0.29 ±0.23
Бета 2	5.0, 0.08	-0.72 ±0.26*	-0.83 ±0.25*#	-0.63 ±0.30#	3.8, 0.15	-0.86 ±0.20	-0.91 ±0.27#	-0.78 ±0.26#

Примечание *- $p < 0.05$ при сравнении экспериментальных условий с контролем; # - $p < 0.05$ при сравнении 2D и 3D согласно критерию Вилкоксона.

Рис. 3.14 иллюстрирует особенности изменений мощности альфа2 ритма в ситуациях 2D и 3D и показывает их однонаправленные эффекты в ГрМ и ГрЖ, однако при значительно большей вариабельности показателей в ГрМ и

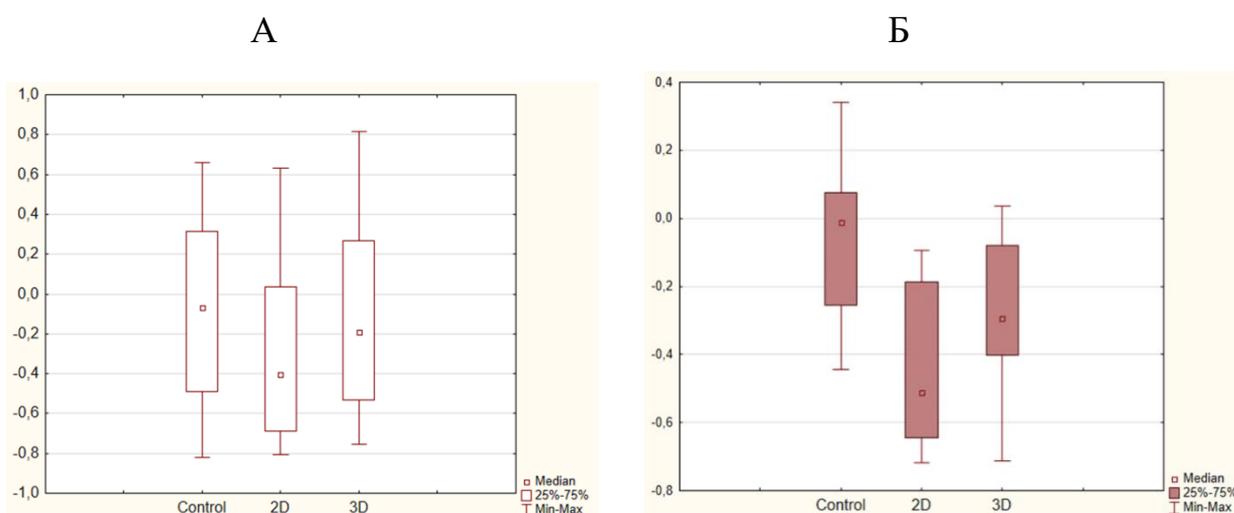


Рисунок 3.14 - Особенности изменений мощности альфа2 в ситуациях 2D и 3D в группах мужчин и женщин

значимом повышении в 3D при сравнении с 2D. Для бета 2 ритма при сходном в группах повышении его мощности в 3D по сравнению с 2D, в ГрМ значим эффект снижения бета2 в 2D при сравнении с фоновым значением.

Таким образом при сходных изменениях мощности альфа 2 и бета 2 ритмов в ГрМ и ГрЖ, указывающих на более выраженный в ситуации 3D по сравнению с 2D эффект релаксации, несмотря на значительную вариативность показателей в ГрМ, эффекты снижения степени активации коры головного мозга как в 3D (альфа 2), так и в 2D (бета 2) у мужчин более устойчивы, чем в ГрЖ.

Это может быть следствием того, что мужчины более склонны к разным стратегиям кодирования пространственных отношений, в том числе аллоцентрических (Andersen et al., 2012; Fernandez-Baizan et al., 2019; Lambrey, Berthoz, 2007), которые позволяют им быстрее в сравнении с ГрЖ погрузиться в виртуальную среду. Таким образом в условиях достаточно кратковременного предъявления природных стимулов уровень возбуждения, который рассматривается как один из основных параметров оценки эмоций (Dozio, 2021), позволяет дифференцировать половые различия в эмоциональной реакции на восприятие 2D и 3D.

Независимые от пола изменения ЭЭГ при просмотре природных сцен в 2D и 3D формате были характерны для частот дельта, тета, альфа1, бета1 и гамма, эти результаты общего для выборки эффекта приведены в табл. 3.28.

Полученные результаты указывают на связанную с предъявлением изображений природной среды в формате 2D активацию коры головного мозга, представленную снижением мощности не только низкочастотных, но и высокочастотных ритмов. Генерализованное по всем частотам повышение амплитуды биопотенциалов в ситуации 3D по сравнению с 2D может отражать не только привыкание к экспериментальной обстановке, но и влияние релаксации, связанное с искусственным погружением в природную среду.

Показатели самооценки эмоционального состояния свидетельствуют о постепенном улучшении настроения при предъявлении изображений

Независимые от влияния фактора пола изменения ритмов ЭЭГ при просмотре природных сцен в 2D и 3D

Частотный диапазон	F	p	Контроль	2D	3D
Дельта	12.40	0.002	0.48±0.42*	0.316±0.31*###	0.53±0.42###
Тета	17.50	0.0002	-0.10±0.31**	-0.28±0.26**###	-0.12±0.33###
Альфа1	27.10	0.0000	-0.13±0.35***	-0.40±0.29***###	-0.21±0.37###
Бета1	10.90	0.004	-0.54±0.28**	-0.69±0.25**###	-0.56±0.32##
Гамма	9.70	0.008	-1.04±0.21*	-1.09±0.23##	-0.90±0.25*##

Примечание *- p<0.05 ** p<0.01 *** p<0,001 при сравнении экспериментальных условий с контролем; ## - p<0.01 ### - p<0,001 при сравнении 2D и 3D согласно критерию Вилкоксона.

природной среды (виртуальной прогулки по лесу) при сходстве как субъективных, так и ЭЭГ показателей эмоциональной реакции в ГрМ и ГрЖ при погружении в виртуальную природную среду.

Обнаруженная в ситуации 2D активация коры головного мозга отражает, по-видимому, широко представленные ресурсы функциональных систем мозга, включённые в обработку зрительной информации. Ослабление этого эффекта активации при предъявлении 3D изображений свидетельствует об усилении вклада релаксации и улучшения настроения при погружении в виртуальную природную среду в сравнении с 2D форматом предъявления природных стимулов. Более выраженные в ГрМ эффекты дифференциации экспериментальных состояний, чем в ГрЖ можно связать и с относительно большей скоростью погружения в ВР у мужчин, и с разнообразием их стратегий пространственной обработки сигнала (Andersen et al., 2012; Fernandez-Baizan et al., 2019; Lambrey, Berthoz, 2007).

Можно заключить, что интернально присущее доминирование позитивной оценки информации или заданное извне смещение настроения, как это показано на примере анализа влияния природной среды, может служить резервом в оптимизации когнитивной переоценки значимости

информации. Подкреплением такой переоценки является позитивный опыт, накопленный в онтогенезе, или гибкость мышления как способность к эффективному переключению стратегии поведения.

Выводы по главе 3

Результаты выполненной серии психометрической оценки показателей интеллекта, креативности и академической успеваемости у школьников и студентов университета разных специальностей позволяет заключить, что в формировании когнитивных резервов на ранних стадиях онтогенеза образовательный процесс определяет качественную и количественную эффективность формирования структуры интеллекта и гибкости мышления.

Личностные характеристики, особенно отражающие эмоциональную регуляцию поведения, вносят значимый вклад в организацию структуры интеллекта и креативности и лучшей самооценке качества жизни соответствует доминирование позитивных эмоций, усиливающееся при погружении в виртуальную природную среду.

ГЛАВА 4. ГИБКОСТЬ МЫШЛЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ АКТИВНОСТИ МОЗГА КАК ОТРАЖЕНИЕ НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТИ

В рамках теории уровневой организации когнитивных процессов (Величковский, 2006) способность к гибкому поиску оригинального решения проблемы представляется как более «низким» уровнем обработки информации: селекцией отдельных свойств поступающей информации, так и более «высоким»: интеллектом, как интегрированным показателем успешности выполнения разнородных мыслительных операций. Эффективность такого поиска определяется двумя общими типами ограничений познавательных возможностей: «ограничений по ресурсам» и «ограничений по данным», отражающихся, соответственно, в показателях успешности селекции информации и компонентов интеллекта как концептуальных структур знаний.

Высшим уровням переработки информации, формирования концептуальных структур и метакогнитивной координации соответствуют специфические области коры головного мозга. Согласно гипотезе «нейронной эффективности высокому интеллекту соответствует пространственно локальная функциональная активация оптимально организованной нейронной системы (Hendrickson, Hendrickson, 1980; Robinson, 1989, 2001), а согласно парието-фронтальной теории интеллекта – координации именно этих областей коры (Jung, Haier, 2007; Haier, Jung, 2018).

Ориентируясь на предложенную Дж. Гилфордом классификацию мышления как «конвергентное» и «дивергентное», можно заключить, что интеллекту и креативности должны соответствовать принципиально разные формы системной организации активности мозга. Однако положительная связь показателей интеллекта и креативности (Григоренко, 1989; Корнилова, 2010; Guilford, Christensen, 1973; Preckel et al., 2006) противоречит такому заключению. Возможно, причиной разных закономерностей взаимосвязи стратегий мышления на психометрическом уровне могут быть их переменные формы отражения в активности нейронных сетей при

сохранении специфических латерализованных функций сукцессивного или симультанного мышления.

Доказательства распределенной нейронной сети, связанной с флюидным интеллектом, обнаружены в томографическом исследовании показателей серого вещества в лобной, височной и задней поясной извилине коры (Basten et al., 2015), а его возрастные различия (20-90 лет) оказываются опосредованы реакцией лобно-теменных областей, активность которых возрастает с когнитивной нагрузкой (Mitchell et al., 2023). При анализе общего интеллекта (IQg) с привлечением большой выборки детей и подростков (6-18 лет, N=216) обнаружена его связь с толщиной коры в ассоциативных мультимодальных участках коры, охватывающих билатерально теменные, затылочные и цингулярную области коры, а также лобные и височные – с небольшим левополушарным преимуществом, независимо от возраста (Karama et al., 2009). Однако в другом исследовании при общей позитивной связи IQg и толщины коры в общей группе для старшего возраста (16-24 года) положительная корреляция для зрительно-пространственных функций сохранялась, тогда как для младшего (9-16 лет) была отмечена негативная связь со словарным запасом (Menary et al., 2013). Лонгитюдное исследование соотношения интеллектуальных способностей и атрофии мозга при старении выявило снижение флюидного интеллекта, связанное с толщиной, но не объемом коры, при стабильности показателя общего интеллекта (Yuan et al., 2018).

Анализ возрастной реорганизации систем мозга указывает на их дедифференциацию вследствие атрофии гетеромодальных областей головного мозга и ослабления латерализации как адаптивного процесса при старении (Roe et al., 2020; Tagliabue et al., 2021) или дополнительной активации левых задних (височно-теменных) областей, специализированных для наименования объектов (Nozai et al., 2017). Поддержание быстрой реакции у пожилых сопровождается функциональным билатеральным вовлечением лобных областей, что рассматривается как компенсаторный механизм наряду с

эффектом усиления внутрислошарного взаимодействия нейронных структур при возрастном ослаблении межполушарного взаимодействия. Эти данные, как и результаты других исследований (Chen et al., 2019; Knights et al., 2021), противоречат компенсаторной гипотезе HAROLD и свидетельствуют о том, что возрастная ипсилатеральная гиперактивация неспецифична и согласуется с альтернативными гипотезами о снижении эффективности/дифференцировки нейронов или межполушарном торможении.

В связи с обозначенными противоречиями в возрастной реорганизации активности мозга, отражающей интеллект и креативность как когнитивные резервы, нами были рассмотрены ЭЭГ корреляты формирования разных стратегий мышления.

4.1 Активность фронто-париетальной системы как преднастройка к выбору стратегии мышления

Исследования нейрофизиологических коррелятов когнитивной деятельности выявили, что успех выполнения поставленных задач и стратегий его достижения зависимы от организации сетей покоя (или фоновой активности мозга) (Beaty et al., 2014, 2023; Schuler et al., 2019; Shi et al., 2018; Sun et al., 2020; Zhu et al., 2017). Особый интерес вызывает функции фронто-париетальной системы (FPN), фронтальные отделы которой связывают с организацией исполнительного контроля при выборе оригинального ответа, а париетальные - с поиском разнообразных идей решения поставленной проблемы (Beaty et al., 2014; Beaty et al. 2018; Gulbinaite et al., 2014; Heinonen et al., 2016). Кооперация функций FPN и DMN (default mode network) рассматривается как основа индивидуального разнообразия стратегий поиска ответа при тестировании как вербальной, так и образной креативности (Beaty, et al., 2018; Zhu et al., 2017). Динамичная реорганизация этих систем с включением регионарно широко представленных нейронных структур,

включая левую среднюю височную извилину и слуховую систему, характерна для вербальной креативности (Feng et al., 2019). Данные других исследований указывают, что FPN является медиатором связи вербальной креативности с активностью передней части DMN, а визуальной креативности - с ее задней частью (Zhu et al., 2017) или с латеральными изменениями показателя функциональной связности в дорзолатеральной префронтальной коре (Li et al., 2016).

Представление о доминировании правого полушария при решении экспериментальных творческих заданий (например, (Mihov et al., 2009) изменилось в ходе накопления данных о функциональной активности мозга. Показано, например, участие левой дорзолатеральной префронтальной коры (Aziz-Zadeh et al., 2013) или левой передней сингулярной коры (Nahm et al., 2019) при выборе оригинального решения в ходе тестирования невербальной креативности.

Следовательно, для понимания закономерностей формирования разных функциональных нейронных систем, обеспечивающих разные формы креативности, требуются дополнительные исследования.

Имеется множество доказательств функциональной реорганизации FPN и DMN как основы дальнейшей реализации разных когнитивных функций, в том числе и креативности, и интеллектуальных способностей (Beatty et al., 2014; Benedek et al., 2018; Frith et al., 2020; Jung, Haier, 2007; Lee et al., 2006; Ramplona et al., 2015). Специализация взаимодействия этих систем заключается в том, что интеллект отражает систему «легкого» достижения функционального состояния с включением правой верхней париетальной области при низких интеграционных способностях левой ретроспленальной коры, а креативность – систему «сложного» переключения связности корковых областей с центром в правой дорзолатеральной префронтальной коре при высоких интеграционных способностях сенсомоторной коры (Kenett et al., 2018).

Для изучения функционального значения фонового состояния мозга используются не только его томографические, но и энцефалографические характеристики (Разумникова, 2005; Herrmann et al., 2016; Li et al., 2016; Stevens, Zabelina, 2019; Nakao et al., 2013). Среди разных частотных диапазонов ЭЭГ чаще других рассматривается синхронизация/десинхронизация альфа колебаний, отражающая процессы торможения/активации в нейронных сетях, связанные как с показателями креативности, так и интеллекта (IQ) (Разумникова 2009; Benedek et al., 2012; 2014; Lustenberger et al., 2015). Показано, что вариативность флюидного IQ связана с обновлением рабочей памяти, тогда как предикторами креативности является не только этот компонент исполнительной системы, но и тормозные функции (Benedek et al., 2014). Баланс фоновой активности фронтальных и задних отделов коры может отражать индивидуальный стиль решения проблемы, в том числе предпочтение инсайтной или аналитической стратегии (Benedek et al., 2014, Oh et al., 2018; Kounios et al., 2014), причем в качестве индикаторов такого баланса рассматриваются не только альфа, но и низкочастотные дельта, тета, и высокочастотные бета осцилляции (Briley et al., 2018; Heinonen et al., 2016, Solomon et al., 2017; Stevens, Zabelina, 2019). Дельта ритм представляет интерес для анализа его связи с креативностью, так как увеличение его мощности отражает подавление усвоенного доминантного поведения и указывает на эффективность нового обучения, а тета и бета осцилляции рассматриваются как энцефалографические корреляты функций DMN и FPC (Briley et al., 2018; Hacker et al., 2017).

Ранее нами было показано усиление взаимодействия нейронных ансамблей передних областей коры с задними отделами левого полушария у лиц, характеризующихся сравнительно высокими показателями интеллекта и креативности по сравнению с теми, кто обладал их меньшими значениями (Разумникова, 2009).

Целью настоящего исследования стало выяснение частотно-пространственных паттернов нейронных осцилляций, отражающих общие и

специфические закономерности конвергентного и дивергентного мышления, в качестве психометрических показателей которых рассматривали, соответственно, вербальные и образные (зрительно-пространственные) компоненты интеллекта и креативности.

В этой части исследования принимали участие 37 человек (студенты $18 \pm 1,1$ лет; 27 девушек и 10 юношей).

Для определения вербального (IQv) и зрительно-пространственного (IQf) компонентов интеллекта использовали тест структуры интеллекта Амтхауэра: средние значения выполнения двух вербальных (субтесты 2 и 3) и двух невербальных заданий (субтесты 7 и 8). Для оценки образной креативности применяли субтесты Торренса «Круги» (ПФ) и «Незавершенные фигуры» (НФ), вербальной – методику Гилфорда «Необычное использование обычного предмета» (НИОП) и составление осмысленного предложения с включением трех слов-стимулов (ОП) (описание методик дано в Главе 2.1).

Описание регистрации ЭЭГ и вычисления спектральной плотности ЭЭГ в шести частотных диапазонах: дельта (1–4 Гц), тета (4–7 Гц), альфа1 (7–10 Гц), альфа2 (10–13 Гц), бета1 (13–20 Гц) и бета2 (20–30 Гц) дано в Главе 2.4. Для нормализации показателей мощности ЭЭГ применяли натуральный логарифм их значений.

Анализ частотно-пространственной организации фоновой активности коры головного мозга выполняли на основе сравнения групп, которые были сформированы делением выборки согласно полученным средним значениям показателей креативности и интеллекта для каждого субтеста. Выделенные таким образом группы с высоким (Гр1) или (Гр0) низким значением, соответственно, для вербальной ГрВК1 и ГрВК0 и невербальной ГрОК1 и ГрОК0 креативности и для вербального ГрIQv1 и ГрIQv0 и невербального ГрIQf1 и ГрIQf0 интеллекта, различались по этим классификационным параметрам ($0,0001 < p < 0,01$) и составу индивидов в группах (табл. 4.1).

Дисперсионный анализ показателей мощности ЭЭГ в каждом из шести выделенных диапазонов выполняли с независимой переменной ГРУППА

Средние значения показателей оригинальности при тестировании образных и вербальных компонентов креативности и интеллекта в сформированных группах, различающихся их уровнем

Группа	Образная			Вербальная			Интеллект			
	n	ПФ	НФ	n	НИОП	СП	n	IQv	n	IQf
Гр0	22	0.8	2.8	20	0.8	2.8	20	100.0	20	100.9
Гр1	15	1.8	4.4	17	2.0	4.8	17	109.2	17	112.4

Примечание. ПФ - Круги и НФ - Фигуры – субтесты Торренса, НИОП – тест «Необычное использование обычного предмета», СП – составление предложения с использованием трех слов их отдаленных семантических категорий, IQv и IQf – вербальный и зрительно-пространственный компоненты интеллекта, соответственно.

(BK(2), ОК(2), IQv(2) и IQf(2)). Зависимыми переменными были разные регионы коры в соответствии с гипотезами исследования: для изучения вклада исполнительской системы FPN - фронтальные (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8), DMN - расположенные по центральной линии (Fz, Cz, Pz) и центрально-париетальные (C3, C4, P3, P4) области, а для анализа значения вербальной или образной природы креативности и интеллекта - темпоральные (T3, T4, T5, T6) и париетально-окципитальные (P3, P4, O1, O2) области левого и правого полушария (т.е. переменные ОБЛАСТЬ и ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ). ANOVA выполняли с поправкой Гринхауза-Гейсера. Для выяснения причин обнаруженных эффектов использовали плановое сравнение показателей и post-hoc анализ данных с поправкой Бонферрони для множественных сравнений.

Обнаруженные эффекты, свидетельствующие о влиянии фактора ГРУППА или его взаимодействии с переменными ОБЛАСТЬ и ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ, сведены в таблице 4.2.

Post-hoc анализ выделенных эффектов показал, что на частоте дельта колебаний ГрОК1 (отличающаяся высокими значениями образной оригинальности) характеризуется большей фоновой мощностью дельта ритма в передней части коры (отведения Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8 и Fz, Cz, Pz) по

Таблица 4.2

**Результаты ANOVA с факторами ГРУППА, ОБЛАСТЬ,
ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ для разных частотных диапазонов**

Параметры	F	df	p	η	Эффект
Дельта					
Область коры Фронтальные (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8)					
ГрОК	5.35	1.33	0.027	0.14	ГрОК1>ГрОК0 (1.24±0.03 и 1.14±0.03)
ГрIQv	4.36	1.33	0.045	0.12	ГрIQv0>ГрIQv1 (1.22±0.03 и 1.13±0.03)
Центральные (Fz, Cz, Pz)					
ГрВК	3.82	2.66	0.034	0.10	ГрВК1: Fz<Pz. ГрВК0: Fz>Pz (рис. 4.2 А)
ГрОК	4.86	1.33	0.035	0.13	ГрОК1>ГрОК0 (1.26±0.04 и 1.16±0.03)
ГрОКхГрIQfxОБЛ	4.05	2.66	0.022	0.11	См. рис. 3.17 Б
Височные (Т3, Т4, Т5, Т6)					
ГрВКхОБЛ	6.67	1.33	0.014	0.17	ГрВК0: Т3Т4<Т5Т6 (0.83±0.06 и 1.00±0.07). ГрВК1: Т3Т4=Т5Т6 (0.91±0.07 и 0.92±0.08)
Центрально-париетальные (С3, Р3, С4, Р4)					
ГрВКхОБЛ	6.36	1.33	0.017	0.16	ГрВК0: С3С4<Р3Р4 (1.06±0.05 и 1.16±0.06). ГрВК1: С3С4=Р3Р4 (1.09±0.06 и 1.11±0.06)
ГрОКхГрIQfxОБЛ	9.89	1.33	0.004	0.23	ГрIQs0: Р4Р3>С4С3 в ГрОК0. ГрIQs1: Р4Р3>С4С3 в ГрОК1
ГрIQfxОБЛхЛАТ	4.39	1.33	0.044	0.12	ГрIQs0: Р4>Р3 и С4<С3. ГрIQs1: Р4=Р3 и С4=С3
Тета					
Фронтальные (Fp1,Fp2,F3,F4,F7,F8)					
ГрОК	4.18	1.33	0.049	0.11	ГрОК1>ГрОК0 (0.70±0.05 и 0.56±0.04)
ГрВКхIQvxОБЛхЛАТ	3.99	2.66	0.023	0.11	ГрIQv0: ГрВК1>ГрВК0. IQv1: ГрВК1<ГрВК0 во всех отведениях. за исключением F8
Центральные (Fz,Cz,Pz)					
ГрОК	6.10	1.33	0.019	0.16	ГрОК1>ГрОК0 (0.94±0.05 и 0.76±0.05)
ГрВКхОБЛ	3.25	2.66	0.050	0.09	ГрВК1: Cz>Pz. ГрВК0: Cz=Pz
ГрIQvxОБЛ	3.07	2.66	0.050	0.09	ГрIQv0: Pz<Cz=Fz. ГрIQv1 Fz=Cz=Pz
Височные (Т3,Т4,Т5,Т6)					
ГрВКхОБЛ	4.52	1.33	0.041	0.12	ГрВК0: Т3Т4<Т5Т6. ГрВК1: Т3Т4=Т5Т6
Центрально-париетальные (С3,Р3,С4,Р4)					
ГрОК	4.31	1.33	0.046	0.12	ГрОК1>ГрОК0 (0.80±0.06 и 0.63±0.05)
ГрВКхОБЛ	8.35	2.66	0.007	0.20	ГрВК0: С3С4<Р3Р4. ГрВК1: С3С4>Р3Р4

ГрВКхГрIQvxОБЛ	7.00	2.66	0.012	0.17	ГрIQv0: ГрВК0: С3С4>Р3Р4. ГрВК1: С3С4<Р3Р4. ГрIQv1: ГрВК1: С3С4=Р3Р4. ГрВК0: С3С4<Р3Р4
Париетально-окипитальные (Р3,Р4,О1,О2)					
ГрОКхОБЛхЛАТ	6.51	1.33	0.016	0.16	ГрОК1: О1>О2. ГрОК0: О1<О2
Альфа 1					
Височные (Т3,Т4,Т5,Т6)					
ГрВКхОБЛ	7.14	1.33	0.011	0.18	ГрВК1<ГрВК0 в Т5Т6. ГрВК0=ГрВК1 в Т3Т4
Центрально-париетальные (С3,Р3,С4,Р4)					
ГрВКхОБЛ	5.05	1.33	0.031	0.13	ГрВК1 <ГрВК0 в Р3Р4. ГрВК0:С3С4<Р3Р4
Париетально-окипитальные (Р3,Р4,О1,О2)					
ГрОКхЛАТ	4.45	1.33	0.043	0.12	ГрОК1: Р3О1>Р4О2. ГрОК0: Р3О1<Р4О2
ГрОКхОБЛхЛАТ	4.71	1.33	0.037	0.12	ГрОК1: О1>О2; ГрОК0: О1<О2
Альфа 2					
Фронтальные (Fr1,Fr2,F3,F4,F7,F8)					
ГрОК	4.10	1.33	0.050	0.11	ГрОК1>ГрОК0 (0.73±0.07 и 0.55±0.06)
Центральные (Fz,Cz,Pz)					
ГрОК	4.77	1.33	0.036	0.13	ГрОК1>ГрОК0 (1.16±0.08 и 0.93±0.07)
Височные (Т3,Т4,Т5,Т6)					
ГрВКхОБЛ	4.67	1.33	0.038	0.12	Т3Т4: ГрВК1>ГрВК0. Т5Т6: ГрВК1<ГрВК0
Центрально-париетальные (С3,Р3,С4,Р4)					
ГрОК	3.98	1.33	0.050	0.11	ГрОК1>ГрОК0 (1.21±0.08 и 0.98±0.07)
ГрОКхГрIQfxЛАТ	5.55	1.33	0.025	0.14	ГрОК1: ГрIQs0: С3.Р3<С4.Р4; ГрIQf1: С3.Р3>С4.Р4
ГрВКхОБЛ	4.03	1.33	0.050	0.11	ГрВК1>ГрВК0 в С3С4. ГрВК1=ГрВК0 в Р3Р4
Париетально-окипитальные (Р3,Р4,О1,О2)					
ГрОКхГрIQfxЛАТ	4.26	1.33	0.047	0.11	ГрОК1: ГрIQf0:О1.Р3<О2.Р4; ГрIQf1:О1.Р3>О2.Р4
ГрОКхОБЛхЛАТ	6.39	1.33	0.016	0.16	ГрОК1:О1>О2. ГрОК0: О1<О2
Бета 1					
Центральные (Fz,Cz,Pz)					
ГрВКхОБЛ	6.97	2.66	0.002	0.17	ГрВК0: Pz>Cz>Fz. ГрВК1: Pz>Cz=Fz
Бета 2					
Височные (Т3,Т4,Т5,Т6)					
ГрОКхЛАТ	4.26	1.33	0.047	0.11	ГрОК1:Т3Т5>Т4Т6. ГрОК0: Т3Т5<Т4Т6
Центрально-париетальные (С3,Р3,С4,Р4)					
ГрВКхIQvxЛАТ	9.04	1.33	0.005	0.22	ГрВК1: ГрIQv0 С3Р3<С4Р4. ГрIQv1 С3Р3>С4Р4
ГрВКхОБЛхЛАТ	4.33	1.33	0.045	0.12	ГрВК0: С3>С4. Р3<Р4. ГрВК1: С3=С4 и Р3=Р4
Париетально-окипитальные (Р3,Р4,О1,О2)					

ГрОКхЛАТ	10.55	1.33	0.003	0.24	ГрОК1: P3O1>P4O2. ГрОК0: P3O1<P4O2
ГрОКхОБЛхЛАТ	8.49	1.33	0.006	0.20	ГрОК1: O1>O2. ГрОК0: O1<O2

Примечание. ГрВК1 и ГрОК1 – группы с высоким или низким уровнем вербальной и образной оригинальности, соответственно, ГрIQv1 и ГрIQf1 – высокого и низкого вербального и зрительно-пространственного интеллекта; ОБЛ и ЛАТ – зависимые переменные область коры и латеральность для мощности биопотенциалов в шести частотных диапазонах. В правом столбце таблицы представлено описание полученных эффектов.

сравнению с ГрОК0 (пример этого эффекта для Fz, Cz, Pz показан на рис. 4.1.

А). Для ГрВК1 обнаружено, напротив, снижение мощности дельта ритма по оси Fz, Cz, Pz. Взаимодействие ГрВКхОБЛ для височных и центрально-париетальных областей коры было связано с большей мощностью дельта ритма в задневисочных и париеальных отведениях по сравнению с передневисочными и центральными в ГрВК0 при отсутствии достоверных различий для ГрВК1 (см. табл. 4.2 и рис. 4.1 А).

Взаимодействие ГрОКхГрIQfxОБЛ для отведений Fz, Cz, Pz обусловлено разнонаправленными градиентами мощности дельта ритма в ГрОК0: с его повышением в заднем направлении при низком интеллекте (ГрIQf0), но снижении при высоком (рис. 4.1 Б).

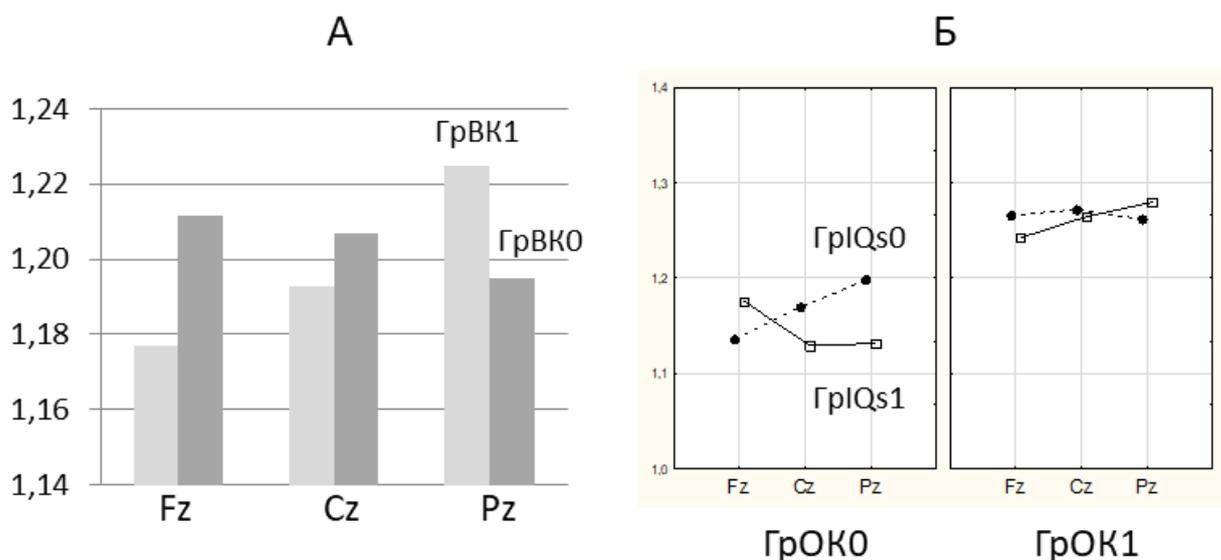


Рисунок. 4.1-Регионарные изменения мощности дельта ритма, связанные с уровнем креативности и интеллекта. ГрВК1, ГрВК0, ГрОК1 и ГрОК0 – группы с высоким или низким уровнем вербальной и образной оригинальности, соответственно, и ГрIQs1 и ГрIQs0 – высокого и низкого зрительно-пространственного интеллекта

В ГрОК1 эффект большей мощности дельта колебаний не зависел от уровня IQ, а в тета диапазоне для ГрОК1 большие значения в сравнении с ГрОК0 характерны для передних и центрально-теменных регионов коры (табл. 4.2). Латеральный эффект для ГрОК был представлен в затылочной коре: большей левополушарной мощностью тета ритма в ГрОК1 и правополушарной – в ГрОК0.

Регионарные эффекты тета осцилляций для ГрВК в височных и центрально-париетальных областях коры характеризовались большим уровнем в Cz, чем в Pz в ГрВК1, а в ГрВК0 – в передне-височных, чем в задневисочных отведениях. Связанные с вербальной креативностью регионарные особенности тета ритма зависимы от уровня IQv во фронтальных и центрально-париетальных областях коры с более выраженным градиентом в ГрIQv0 (см. табл. 4.2, рис. 4.1).

На частоте альфа1 ритма ГрВК различались в височной и центрально-париетальной коре, а ГрОК – асимметрией мощности альфа биопотенциалов в парието-окципитальных областях (табл. 4.2).

В альфа 2 диапазоне ГрОК1 характеризовалась большим уровнем мощности биопотенциалов в передних областях коры, а в центральных, париетальных и окципитальных - менялась зависимым от IQf образом: в ГрОК1 активность коры для ГрIQf0 была ниже в левом, чем в правом полушарии, а для ГрIQf1 – наоборот, в правом (рис. 4.2). ГрВК1 отличалась от ГрВК0 большим уровнем альфа2 ритма в центральных и передне-височных отведениях, а в париетальных и задневисочных – напротив, меньшим.

В бета1 диапазоне взаимодействие ГрВКхОБЛ обусловлено градиентом мощности биопотенциалов в ГрВК0 с большими значениями в Pz, чем Fz.

Обнаруженные эффекты для бета2 диапазона связаны с фактором ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ: для ГрОК – в височных и парието-окципитальных областях, а для ГрВК – в центрально-париетальных (табл. 4.2). ГрОК1 отличается большими значениями левополушарного бета2 ритма, а ГрОК0 – правополушарного; в ГрВК1 специфика латерального эффекта связана с

уровнем IQ: доминирование левого полушария для ГрIQv1, а правого – ГрIQv0 (см. рис.4.2).

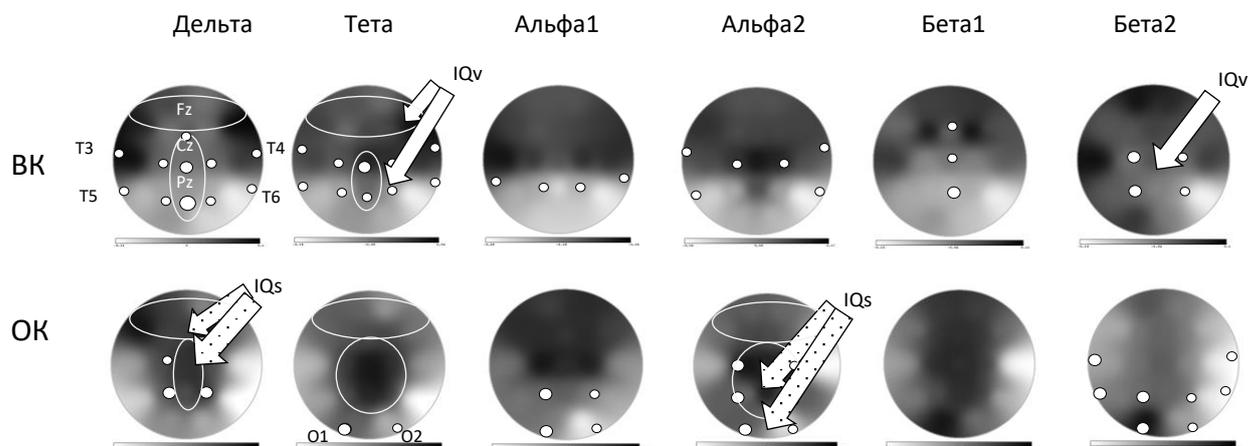


Рисунок 4.2 - Карты разности мощности биопотенциалов при сравнении групп с высокой и низкой вербальной (BK) и образной (OK) креативностью в шести частотных диапазонах

Белыми овалами отмечены области для общих эффектов BK и ОК, кружками – отведения, для которых обнаружены регионарные различия в группах (в том числе регионарные эффекты для ГрBK1 и ГрOK1), стрелки указывают на области коры, для которых получен эффект взаимодействия креативности и соответствующего компонента интеллекта.

Таким образом, полученные данные указывают, что большая часть различий в фоновой активности коры для групп, сформированных на основе разного уровня показателя оригинальности при тестировании креативности, представлена в низкочастотных дельта и тета диапазонах и высокочастотных альфа2 и бета2. Регионарная специфика фоновой ЭЭГ указывает на специфику «преднастройки» активности коры: для вербальной оригинальности она представлена преимущественно в височных и центрально-париетальных областях коры, а для образной - париетально-окципитальных.

Вклад IQf в связанную с образной креативностью «преднастройку» частотно-пространственной активности коры представлен на частотах дельта и альфа 2 ритмов, а IQv в вербальную креативность – в тета и бета2 диапазонах.

Учитывая выявленную информативность, дельта и альфа2 биопотенциалов в дифференциации уровня оригинальности ответов при тестировании креативности, корреляционный анализ показателей мощности этих ритмов был выполнен для всех отведений биопотенциалов. Его результаты показаны на рис. 4.3.

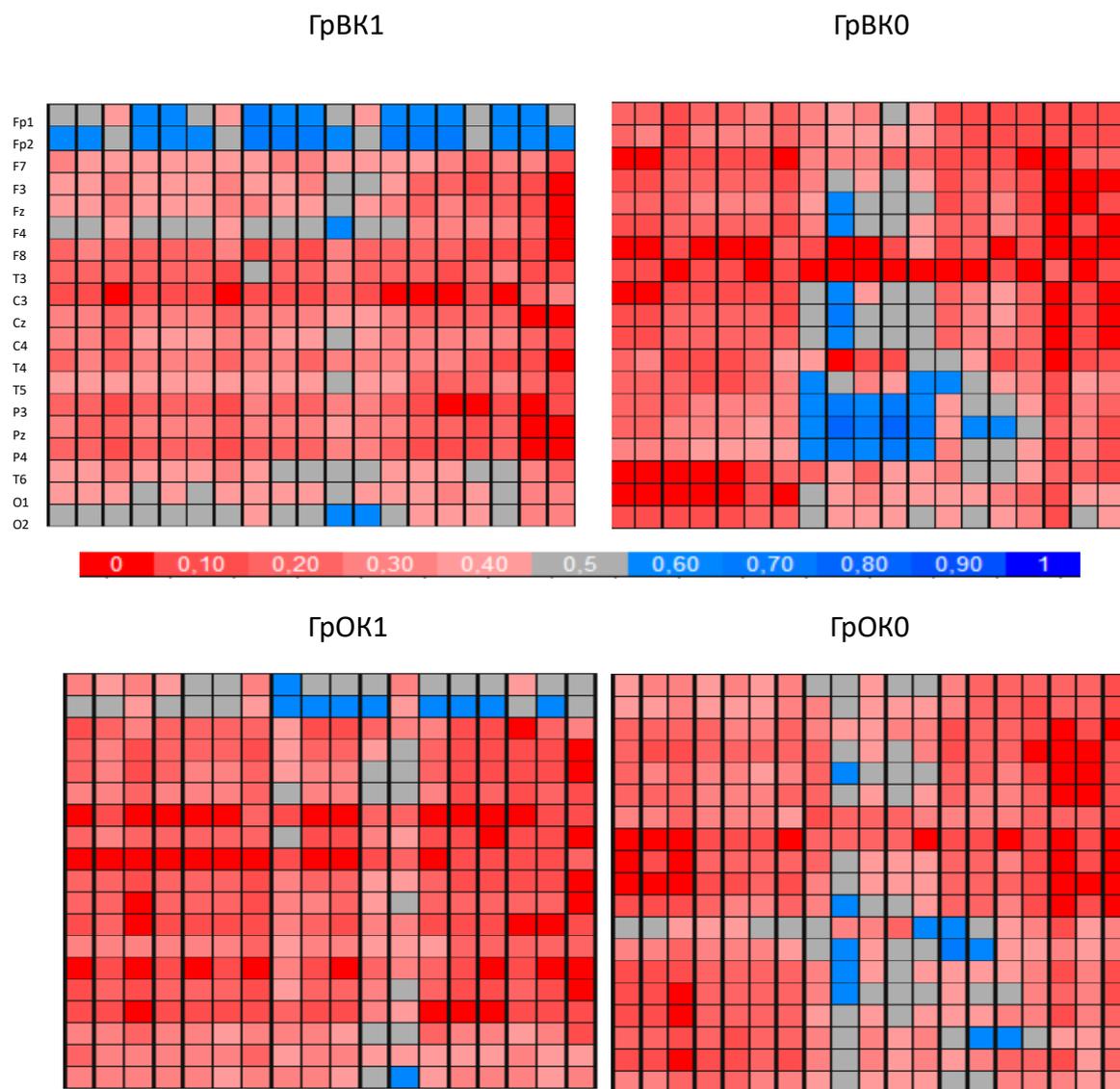


Рисунок 4.3 - Карты корреляций между дельта (вертикаль) и альфа2 (горизонталь) ритмами для групп, различающихся более высокой (ГрВК1-вербальной, ГрОК1-образной) или низкой (ГрВК0, ГрОК0) оригинальностью ответов

Приведенные на рис. 4.3 карты взаимосвязи мощности дельта и альфа2 осцилляций ($r > 0.45$ при $p < 0.05$) указывают на разные формы их организации

в группах, различающихся уровнем вербальной или образной креативности. Согласно результатам межгруппового сравнения регионарных особенностей средних значений показателей корреляции ГрВК1 характеризуется более выраженной положительной связью мощности дельта колебаний в переднефронтальных отведениях и генерализованно представленного альфа2 по сравнению с ГрВК0 ($r=0.62$ и 0.24 , $p=0.03$), тогда как в ГрВК0 связь этих ритмов представлена в задних областях коры. Сравнительный анализ коэффициентов корреляции в отведениях С3, Cz, С4, Р3, Рz, Р4) показывает большие значения в ГрВК0, чем ГрВК1 ($r=0.55$ и 0.23 , $p=0.05$). Такая же закономерность, но менее выраженная, прослеживается при сравнении корреляционных карт для ГрОК1 и ГрОК0 ($r=0.57$ и 0.33 , $p=0.10$ и $r=0.44$ и 0.22 , $p=0.20$, соответственно).

Аналогично выполненный корреляционный анализ мощности тета и бета 2 ритмов выявил положительную связь для ГрВК1: мощность тета ритма в передней части коры, в отведениях Fp1, F7, T4 и T5 связана с широко распространенными по коре бета2 осцилляциями (рис. 4.4, корреляции значимы при $r>0.50$, $p<0.05$). В ГрОК1 корреляции тета и бета2 не такие высокие и представлены преимущественно в центрально-париетальных отведениях. В ГрВК0 отмечены только единичные связи показателей мощности этих ритмов, а в ГрОК0 – корреляция тета в T4 и Р3 с диффузно распространенными по коре показателями мощности бета 2 колебаний.

Таким образом, фоновая активность мозга по-разному представлена в группах с высокой или низкой оригинальностью ответов при тестировании вербальной или образной креативности и характеризуется разными формами связи с уровнем IQ.

Связанные с креативностью эффекты фоновой мощности ЭЭГ, ассоциированные с оригинальностью дивергентного мышления, представлены более широко и на частотном, и на регионарном уровне в сравнении с IQ. Это согласуется с тем, что для поиска нового, не стереотипного решения поставленной задачи необходима интеграция широко

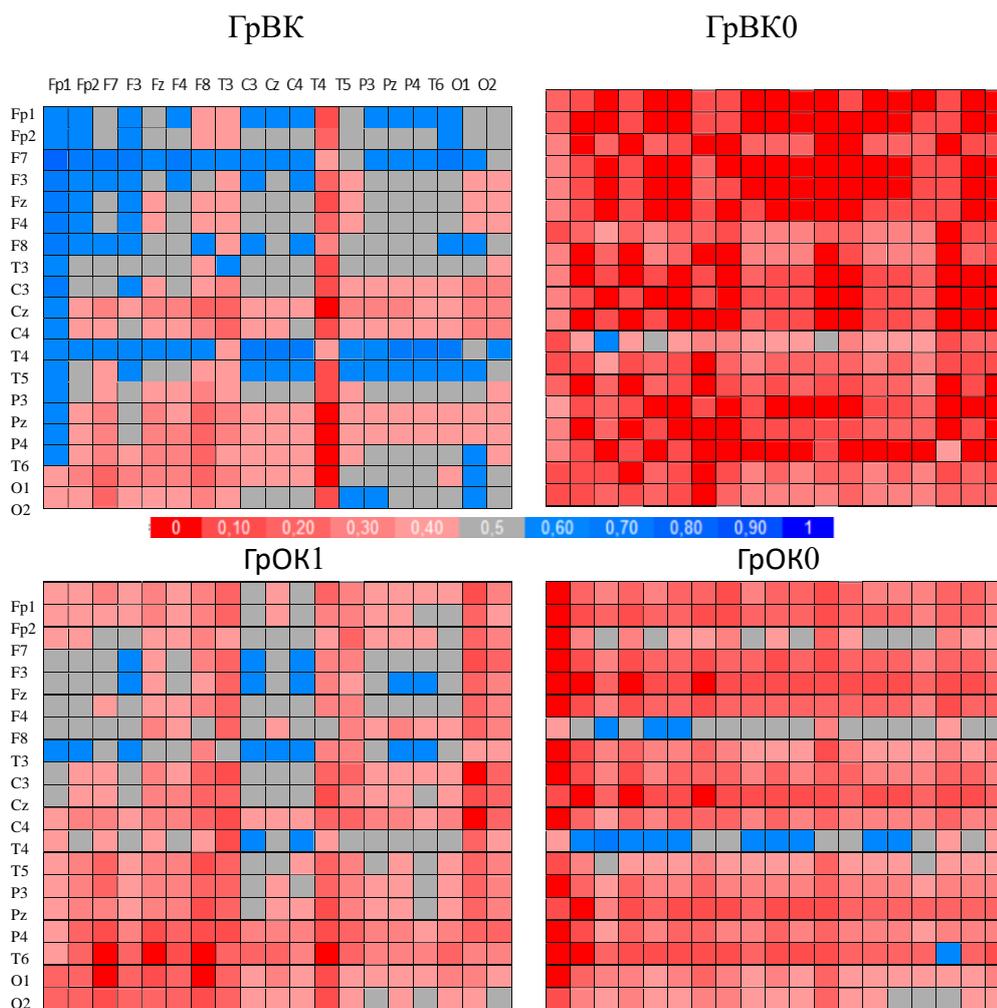


Рисунок 4.4 - Карты корреляций между тета (вертикаль) и бета² (горизонталь) ритмами для групп, различающихся более высокой или низкой оригинальностью ответов

распределенных нейронных сетей, охватывающих не только многочисленные корковые области, но и подкорковые структуры (Beaty et al., 2018; 2019; Shi et al., 2018; Sunavsky, Poppenk, 2020). При формировании ГрОК и ГрВК были использованы показатели оригинальности дивергентного мышления в разных условиях тестирования креативности: требующих в первую очередь отказа от стереотипного ответа (ПФ и НИОП) либо скорее способностей к формированию отдаленных ассоциаций (НФ и СП). Следовательно, сформированные на основе показателей оригинальности группы могут различаться также и стратегиями поиска ответа вследствие разных условий тестирования.

Взаимодействие нейронных ансамблей распределенной системы FPN и DMN как основы для генерации концептуально нового решения при тестировании креативности показано с применением томографии (Benedek et al., 2019). Эффективную координацию этих ансамблей может обеспечивать синхронизация медленноволновой активности согласно полученным нами результатам и отмеченной ранее положительной связи дельта колебаний и оригинальности дивергентного мышления (Boot, Baas, 2017). Однако известен и противоположный эффект: десинхронизация дельта-осцилляций при создании уникального образа (Foster et al., 2005). Объяснением таких противоречий могут быть различия в субъективно оцениваемой сложности задачи и соответствующие им изменения в балансе активационных и тормозных процессов в коре (Разумникова, 2009; Dunst et al., 2014).

Сравнительно более локально регионарно и частотно представленная связь фоновой ЭЭГ и IQ согласуется с гипотезой нейронной эффективности (Haier et al., 1988), согласно которой для быстрого извлечения логически верного ответа при тестировании IQ требуется точно скоординированная и экономно функционирующая нейронную сеть. Следует отметить и другую возможную причину: менее выраженные в сравнении с креативностью межгрупповые различия по IQ в Gr0 и Gr1, так как по уровню IQ группы различаются примерно на 10%, тогда как по показателю оригинальности – в 1.5-2 раза.

Обнаруженные эффекты взаимодействия креативности и IQ большей частью были представлены в дельта и тета диапазонах, вовлеченных в процессы мотивации и эмоциональной регуляции когнитивной деятельности (Knyazev, 2012; Kropotov, 2009; Tort et al., 2009).

Разнонаправленные в GrOK и GrBK эффекты для дельта колебаний в отведениях Fz, Cz, Pz (проекция DMN) можно объяснить большим вкладом вербальных интеллектуальных способностей в «преднастройку» нейронных сетей коры для организации дальнейшей когнитивной деятельности, сопровождающейся снижением активности DMN при ее повышении в FPN

(Fox et al., 2005; Riemer et al., 2020). Причем обнаруженный разнонаправленный градиент мощности дельта колебаний по оси Fz-Cz-Pz с увеличением в заднем направлении для ГрВК1, но снижением для ГрВК0 (рис. 4.1 А) с учетом регионарных особенностей взаимосвязи мощности дельта и альфа 2 ритмов (рис. 4.3) может отражать «преднастройку» к успешной креативной деятельности в ГрВК1 за счет ее мотивационного и исполнительного компонентов и соответствующей синхронизации дельта биопотенциалов фронтальной коры совместно с генерализованной по коре десинхронизации альфа2 ритма (взаимосвязь систем FPN и DMN), тогда как в ГрВК0 такой эффект характерен только для центрально-париетальных областей как «автономного» состояния DMN. Подобие корреляционных карт для ГрВК1 и ГрОК1 можно рассматривать как подтверждение общего эффекта взаимодействия FPN и DMN, необходимого для поиска оригинального решения поставленной проблемы (Beatty et al., 2014, 2018; Christensen et al., 2019; Heinonen et al., 2016).

Обнаруженная на альфа1,2 частоте большая синхронизация биопотенциалов в передней части коры в Гр1, чем Гр0 отражает, по-видимому, «преднастройку» фонового состояния мозга (Kounios et al., 2014), ведущую к успешным процессам интернального внимания и торможения нерелевантной информации при дивергентном мышлении (Benedek et al., 2011). Причем такая «преднастройка» в Гр1 по сравнению с Гр0 совмещается с большей десинхронизацией альфа биопотенциалов в задних отделах коры, а применительно к вербальной или образной природе задания подтверждает их регионарную специфику: вербальной креативности - височных областей коры, а невербальной – теменно-затылочных областей.

Что касается эффекта ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ, то сравнительно большая активация левого полушария согласно показателям мощности альфа и бета ритмов отмечена для ГрОК1 и правого – для ГрВК1, однако с инверсией этого эффекта под влиянием IQ (т.е. усиления известной специализации левого полушария для вербальных функций).

Таким образом, на основании полученных результатов можно заключить, что оригинальность дивергентного мышления определяется преимущественно особенностями частотно-пространственной организации фоновой ЭЭГ в диапазонах дельта, тета, альфа 2 и бета 2 ритмов: более высокому ее уровню соответствует синхронизация низкочастотных биопотенциалов в передней части коры при относительно большей активации задних отделов на альфа-частоте. «Преднастройка» активности коры к вербальной оригинальности проявляется преимущественно в височных и центрально-париетальных областях коры, а к образной - в париетально-окципитальных.

Взаимодействие зрительно-пространственного компонента интеллекта и образной креативности представлено в большей степени в фоновой активности коры на частоте дельта ритма, а вербального компонента интеллекта и вербальной креативности – на частоте тета-диапазона.

Как уже упоминалось выше, эффективность мышления при тестировании креативности может определяться, не только природой заданий или вкладом интеллектуальных способностей, но и стратегиями поиска идеи, на которые может повлиять сама постановка проблемы. В связи с этим полученный массив психометрических и ЭЭГ данных был проанализирован с позиций сопоставления особенностей частотно-пространственной фоновой активности коры как «преднастройке» к отказу от давления стереотипного решения или в условиях поиска ответа на стимулы из более отдаленных семантических категорий, что стимулирует более широкий поиск оригинальной идеи.

С этой целью для исследования организации показателей креативности и интеллекта был использован иерархический агломеративный метод кластеризации предварительно нормализованных данных. Лучшего разделения кластеров удалось добиться с применением метода Уорда с евклидовой метрикой (рис. 4.5). Сходную структуру кластеров, объединяющих показатели интеллекта и креативности, дает применение

метода полных связей с определением максимальных значений парных расстояний между объектами в разных кластерах. Так как алгоритм Уорда основан на определении минимума дисперсий в гипотетических кластерах, то сформированную таким способом иерархическую структуру показателей интеллекта и креативности можно считать оптимально устойчивой для интерпретации полученных результатов.

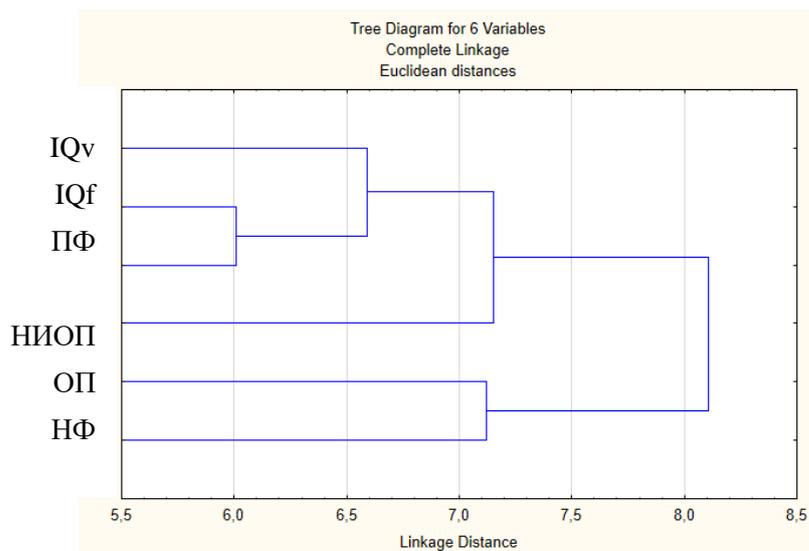


Рисунок 4.5 - Дендрограмма мер близости показателей вербальных и невербальных компонентов интеллекта и креативности

IQv- вербальный, IQf – зрительно-пространственный компонент интеллекта, ПФ – повторяющиеся фигуры (Круги), НИОП – необычное использование обычного предмета, ОП – осмысленное предложение, НФ – незавершенные фигуры

Приведенная на рис. 4.5 структура кластеров свидетельствует о наиболее тесной связи IQf и образной оригинальности при выполнении субтеста «Круги», и объединении этого кластера вместе с IQv и показателем вербальной оригинальности, полученным для субтеста НИОП в следующий кластер (Кластер 1). Показатели оригинальности ответов при выполнении двух других субтестов НФ и ОП формируют отдельный от первой группы переменных кластер, что указывает на другую стратегию поиска решения поставленной задачи (Кластер 2).

Для дальнейшего анализа ЭЭГ данных нами были сформированы выборки с использованием кластеризации показателей интеллекта и

креативности методом K-Means, который позволил разделить две группы, различающиеся высоким или низким значением рассмотренных показателей. Соостав этих групп был скорректирован на основании результатов иерархической кластеризации. В итоге Гр1 составили лица, продемонстрировавшие сравнительно высокие показатели по субтестам ПФ и НИОП (вошедшие в Кластер 1), а Гр2 - НФ и ОП (вошедшие в Кластер 2) ($F_{5,166}=6.85$; $p<0.0001$; $\eta^2=0.17$). Эти группы различались также по уровню IQ: с его более высокими значениями и тесной связью с креативностью в Гр1 и сравнительно низкими значениями и отсутствием связи IQ и оригинальности ответов в Гр2 (табл. 4.3).

Таблица 4.3

Состав и нормированные показатели интеллекта и креативности в двух группах, сформированных на основе результатов кластерного анализа данных

Группа	n	IQv	IQs	Опф	Ониоп	Онф	Ооп
Гр1	16	0.51	0.39	0.47	0.36	-0.26	-0.35
Гр2	19	-0.33	-0.27	-0.33	-0.35	0.19	0.39

Примечание. IQv – вербальный компонент интеллекта, IQs- зрительно-пространственный компонент интеллекта, Опф – показатель оригинальности при выполнении субтеста «Круги», Ониоп- показатель оригинальности при выполнении субтеста «Необычное использование», Онф- показатель оригинальности при выполнении субтеста «Незавершенные фигуры», Ооп - показатель оригинальности при выполнении субтеста «Составление предложения».

Целью дальнейшего анализа было выяснение ЭЭГ коррелятов креативности, различающейся в группах, сформированных согласно выделенным разным стратегиям поиска решения проблемы. При этом мы ограничились анализом только дельта и бета ритмов, так как выше показано их информативное значение в качестве предикторов креативности и вербального интеллекта.

Для выяснения особенностей частотно-пространственной организации низко- и высокочастотных осцилляций в выделенных группах: Гр1 и Гр2

использовали иерархический агломеративный метод кластеризации Уорда с евклидовой метрикой. На рис. 4.6 показаны полученные для этих групп дендрогаммы сформированных кластеров при анализе дельта ритма, а на рис. 4.7 – для бета2.

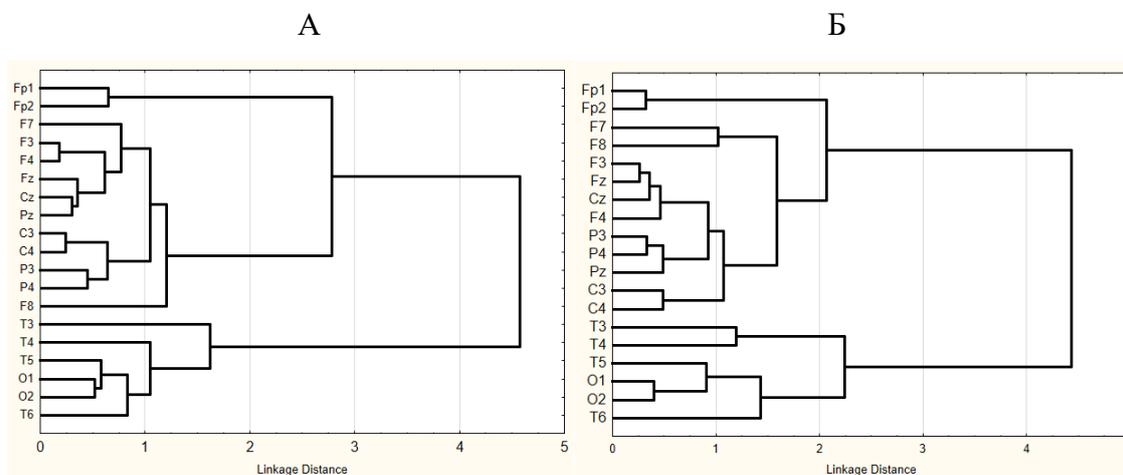


Рисунок 4.6 - Дендрогаммы кластеров дельта ритма для групп, различающихся организацией креативности: связанной с интеллектом (А) и несвязанной с интеллектом (Б)

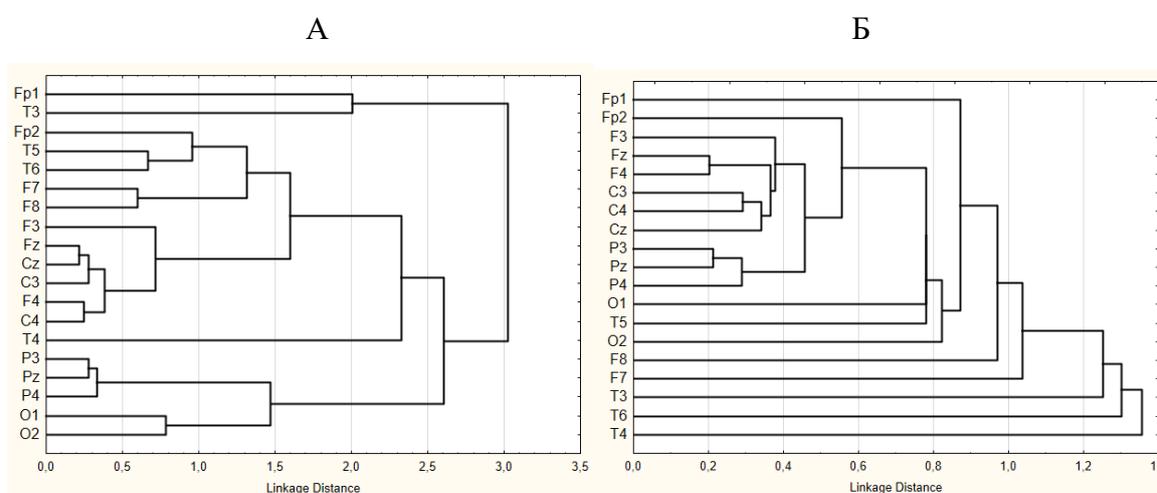


Рисунок 4.7 - Дендрогаммы кластеров бета2 ритма для групп, различающихся организацией креативности: связанной с интеллектом (А) и несвязанной с интеллектом (Б)

Согласно кластерной организации дельта ритма, в обеих группах выделено по два кластера, однако Гр1 характеризуется большей дистанцией кластера, представляющего передние области коры при ведущем значении осцилляций в F8, тогда как в Гр2 полученные кластеры сходны мерой

связности, а в объединении областей передней части коры ведущее значение принадлежит F7 и F8 (рис. 4.7).

Регионарная организация бета2 ритма представлена двумя кластерами в Гр1 (Fp1 и Fp2 формируют один кластер, остальные отведения –второй) и четырьмя - в Гр2 (отведения T3, T6 и T4 отражают три отдельных кластера, а все остальные отведения включены в общий для них кластер) (см. рис.4.7). Ведущий вклад в объединение двух кластеров бета ритма в Гр1 имеет область, представленная T4, а в Гр2 - F7, F8 и Fp1.

Для выяснения степени взаимодействия высокочастотных бета2 и низкочастотных дельта биопотенциалов в Гр1 и Гр2 был выполнен корреляционный анализ, результаты которого показаны на рис. 4.8 (0.50<r<0.63при 0.008<p<0.05; вертикально приведены отведения для дельта ритма, горизонтально – для бета2).

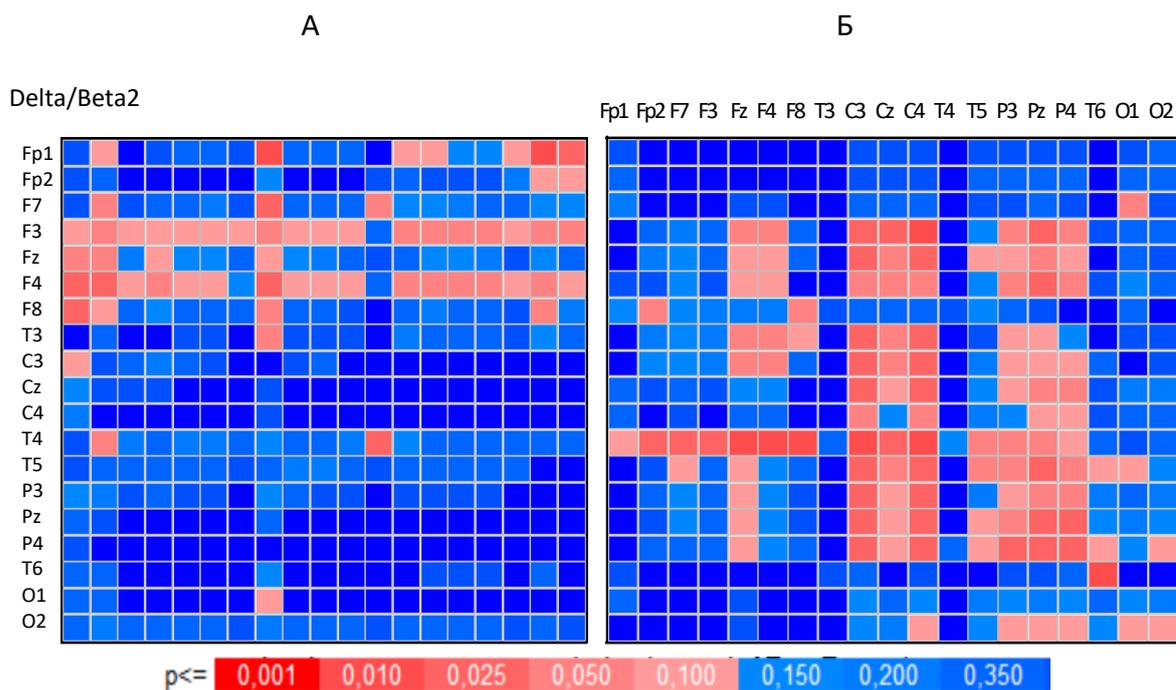


Рисунок 4. 8 - Корреляционные карты дельта (отведения по вертикали) и бета2 (отведения по горизонтали) ритмов для групп, различающихся организацией креативности: связанной с интеллектом (А) и несвязанной с интеллектом (Б)

Полученные результаты указывают, что различия между группами представлены более выраженной связями между дельта ритмом в лобных

участках коры и бета 2 осцилляциями в задних областях коры для Гр1 (рис. 4.8 А), тогда как Гр2 характеризуется более широко распределенными корреляциями бета2 и дельта ритма с концентрацией в центрально-париетальных областях коры (рис. 4.8 Б).

Таким образом, можно заключить, что две выделенные группы участников исследования, различающиеся уровнем интеллекта и оригинальностью ответов при выполнении заданий, требующих отказа от стереотипных идей (Гр1), или решения проблемы в условиях заданного разнообразия стимулов (Гр2), характеризуются разными формами регионарной организации дельта и бета 2 ритмов и их взаимосвязи. В Гр1 выделены по два кластера в каждом частотном диапазоне, представляющие разные формы объединения передних и задних отделов коры, отраженные во взаимосвязи низкочастотных биопотенциалов лобной коры и генерализованно представленной высокочастотной активности бета активности. Гр2 отличается регионарно более дифференцированно представленной кластеризацией бета2 активности при ее диффузно распределенной связи с дельта ритмом с исключением передне-фронтальных областей.

Полученные результаты указывают, что не только инструкция «быть оригинальным», но и предъявленный стимульный материал влияют на выбор стратегии поиска решения поставленной задачи, причем в большей степени, чем ее вербальная или образная природа. Повторяющиеся стимулы (тесты «Круги» или «Необычное использование обычного предмета») вызывают генерацию стереотипных ответов, поэтому «преднастройка» фоновой активности мозга, в которой в первую очередь задействованы префронтальные области коры, способствует выбору стратегии отказа от стереотипа и продолжения поиска с критической оценкой идей (рис. 4.6, 4.7, 4.8 А). Эта стратегия характеризуется сочетанием показателей оригинальности и IQ (рис. 4.6, 4.7).

В условиях применения разнообразных стимулов для успешного выполнения задания предпочтительна стратегия «дефокусированного»

внимания для поиска ответа в сети отдаленных ассоциаций, что отражается «преднастройкой» паттерна диффузно связанных областей задних отделов коры (рис. 4.6, 4.7 Б и 4.8 Б). Разную функциональную связность этих регионов коры обеспечивает синхронизация нейронных сетей на частотах дельта и бета диапазонов: с доминированием префронтальных областей для реализации стратегии критически обусловленного отказа от стереотипа, но темпоро-париетально-окципитальных областей – для актуализации отдаленных ассоциаций. В последнем случае следует отметить сравнительно больший эффект синхронизации амплитуды дельта и бета2 ритма в отведениях правого полушария (T4, O2), а в первом – левого (Fp1, F7). То есть обнаруженные различия в полушарной доминантности, связанной с креативностью (Aberg et al., 2017; Aziz-Zadeh et al., 2013; Mihov et al., 2010), можно объяснить разнообразием в использовании стратегий «интеллектуальной» или «спонтанной» реализации дивергентного мышления, сопровождающейся смещением активности в FPN и DMN при решении задачи (Li et al., 2016). Таким образом, полученные результаты подтверждают функциональное значение фонового состояния FPN и DMN и согласуются с представлениями о разной регионарной ассоциации компонентов креативности: сопротивление фиксации обеспечивается функциями лобно-височных областей коры, а достижение оригинальности – DMN (Halm et al., 2019).

Обозначенная нами «интеллектуальная» стратегия включает интернально контролируемый поиск решения проблемы, оригинальность которого обеспечивают ресурсы знаний и критический выбор ответа на основе логического сопоставления его разных возможных вариантов. «Спонтанную» стратегию задает само разнообразие стимулов. При этом успех дивергентного мышления может быть связан с разными компонентами интеллекта, как предикторами около 46% включенных в креативность нейронных сетей (Frith et al., 2020), тогда основной причиной неуспеха называют отсутствие инициации поиска информации (Harms et al., 2020; Wigert et al., 2022).

В качестве ЭЭГ индикатора мотивационной составляющей деятельности, модулирующей функциональную активность нейронных сетей, рассматриваются биопотенциалы дельта диапазона (Harmony, 2013; Knyazev, 2012), тогда как высокочастотную бета активность связывают с информационной нагрузкой и реорганизацией когнитивного контроля на основе функций FPC (Rogala et al., 2020; Stoll et al., 2016). Следовательно, обнаруженную нами регионарную специфику корреляционных паттернов этих ритмов в Гр1 и Гр2 можно интерпретировать как мотивационную «преднастройку» гибкой реорганизации селективных процессов, способствующей поиску оригинальной идеи с опорой на исполнительный контроль, характерной для Гр1 или на систему отдаленных семантических ассоциаций в Гр2.

Объяснением разных форм взаимосвязи оригинальности, беглости и гибкости, обнаруженных при психометрическом тестировании креативности (Zabelina et al., 2016) может быть объединение этих двух стратегий решения проблемной ситуации. Возможность разных способов достижения результата подчеркивается также и в модели двойного пути к творчеству: как функции гибкого мышления и настойчивости (Nijstad et al., 2010) или связью показателей оригинальности с одними структурами мозга, а гибкости – с другими, но и их разнонаправленным соотношением (Benedek et al., 2012; Frith et al., 2021).

Полученные нами результаты указывают, что одним из факторов, влияющим на отмечаемое при анализе креативности разнообразие во взаимодействии структур мозга (Beaty et al., 2018; Voccia et al., 2015; Khalil et al., 2019; Lin, Vartanian, 2018; Ogawa et al., 2018), являются разные условия тестирования. Это необходимо учитывать при поиске и ЭЭГ, и фМРТ коррелятов креативности при частом использовании таких заданий как «Необычное использование обычного предмета» или «Незавершенные фигуры», которые не только отличаются своей вербальной или образной природой, но и опираются на разные стратегии поиска ответа.

Следовательно, можно заключить, что обнаруженные частотно-пространственные паттерны взаимосвязи низкочастотных дельта и тета и высокочастотных альфа 2 бета 2 ритмов отражают преднастройку активности коры и ее функциональную нейропластичность для использования разных стратегий мышления. Сочетание низкочастотных биопотенциалов лобной коры и генерализовано представленной высокочастотной бета активности можно связать со стратегией «интеллектуального» поиска оригинального ответа в условиях давления ригидности памяти и, соответственно, ранее сформированного стереотипного разрешения ситуации. Оригинальность ответа в этом случае достигается гибкостью и критичностью мышления при высокой мотивации его поиска. Другая стратегия: дифференцированно представленная кластеризация бета2 активности при ее более диффузно распределенной по коре связи с дельта ритмом, но с исключением передне-фронтальных областей, по-видимому, отражает поиск решения на основе спонтанных ассоциаций.

Таким образом, компенсаторные резервы мозга на психометрическом уровне представлены гибкостью мышления, основанного на разных способах селекции информации, включая интернальный контроль переключения пути поиска идеи или ее спонтанный поиск, зависящие не только от «преднастройки» FPN и DMN, но и формы предъявления информации.

4.2 Личностные особенности реактивности ЭЭГ, вызванные конвергентным и дивергентным мышлением: значение рациональных и иррациональных черт

Исполнительный контроль поведения, основанный на критическом сопоставлении разных возможностей, в том числе гибкого преобразования плана действий, представляют основу формирования когнитивных резервов и их дальнейшей реализации. Литературные данные и представленные нами

выше в разделе 4.1 результаты свидетельствуют о роли фоновой активности мозга как «преднастройке» стратегии деятельности (Kumari et al., 2000; DeYoung et al., 2010), на которую влияет интеграция разных индивидуальных особенностей когнитивных и личностных характеристик. Ранее выполненный анализ профиля рациональных – иррациональных черт, предложенных согласно типологии К. Юнга, и функциональной активности мозга позволил выделить специфические паттерны частотно-пространственной организации ЭЭГ, отражающие такую «преднастройку» взаимодействия корковых областей (Разумникова, 2004; Разумникова, 2009).

Влияние этих личностных черт было рассмотрено также в отношении изменений функциональной активности мозга, связанной с эффективностью дивергентного и конвергентного мышления.

«В этом исследовании приняли участие 34 испытуемых-правшей (из них 16 юношей), студентов высших учебных заведений Новосибирска в возрасте от 18 до 21 года» (Разумникова, Яшанина, 2017).

Для определения личностных черт применяли опросник Кейрси (Овчинников и др., 1994), позволяющий дифференцировать рациональные (мышление-чувство) и иррациональные (ощущение-интуиция) личностных черт (его описание приведено в Главе 2.1).

ЭЭГ регистрировали в 19 отведениях в фоне (состояние покоя) и в экспериментальных условиях: при выполнении арифметического счета как варианта конвергентного мышления (КМ) и при решении эвристической задачи – дивергентное мышление (ДМ). Подробно методика регистрации и анализа ЭЭГ описана в Главе 2.4. Для анализа были взяты показатели мощности биопотенциалов в альфа1 (8-10 Гц) и альфа2 (10-13 Гц) диапазонах, как корреляты активационного состояния мозга.

«В качестве экспериментального задания для КМ использовали последовательное сложение чисел в уме, начиная с цифры 7. Если испытуемый сбивался со счета, он сообщал полученную сумму и продолжал сложение снова. Для ДМ применяли решение эвристической задачи, которая была

подобрана ранее для изучения ЭЭГ коррелятов дивергентного мышления. Моменты ошибок при КМ или сообщения ответов при ДМ были отмечены на ЭЭГ, и для последующего анализа случайным образом выбирались эпохи ЭЭГ, соответствующие процессу сложения в уме или поиска ответа при ДМ» (Разумникова, 2004).

Показателями эффективности КМ были количество ошибок (прерванного счета) и полученная при вычислении сумма; для ДМ - число выдвинутых идей и их средняя оригинальность (среднее значение оценки, данной тремя экспертами, и разделенное на количество идей).

Статистический анализ показателей эффективности мышления выполняли с использованием критерия Стьюдента, реактивность мощности ЭЭГ (фон минус значение при КМ или ДМ) анализировали с использованием ANOVA.

Из-за наличия множества артефактов при записи ЭЭГ в ситуации КМ или ДМ шесть испытуемых были исключены из дисперсионного анализа.

На основе полученных в результате тестирования показателей рациональных и иррациональных личностных черт были сформированы группы с преобладанием мышления или чувства (соответственно, ГР_М1 и ГР_М0), интуиции или ощущения (ГР_И1 и ГР_И0) (состав групп и показатели эффективности КМ и ДМ приведены в табл. 4.4). Сравнение эффективности выполнения заданий не выявило значимых межгрупповых различий.

«Дисперсионный анализ показателей реактивности мощности выполняли с факторами ПОЛ (2) x ГРУППА (2) x ОТВЕДЕНИЕ (19), отдельно для альфа1 и альфа2 диапазонов.

Эффект ГРУППА, связанный с выраженностью рациональных личностных черт, был обусловлен различиями в реактивности мощности ЭЭГ при КМ в альфа1 диапазоне ($F_{1,28}=4.08$; $p<0.05$): ГР_М1 характеризовалась большими значениями реактивности ритма, чем ГР_М0, а ее положительный знак указывал на большую десинхронизацию низкочастотных альфа-

колебаний при выполнении задания на сложение чисел. (рис. 4.9 А). Этот эффект был представлен преимущественно в теменных областях коры ($F_{18,504}=4.95$; $p<0.01$ с поправкой Гринхауза-Гейсера) (рис. 4.9 Б).

Таблица 4.4

Показатели эффективности конвергентного и дивергентного мышления в группах, различающихся выраженностью рационального и иррационального личностных черт

Показатели эффективности	Рациональные черты				Иррациональные черты			
	ГР_М1 (10)		ГР_М0 (19)		ГР_И1 (11)		ГР_И0 (18)	
	средн	±	средн	±	средн	±	средн	±
Конвергентное мышление								
Ошибки	0.9	0.6	1.3	0.9	1.2	1.0	1.1	0.7
Сумма	256	68	208	95	243	110	220	66
Дивергентное мышление								
Беглость	8.2	5.7	5.7	4.8	6.5	5.2	6.4	4.3
Оригинальность	0.37	0.26	0.25	0.20	0.32	0.25	0.24	0.18

Примечание. ГР_М1 – группа с доминированием мышления, ГР_М0 – чувства, ГР_И1 – интуиции, ГР_И0 – ощущения; в скобках указано количество испытуемых в каждой группе.

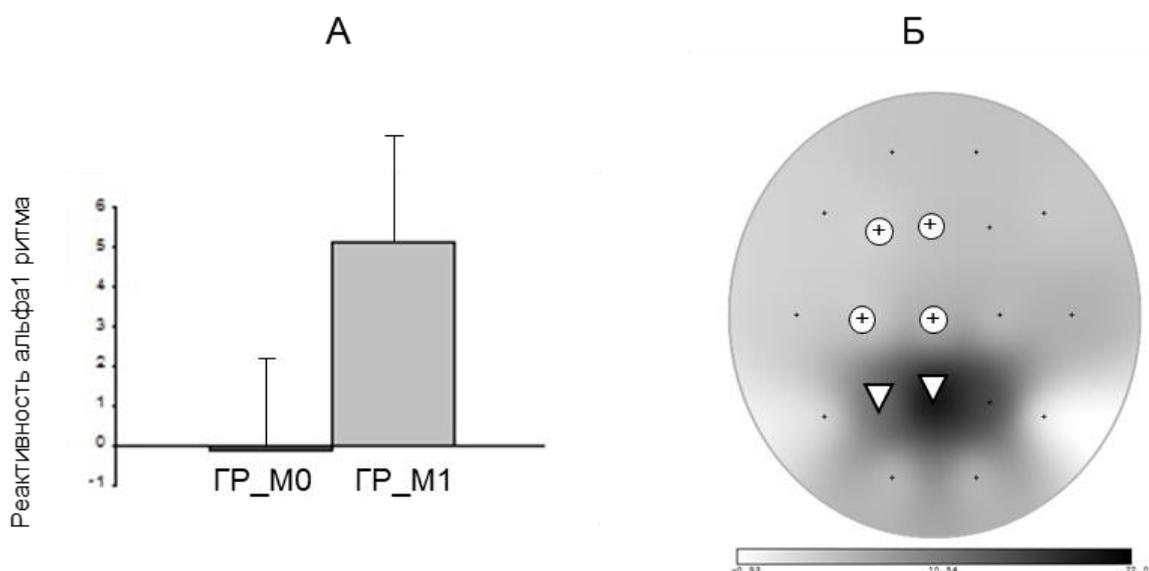


Рисунок 4.9 - Реактивность альфа 1 ритма, вызванная конвергентным мышлением в группах со слабо (ГР_М0) и ярко (ГР_М1) выраженными рациональными чертами. А-межгрупповые различия, Б-их регионарная специфика. Стрелками отмечены отведения значимого снижения мощности альфа1 ритма, знаком + - те отведения, где обнаружена положительная связь с количеством ошибок при КМ.

Связанные с выраженностью иррациональных черт эффекты обнаружены для частот и альфа1, и альфа2 диапазонов. Согласно post-hoc анализу взаимодействия факторов ГРУППА x ОТВЕДЕНИЕ ($F_{18,522}=2.37$; $p<0.001$) вызванная ДМ реактивность альфа1 ритма в теменных областях коры (Pz и P4) для ГР_И0 была выше, чем в ГР_И1 ($p<0,05$), указывая на их активацию (рис. 4.10 А). В альфа2 диапазоне связанные с ДМ изменения активности мозга в парието-окципитальных отделах коры противоположны: ГР_И1 характеризовалась синхронизацией альфа2-осцилляций, тогда ГР_И0 – слабой десинхронизацией ($F_{18,522}=2.18$; $p<0.003$) (рис. 4.10 Б)» (Разумникова, Яшанина, 2017).

«Корреляционный анализ между показателями эффективности КМ или ДМ и реактивностью альфа1 и альфа2 ритмов выявил только для ГР_М1 вызванные КМ изменения мощности альфа1 колебаний: показатель ошибок положительно коррелировал со значениями реактивности в отведениях F3, Fz, C3, Cz ($0,01<p<0,05$) (рис. 4.9 Б).

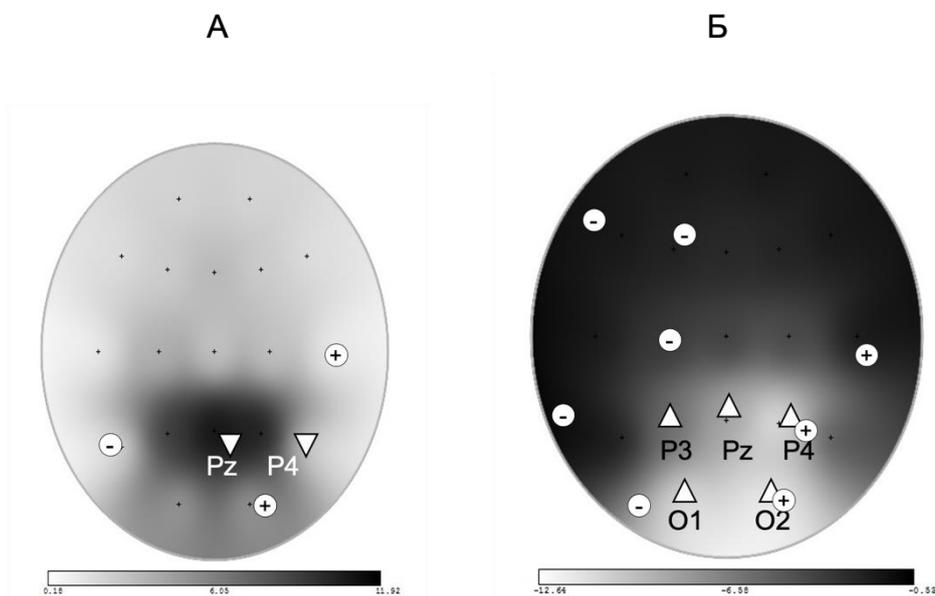


Рисунок 4.10 - Связанные с выраженностью иррационального когнитивного стиля различия в реактивности альфа1,2 ритма, вызванной дивергентным мышлением.

А – карта различий в реактивности альфа1 ритма между группами с низкими значениями интуиции (ГР_И0) и высокими (ГР_И1), Б - для альфа2; треугольниками отмечены отведения, где межгрупповые различия достоверны, кружками отмечены отведения, в которых реактивность альфа1,2 ритма положительно (+) или отрицательно (-) связана с показателем оригинальности.

Реактивность мощности альфа_{1,2} биопотенциалов, обусловленная ДМ, оказалась по-разному связана с показателем оригинальности идей в ГР_И0 и ГР_И1. Для ГР_И0 была характерна негативная корреляция оригинальности и реактивности мощности альфа₁ ритма в Т5 ($r = -0,54$; $p < 0,03$), а для ГР_И1 - положительные связи - в отведениях Т6 и О2 ($0,57 < r < 0,60$; $p < 0,05$). Более многочисленные связи оригинальности и реактивности мощности обнаружены для альфа₂ диапазона. В ГР_И0 это были негативные корреляции реактивности альфа₂ биопотенциалов в отведениях F4, F8, С3, Т5 и О1, а для ГР_И1 – позитивные – в отведениях Р4, Т6 и О2» (Разумникова, Яшанина, 2017).

«Примеры этих разнонаправленных в ГР_И0 и ГР_И1 корреляций показаны, соответственно, на рис. 4.11 А и Б. Для ГР_И1 также обнаружены положительные связи беглости идей и альфа₂ реактивности: в Р3 такая корреляция была значима ($r = 0,59$; $p < 0,05$), а в Р4 и Т6 – на уровне тенденции ($0,54 < r < 0,47$; $p < 0,08$)» (Разумникова, Яшанина, 2017).

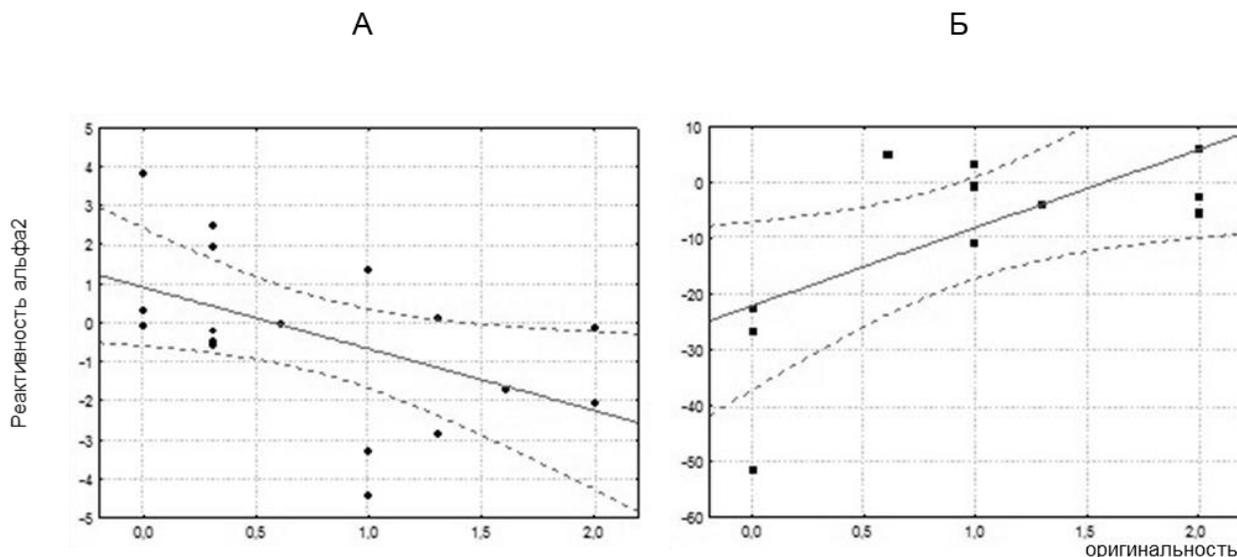


Рисунок 4.11 - Связь реактивности альфа₂ ритма, вызванной дивергентным мышлением, и показателей оригинальности идей в группе с низкими (ГР_И0) (А) и высокими (ГР_И1) (Б) значениями интуиции

Полученные результаты свидетельствуют, что вызванные КМ изменения в активации мозга зависят от рациональных личностных черт:

большая активация (т.е. более выраженная десинхронизация альфа1 ритма) теменных отделов коры характерна для ГР_М1 по сравнению с ГР_М0.

Функциональная активность этих областей коры при выполнении арифметических операций была отмечена ранее (Burbaud et al., 1999; Dehaene et al., 2004). Этот эффект, присущий для лиц с преобладанием рациональной функции мышления, указывает, что личностные особенности формируют регионарную специфику функциональной организации нейронных систем мозга, необходимую для выполнения операций КМ.

«Обнаруженные для ГР_М1 положительные связи между реактивностью альфа1 ритма и показателем ошибок, сделанных при последовательном сложении чисел, можно объяснить в рамках гипотезы «нейронной эффективности» (Haier et al., 1988; Neubauer, Fink, 2009), согласно которой результативность конкретной мыслительной операции обеспечивается специализированной для этой операции нейронной системой. Повышение активации лобных и центральных участков коры (см. рис. 4.10 Б) в таком случае можно рассматривать как дополнительное привлечение ресурсов мозга, если вычисление затрудняется» (Разумникова, Яшанина, 2017).

Связанные с иррациональными функциями изменения функциональной активации мозга при ДМ оказываются представлены более широко: регионарно этот эффект охватывает разные области в задней части коры и частотно представлен не только в альфа1, но и в альфа2 - диапазонах. «Положительные значения функциональной реактивности альфа1 ритма для ГР_И0 и ее отрицательный знак для изменений альфа2 в ГР_И1 свидетельствуют о более выраженных активационных процессах при слабо выраженной интуиции и о синхронизации альфа2 биопотенциалов – при ее высоких значениях» (Разумникова, Яшанина, 2017).

Показано, что функциональная реактивность альфа ритма связана с разными личностными характеристиками, в том числе с выраженностью рациональных - иррациональных личностных свойств (Разумникова, 2000;

Разумникова, 2009; Fink, Neubauer, 2008), и изменяется в зависимости от используемой стратегии креативной деятельности и ее эффективности (Fink, Benedeck, 2013). Несмотря на отсутствие межгрупповых различий в эффективности ДМ, ГР_И1 и ГР_И0 характеризуются разными формами функциональной активности коры головного мозга при решении эвристической задачи при разном значении реактивности альфа ритма для ее успешного решения. Следовательно, стратегия поиска оригинальной идеи оказывается зависимой от выраженности личностной интуиции (Разумникова, Яшанина, 2017). «Показанная в ряде работ синхронизация альфа-ритма как показателя дефокусированного или интернально направленного внимания (Разумникова, 2009; Fink, Benedeck, 2013) согласно полученным результатам оказывается коррелятом успешного ДМ только для лиц со слабо выраженной интуицией, тогда как при ее доминировании вызванная ДМ синхронизация альфа-колебаний в задних отделах коры имеет негативное значение. Такой негативный эффект возможен как следствие избыточных процессов торможения в нейронных функциональных системах (Fink, Benedeck, 2013).

Таким образом, можно заключить, что модулирующая функциональную активность мозга роль рациональных личностных черт в большей мере проявляется при конвергентном мышлении, тогда как иррациональных – при дивергентном, что вносит дополнительную вариативность в организацию когнитивной деятельности и когнитивных резервов» (Разумникова, Яшанина, 2017).

Выводы по главе 4

Анализ реорганизации частотно-пространственных паттернов активности мозга, связанных с разными стратегиями мышления, показал, что более высокому уровню оригинальности дивергентного мышления соответствует синхронизация низкочастотных биопотенциалов в передней части коры при относительно большей активации задних отделов на альфа-частоте. «Преднастройка» активности коры к вербальной оригинальности

проявляется преимущественно в височных и центрально-париетальных областях коры, а к образной - в париетально-окципитальных.

Взаимодействие зрительно-пространственного компонента интеллекта и образной креативности представлено в большей степени в фоновой активности коры на частоте дельта ритма, а вербального компонента интеллекта и вербальной креативности – на частоте тета-диапазона.

Паттерны взаимосвязи низкочастотных дельта и тета и высокочастотных альфа 2 бета 2 ритмов отражают преднастройку активности коры и ее функциональную нейропластичность для использования разных стратегий мышления. Сочетание низкочастотных биопотенциалов лобной коры и генерализованно представленной высокочастотной бета активности можно связать со стратегией «интеллектуального» поиска оригинального ответа в условиях давления ригидности памяти и, соответственно, ранее сформированного стереотипного разрешения ситуации. Дифференцированно представленная кластеризация бета2 активности при ее более диффузно распределенной по коре связи с дельта ритмом отражает стратегию спонтанного поиска решения с применением отдаленных ассоциаций.

Гибкость мышления как компенсаторный резерв мозга и поведения представлена разными формами селекции информации: как интернальный контроль переключения пути поиска идеи или ее спонтанный поиск и зависима не только от «преднастройки» сетей FPN и DMN, но и от формы предъявления информации. Дополнительную вариативность в организацию когнитивной деятельности и когнитивных резервов вносят устойчивые личностные черты: роль рациональных в большей мере проявляется при конвергентном мышлении, тогда как иррациональных – при дивергентном.

ГЛАВА 5. ОРГАНИЗАЦИЯ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ, ФОРМИРУЮЩИХ РЕЗЕРВЫ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ОНТОГЕНЕЗА

Ранее нами были рассмотрены закономерности организации когнитивных функций, представляющих систему компонентов когнитивных резервов. Далее перед нами встает задача исследовать, как происходит реорганизация этой системы на разных стадиях онтогенеза: в школьном, студенческом и пожилом возрасте и как эта реорганизация связана с качеством жизни респондентов.

Образование, саморегуляция и социально-экономический статус рассматриваются как генерализованные факторы, определяющие качество жизни на поздней стадии онтогенеза (Conti, Heckman, 2010; Gu et al., 2017; Hackman, et al. 2010; Suhrcke, de Paz Nieves, 2011). Наиболее устойчивыми эффектами изменений когнитивного статуса при старении являются ухудшение кратковременной памяти, замедление селекции информации, ослабление тормозных процессов при обработке иррелевантных сигналов и, в целом, снижение интеллекта (Разумникова, 2015; Harada et al., 2013; Salthouse, 2010). В Главах 1 и 3 описана широкая индивидуальная изменчивость в организации когнитивных функций и в отдельные периоды онтогенеза, и в возрастной динамике соотношения разных ментальных процессов. Например, при анализе показателей вербальных функций отмечается их снижение (менее выраженное, чем это наблюдается при выполнении зрительно-пространственных задач), постоянство или даже повышение (Alwin, McCammon, 2001; Burke, Shafto, 2008; Gonzalez-Burgos et al., 2019; Laver, Burke, 1993; Kemper et al., 2001; Llewellyn, Matthews, 2009). Для объяснения механизмов изменений когнитивных функций, связанных со старением организма, предлагаются разные теории, эмпирические доказательства которых подробно описанные в Главе 1.1: «лобного старения» (West, 1996), «дефицита торможения» (Hasher et al., 1999; Weeks, Hasher, 2016) или нарушений функциональных нейронных сетей (Greewood, 2000). Примеры долгожительства при сохранении когнитивного статуса, профессиональной

деятельности и социальной активности (Разумникова, 2015; Qiu et al., 2009) указывают на актуальность продолжения исследований закономерностей реализации когнитивных резервов в позднем онтогенезе с использованием междисциплинарного подхода и объединением задач психологии и нейробиологии (Разумникова, 2015). Известное понятие «успешное старение» включает три необходимых компонента: продолжительность жизни, состояние здоровье (отсутствие инвалидности и беспомощности) и удовлетворение жизнью (Gu et al., 2017; Qiu et al., 2009).

Для поддержания достаточно высокого качества жизни на поздних стадиях онтогенеза необходимо активировать компенсаторные процессы, сформированные на его ранних этапах, и поддержание процессов нейропластичности при старении мозга, что позволяет в течение длительного времени сохранять ментальное и психическое здоровье (Разумникова, 2015; Palmore, 1995; Park, Reuter-Lorenz, 2009). С этой целью вслед за первыми университетами, ориентированных на образование для пожилых людей, в разных городах России открываются «университеты третьего возраста», чтобы люди, вышедшие на пенсию, могли использовать свое свободное время для повышения интеллектуального уровня и расширения круга социальных контактов и сферы деятельности. Например, программа образования «Народного факультета» Новосибирского государственного технического университета предусматривает знакомство слушателей с широким кругом новых знаний: от ландшафтного дизайна до психологии стресса и конфликтологии (Разумникова, Прохорова, 2016). В ходе проведения таких занятий, посвященных знакомству с закономерностями старения мозга и реализации когнитивных резервов, выполнялось психометрическое тестирование показателей внимания, памяти, компонентов интеллекта и качества жизни, а также проводилось обучение использованию компьютеризированных методик для когнитивного тренинга. Результаты анализа собранного массива данных с привлечением этой выборки пожилых

лиц в сопоставлении с более ранними этапами онтогенеза представлены в ниже приведенных разделах.

5.1 Связь компонентов интеллекта с самооценкой состояния здоровья в молодом и пожилом возрасте

Результаты исследований взаимосвязи интеллекта и состояния здоровья показывают их опосредованное влияние друг на друга (Разумникова и др., 2016). Обнаружена положительная связь социального интеллекта и позитивного отношения к жизни (Hooda et al., 2009), и известны многочисленные доказательства негативного соотношения психометрически оцененного интеллекта в детском возрасте и показателей смертности в старости, которое сохраняется и после коррекции с учетом сопутствующего уровню интеллекта социо-экономического статуса (Breslau et al., 2006; Deary, 2012; Kanazawa, 2014). Эффекты связи интеллекта и здоровья объясняют тем, что «индивиды с высоким интеллектом способны рационально регулировать свое поведение и успешно решать возникающие проблемы, приспосабливаясь к новым условиям жизни и избегая травмирующих ситуаций, что повышает их жизнеспособность в целом. Связь интеллектуальных способностей и вероятности заболеваний показана для широкого спектра патологий: сердечно-сосудистых, онкологических, психических и многих других» (Batty et al., 2009; Razumnikova, 2010). Обнаружены предсказательные возможности эффективности выполнения когнитивных заданий (Разумникова и др., 2016), в том числе используемых для измерения разных компонентов интеллекта, как предикторов качества жизни в позднем онтогенезе (Batterham et al., 2009; Davenport, Kalakota, 2019; Schmand et al., 1997; Shakeel, Goghari, 2017).

Для изучения возрастных особенностей соотношения разных психометрических форм интеллекта и самооценки состояния здоровья к исследованию были привлечены 65 слушателей «Народного факультета»

(средний возраст $63,9 \pm 5,8$ года; 94 % — женщины) (ГрП), 68 студентов-заочников и получающих второе высшее образование по специальности «психология» ($32,0 \pm 7,2$ года; 82 % — женщины) (ГрС2) и 70 студентов очного обучения ($19,7 \pm 1,5$ года; 91 % — женщины) (ГрС1). Средний уровень образования в этих группах составил, соответственно, $13,7 \pm 2,8$; $13,9 \pm 2,2$ и $12,2 \pm 0,8$ года (Разумникова и др., 2016).

Для определения вербального и образного компонентов интеллекта использовали по два субтеста методики Р. Амтхауэра (соответственно 2 и 3 и 7, 8 субтесты). Для оценки социального интеллекта применяли тест Гилфорда–Салливен (Приложение А). Для оценки компонентов эмоционального интеллекта (ЭИ) использовали опросник К. Барчард, а самооценку качества жизни определяли согласно методике SF-36 (их описание приведено в Главе 2.2).

«Тестирование психометрических показателей интеллекта и самооценки состояния здоровья проводили в ходе практических занятий по психологии здоровья.

В результате дисперсионного анализа ANOVA показателей восьми шкал SF-36 с использованием фактора ВОЗРАСТ (3: ГрП, ГрС1 и ГрС2) получено значимое взаимодействие этих переменных ($F_{14,1372}=2,84$; $p=0,0003$). Post-hoc анализ взаимодействия ВОЗРАСТ \times ШКАЛА с использованием поправки Бонферрони для множественных сравнений показал, что ГрП характеризуется более низкими значениями по шкалам ФФ, РФ, Б, ОЗ и ЭФ при сравнении с ГрС2, а по показателям ФФ и РФ при сравнении с ГрС1 ($p < 0,02$)» (Разумникова и др., 2016).

Профиль шкал для исследованных трех возрастных групп показан на рис. 5.1.

Полученный профиль показателей качества жизни в целом хорошо соответствует средним популяционным значениям и возрастным соотношениям шкал SF-36 с более высокими значениями по шкалам ИФЗ в молодом возрасте, а ИПЗ – в пожилом (Амирджанова и др., 2008).

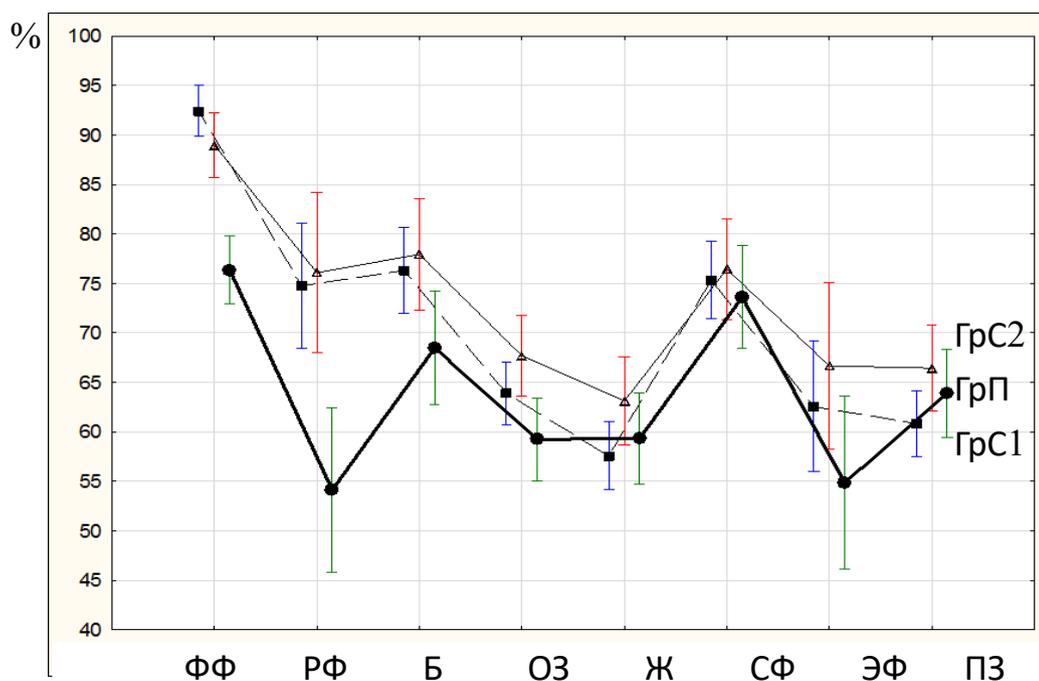


Рисунок 5.1 - Возрастные особенности самооценки качества жизни в трех возрастных группах: ГрП старшего (сплошная линия, точки), ГрС2 – среднего (сплошная линия, треугольники) и ГрС1 - более молодого возраста (пунктир, квадраты). ФФ – физическое функционирование, РФ – ролевое функционирование, Б – боль, ОЗ – общее здоровье, Ж - жизнестойкость, СФ – социальное функционирование, ЭФ – эмоциональное функционирование, ПЗ - психическое здоровье.

Минимальные межгрупповые возрастные различия по самооценке показателей жизнеспособности и социального функционирования можно рассматривать как подтверждение успешной социальной адаптации и жизненной активности в пенсионном возрасте тех лиц, кто посещает занятия «Народного факультета». Снижение ЭФ, сочетанное с показателями шкал ИФЗ в ГрП, свидетельствует об ухудшении эмоционального состояния, по-видимому, обусловленного возникающими при старении проблемами в функциональной деятельности разных систем организма, в том числе сопровождающимися болевыми ощущениями (Разумникова и др., 2016).

При выполнении ANOVA для интегральных показателей самооценки качества жизни в трех возрастных группах обнаружено, что в ГрП физическое здоровье (ИФЗ) меньше, чем ГрС2 и ГрС1 и не отличается от психического (ИПЗ), тогда как в младших возрастных группах эти компоненты качества

жизни значимо различаются с большим значением ИФЗ, чем ИПЗ (рис. 5.2) (Разумникова и др., 2016).

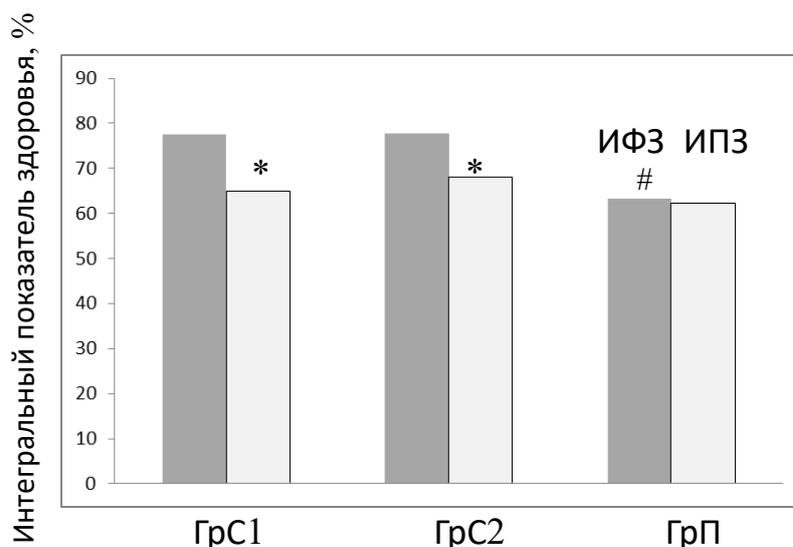


Рисунок 5.2 - Интегральные показатели физического (ИФЗ) и психического (ИПЗ) здоровья в зависимости от возраста

* - значимые различия между интегральными показателями физического и психического здоровья, # - различия между ГрП и ГрС2, ГрС1. Остальные обозначения как на рис. 5.1;

Следовательно, именно компоненты ИПЗ, такие как жизнестойкость, сохранение социальных и эмоциональных функций являются теми психологическими резервами, которые позволяют сохранить относительно высокое качество жизни в пенсионном возрасте (Разумникова и др., 2016).

Факторный анализ всех компонентов качества жизни, выполненный отдельно в каждой из групп, показал, что в ГрП все шкалы SF-36 объединялись один фактор, в котором максимальная нагрузка оказалась у показателя «жизнестойкость» (табл. 5.1). В группах более молодого возраста было выделено по два фактора: Фактор 1, согласно вошедшим в его состав шкалам, можно обозначить как «психическое здоровье», а Фактор 2 — «физическое». Шкалы «ролевое функционирование» и «общее здоровье», которые согласно методике SF-36 являются составляющими ИФЗ, для ГрС1 вносили вклад в оба сформированных фактора; в ГрС2 показатель РФ имел максимальную нагрузку в факторе «физическое здоровье», а ОЗ — в факторе «психическое здоровье» (Разумникова и др., 2016).

**Факторная структура шкал SF-36 в группе пожилых людей (ГрП),
среднего возраста (ГрС2) и молодых (ГрС1)**

Шкала	ГрС1		ГрС2		ГрП
	фактор 1	фактор 2	фактор 1	фактор 2	фактор 1
Физическое функционирование	0,104	0,741	0,088	0,779	-0,642
Ролевое функционирование	0,576	0,418	0,338	0,821	-0,752
Боль	0,095	0,755	0,139	0,832	-0,676
Общее здоровье	0,437	0,492	0,714	0,315	-0,731
Жизнестойкость	0,890	0,159	0,889	0,209	-0,823
Социальное функционирование	0,812	0,164	0,661	0,22	-0,773
Эмоциональное функционирование	0,704	0,221	0,701	0,208	-0,766
Психическое здоровье	0,908	0,053	0,898	-0,061	-0,811
Expl.Var	3,314	1,641	3,176	2,212	4,489
Prp.Totl	0,414	0,205	0,397	0,277	0,561

Примечание. Жирным шрифтом выделены максимальные нагрузки в факторах.

По своему содержанию РФ отражает степень осознанных ограничений в повседневной деятельности, которые накладывает состояние здоровья; ОЗ — самооценку здоровья на текущий период и перспективы возможного улучшения состояния. Следовательно, частичное совмещение этих шкал с фактором «психическое здоровье» и возрастное изменение их нагрузки можно рассматривать как отражение усиления роли психологического фактора в самооценке состояния здоровья с оптимистическим отношением к настоящему и будущему. Объединение всех шкал SF-36 в один фактор для ГрП можно интерпретировать как своеобразный эффект «дедифференциации» применительно к структуре самооценки качества жизни (Разумникова и др., 2016), который ранее был предложен для объяснения возрастающей связи между разными когнитивными способностями при старении (Hertzog, Bleckley, 2001).

Результаты дисперсионного анализа показателей интеллекта для трех возрастных групп представлены на рис. 5.3 и свидетельствуют о более низких значениях в ГрП IQf и IQs в сравнении с ГрС2 и ГрС1 при отсутствии достоверных различий по значению IQv ($F_{2,169}=7,47$; $p=0,001$ для вербального и образного и $F_{2,95}=13,45$; $p=0,00001$ — для социального) (Разумникова и др., 2016).

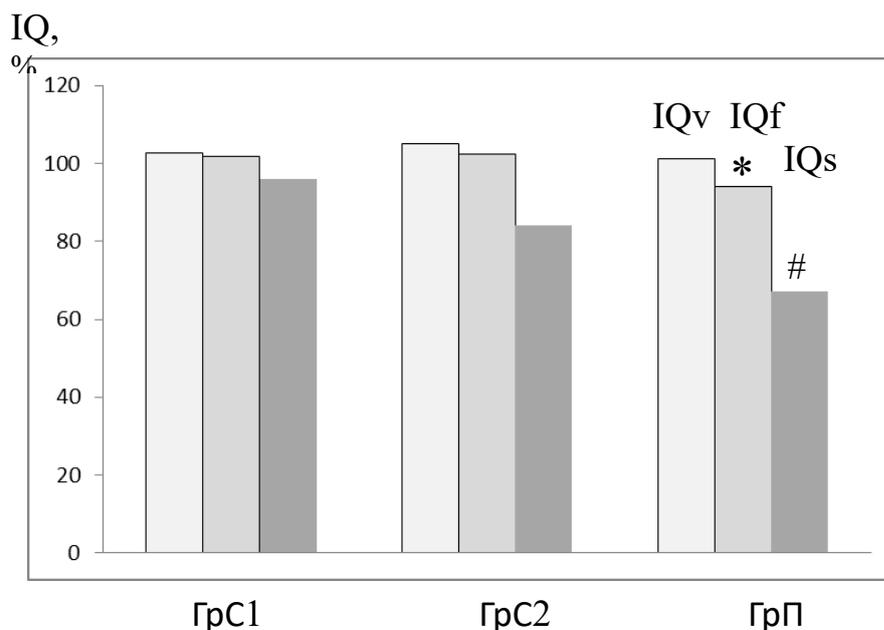


Рисунок 5.3 – Возрастные особенности компонентов интеллекта (IQv – вербальный, IQf – образный, IQs – социальный интеллект). Остальные обозначения как на рис. 5.1; * - достоверные различия между ГрП и ГрС2 или ГрС1 по уровню IQf, # - по уровню IQs.

Снижение интеллекта в ГрП соответствует литературным данным (Batterham et al., 2009; Kaufman, Horn 1996; Shakeel, Goghari, 2017) и показывает, что не только флюидный, но и отдельные компоненты кристаллизованного интеллекта, в частности — показатели образного и социального интеллекта уменьшаются в группе пожилых людей, значимо не отличающейся от ГрС1 или ГрС2 по уровню образования (Разумникова и др., 2016).

Обнаруженное снижение интеллекта в ГрП, по-видимому, обусловлено характерным для пожилого возраста замедлением скорости ментальных процессов как основного фактора ухудшения результативности когнитивных

функций, имеющих временные ограничения при их тестировании (Herzog, Bleckley, 2001; Rammsayer, Brandler, 2007; von Krause et al., 2022).

Корреляционный анализ показателей интеллекта и качества жизни, выполненный отдельно в каждой из возрастных групп, выявил разные формы взаимосвязи этих переменных ($0,30 < r < 0,59$; $p < 0,05$). В ГрС1 это была положительная корреляция IQv с ФФ, но отрицательная для IQf и РФ или IQs и ИФЗ. Для ГрС2 характерны только положительные корреляции: IQv – с СФ и ПЗ, а IQf – с ЭФ, и оба эти компонента положительно связаны с ИПЗ. Для ГрП обнаружена только положительная связь IQs и РФ (Разумникова и др., 2016).

Обнаруженные нами положительные связи показателей интеллекта и самооценки здоровья согласуются с данными о более высоком качестве жизни при сохраненных ментальных процессах (Aichele et al., 2018; Hueber et al., 2011). Однако стабильно положительные связи разных компонентов интеллекта и самооценки здоровья оказались значимыми только для групп молодого возраста. В ГрП наряду с положительным присутствовало и негативное соотношение этих параметров, что требует дальнейших исследований причин таких разнонаправленных связей. Одним из таких значимых факторов, определяющим самооценку здоровья может быть эффективность эмоциональной регуляции когнитивной деятельности и поведения, психометрическими показателями которой являются компоненты эмоционального интеллекта (ЭИ) (Allen, Badcock, 2003; Matthews et al., 2006). В Главе 3.3 было показано, что в студенческом возрасте они оказываются информативны как предикторы самооценки состояния здоровья.

В связи с этим было выполнено сравнение компонентов ЭИ в группах пенсионеров (ГрП) и студентов (ГрС) и проанализирован их вклад в самооценку состояния здоровья в пожилом возрасте.

Значимое взаимодействие факторов ВОЗРАСТ x ЭИ ($F=5,56$; $p=0,00001$) было обусловлено межгрупповыми различиями по шкалам ПЭ и Э (Рис.5.4).

ГрС характеризовалась более высоким уровнем ПЭ, чем ГрП ($p < 0.001$) при тенденции к большим значениям Э у пожилых, чем молодых ($p < 0.06$)

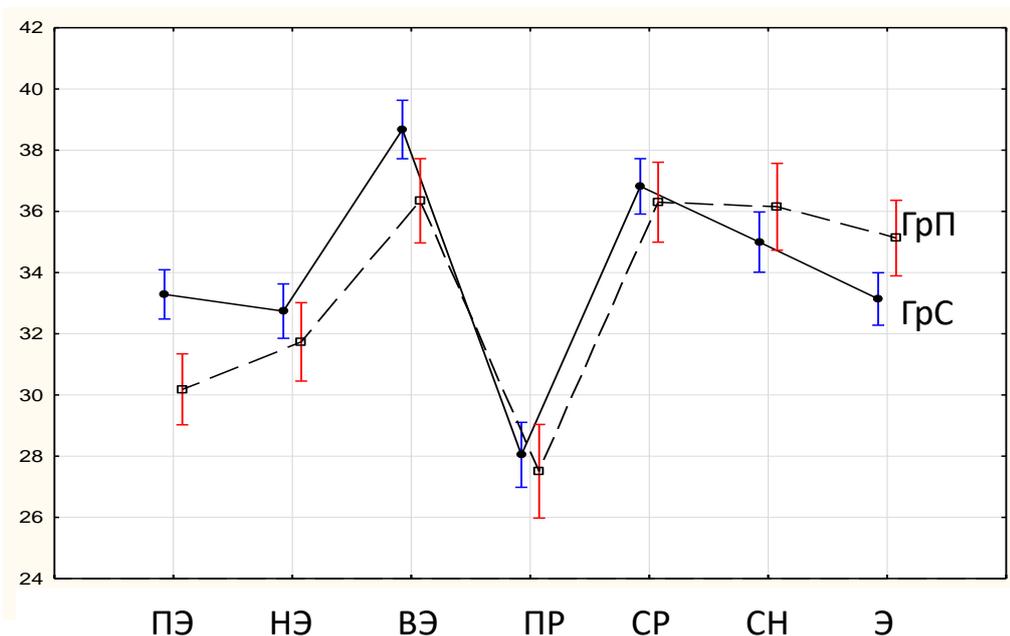


Рис. 5.4. Компоненты эмоционального интеллекта в группах пожилых (ГрП) и молодых (ГрС) респондентов

ПЭ – позитивная экспрессивность, НЭ – негативная экспрессивность, ВЭ – внимание к эмоциям, ЭР – принятие решения на основе эмоций, СР – сопереживание радости, СН – сопереживание несчастья, Э – эмпатия.

Результаты факторного анализа компонентов ЭИ в каждой группе свидетельствуют о разной структуре их организации, как это показано в табл. 5.2. Для ГрС выделены 2 фактора, которые можно обозначить как «позитивный» Ф1п с максимальной нагрузкой от СР и Э и «негативный» Ф2н с преимущественным вкладом НЭ, а в ГрП – 3 фактора. Первый (Ф1п) отражает вклад ПЭ, а 2 других – регуляцию негативных эмоций. Однако наряду с Ф2н, представленный максимальной нагрузкой от НЭ, в ГрП выделен дополнительно фактор Ф3э, который наряду с СН включает компоненты Э и ЭР.

Примечательно, что в ГрС основной вклад компонента ЭР присутствует в Ф2с, т.е. связан с выражением собственных эмоций, тогда как в ГрП этот компонент негативно связан с эмпатией и сопереживанием негативных эмоций других (Э и СН, соответственно), причем ЭР имеет обратный знак.

Следовательно, трехфакторную структуру ЭИ в ГрП можно рассматривать как свидетельство более сложной и дифференцированной организации эмоциональной регуляции на позднем этапе онтогенеза при более выраженном вовлечении контроля эмоций по сравнению с ГрС.

Таблица 5.2

Факторная структура компонентов эмоционального интеллекта в группах молодых (ГрС) и пожилых (ГрП) участников исследования

ЭИ	ГрС		ГрП		
	Ф1п	Ф2н	Ф1п	Ф3э	Ф2н
ПЭ	0,267	0,558	0,790	0,020	-0,089
НЭ	-0,429	0,740	-0,034	0,032	0,931
ВЭ	0,320	0,457	0,543	0,303	0,138
ЭР	0,050	0,591	0,403	-0,708	0,020
СР	0,778	0,115	0,575	0,030	0,526
СН	0,385	0,498	0,403	0,701	0,104
Э	0,776	0,094	0,227	0,738	0,004
Expl.Var	1,717	1,686	1,627	1,631	1,183
Prp.Totl	0,245	0,241	0,232	0,233	0,169

Примечание. Обозначение компонентов ЭИ как на рис.5.4

С использованием регрессионного анализа для каждой возрастной группы выделены модели, пригодные для описания интегральных показателей самооценки здоровья: ИФЗ и ИПЗ, которые представлены в табл. 5.3. При сравнении моделей видно, что хотя компоненты интеллекта описывают очень небольшую часть изменчивости самооценки здоровья, однако для ГрС большее значение имеют те, что отражают эмоциональную регуляцию поведения (ЭИ), а для ГрП – вербальный компонент интеллекта (IQv).

Полученные результаты (рис. 5.4) соответствуют скорее концепции возрастного усиления негативных эмоций (Fiske et al., 2009; Schweizer et al., 2017), чем положительных (Livingstone, et al., 2018).

Примечательно, что значимым предиктором ИФЗ в ГрП является IQv, т.е. именно тот компонент интеллекта, который меньше подвержен влиянию старения. В ГрС ЭИ более важен как для сохранения физического, так и

психического компонентов здоровья, и в обоих случаях большее сопереживание положительным эмоциям (СР), но меньшая оценка отрицательных (СН) или собственной негативной экспрессивности (НЭ) соответствует лучшей самооценке здоровья. СН вносит вклад и в ИПЗ для ГрП, но не достигая значимого уровня и объясняя только 4% его вариабельности.

Таблица 5.3

Регрессионные модели интегральных показателей физического и психологического здоровья в группах молодых (ГрС) и пожилых (ГрП) участников исследования

Показатели	Beta	t	p	Показатели	Beta	t	p
	ГрС				ГрП		
	Интегральный показатель физического здоровья (ИФЗ)						
	$R^2=0.03; p=0.16$				$R^2=0.05; p=0.04$		
IQs	0.17	1.43	0.16	IQv	0.22	2.10	0.04
Компоненты ЭИ	$R^2=0.19; p=0.001$						
НЭ	- 0.29	-2.66	0.01				
СР	0.25	2.16	0.03				
СН	- 0.19	-1.65	0.10				
	Интегральный показатель психологического здоровья (ИПЗ)						
Компоненты ЭИ	$R^2=0.16; p=0.002$			Компоненты ЭИ	$R^2=0.04; p=0.09$		
СР	0.39	3.36	0.001	СН	-0.20	-1.70	0.09
СН	- 0.29	-2.57	0.013				

Следовательно, оптимизм и преобладание положительных эмоций в большей степени способствуют сохранению здоровья в молодом возрасте, тогда как в пожилом возрасте на первый план выходит высокий уровень аналитического компонента интеллекта, что, в свою очередь, может помочь избежать ситуаций, вызывающих отрицательные эмоции. Таким образом, для персонализированного выбора программы поддержки когнитивного и/или эмоционального статуса пожилых людей требуется количественная оценка различных компонентов интеллекта, а также популяризация знаний о возможностях активации компенсаторных ресурсов мозга в пожилом возрасте

и создании мотивации к активной работе по сохранению здоровья (Разумникова и др., 2016).

5.2 Соотношение компонентов интеллекта и тормозных функций внимания и зрительной кратковременной памяти на разных этапах онтогенеза

В Главе 1.2 было дано обоснование актуальности исследования тормозных функций при селекции информации на разных стадиях онтогенеза, так как успех их формирования в детском возрасте является важным фактором эффективности обучения (Moffitt, 2012; Ribner et al., 2017; Sanchez-Perez et al., 2017), а их сохранение при старении является компенсаторным резервом для предотвращения когнитивного дефицита, который может проявляться ослаблением рабочей памяти и/или скорости ментальных операций (Grégoire et al., 2012; Rozas et al., 2008; Sylvain-Roy et al., 2015).

«Для понимания механизмов возрастной реорганизации когнитивной деятельности задачей этой части исследования стало выяснение закономерностей взаимосвязи исполнительного контроля внимания и тормозных функций памяти с уровнем интеллекта, в том числе с учетом его вербального и образного компонентов. Для определения показателей исполнительной системы внимания была использована модель «Attention Network Test» (ANT), хорошо зарекомендовавшая себя в исследованиях возрастных особенностей селекции информации (Williams et al., 2016; Zhou et al., 2011)» (Разумникова, 2019)

Исследование тормозных функций в процессах памяти выполняли в модели проактивной интерференции, применяя эффект «забывания, вызванного воспоминанием» (Retrieval-Induced Forgetting (RIF)) (Anderson, 2003; Murayama et al., 2014). Подробно эта модель описана в Главе 1.3. Эффект RIF привлекает все большее внимание в исследованиях механизмов воспроизведения следа памяти с применением теорий тормозных процессов

или интерференции информации вследствие ее конкуренции (Murayama et al., 2014; Schilling et al., 2014).

«В исследовании возрастных закономерностей соотношения тормозных функций исполнительной системы внимания и зрительно-образной памяти принимали участие 88 молодых двадцатилетних людей (ГрС) (20.8 ± 4.2 лет, 35 мужчин) и 75 пожилых шестидесятилетних (ГрП) (63.2 ± 6.0 лет, 32 мужчины)» (Разумникова, 2019).

«Для определения скоростных характеристик селекции информации и исполнительного контроля внимания использовали компьютеризированную методику АНТ. Подробное описание методики представлено в Главе 2.3. Исходя из цели настоящего исследования, для анализа использовали показатели времени реакции на центральную стрелку в ситуации селекции конгруэнтных (ВРк) и неконгруэнтных стимулов (ВРнк) (см. рис. 2.5), а также показатель функции системы исполнительного внимания (ВРисп), который вычисляли как разницу между ВРнк и ВРк» (Разумникова, 2019).

«Для анализа тормозных функций в процессах памяти использовали оригинальную компьютеризированную методику, предназначенную для свободного запоминания объектов в серии случайно предъявляемых стимулов (описание методики приведено в Главе 2.3). Показателем эффективности запоминания было число правильно воспроизведенных объектов в каждой из трех сессий.

Вербальный компонент интеллекта (IQv) определяли как среднее двух вербальных субтестов (понятийно-категориальное и логически-ассоциативное мышление), а образный (IQf) – как средний показатель выполнения зрительно-пространственных заданий (образный синтез и пространственное мышление) согласно результатам стандартного тестирования по методике Р. Амтхауэра» (см. Приложение А) и (Разумникова, 2019).

«Средние значения полученных показателей когнитивных функций для ГрС и ГрП приведены в табл. 5.4. При их анализе обнаружены значимые

межгрупповые различия в скорости селекции информации и памяти: ГрС характеризовалась меньшими значениями ВРк, ВРнк и ВРик и лучшим

Таблица 5.4

Средние значения показателей когнитивных функций в группах молодых (ГрС) и пожилых (ГрП) участников исследования

Показатель	ГрС молодые	ГрП пожилые
Интеллект		
Вербальный (IQv)	105.0 ± 11.6	104.8 ± 6.8
Зрительно-пространственный (IQf)	104.2 ± 7.8	103.7 ± 6.8
Внимание		
Время реакции (ВРк), мсек	537±76	702±119*
Время реакции (ВРнк), мсек	629±88	807±121*
Ошибки конгруэнтные стимулы (Ок)	0.1 ± 0.3	0.3 ± 1.1
Ошибки неконгруэнтные (Онк)	1.2 ± 1.6	0.9 ± 1.4
ВР исполнительн_контроль (ВРик)	94 ± 38	106 ± 43*
Память		
Сумма память (Псум)	39 ± 16	30 ± 14*
Показатель интерференции (Пин)	4.9 ± 9.2	3.0 ± 8.0*
Пср_Гр1	12.7 ± 0.5(42) [#]	10.1 ± 0.7 (21)*
Пср_Гр0	14.0 ± 1.0 (13) [#]	9.3 ± 0.8 (36)*

Примечание. ВРк – время реакции при селекции конгруэнтных стимулов, ВРнк – неконгруэнтных; Пин – показатель интерференции (разница воспроизведения в первой и третьей сессиях тестирования), Пср_Гр1 – среднее значение воспроизведения в группе с проактивной интерференцией при тестировании памяти, Пср_Гр0 – среднее значение воспроизведения в группе с обучением при тестировании памяти (в скобках указано количество респондентов); * - $p < 0.05$ для возрастных различий, # - $p < 0.06$ между Гр1 и Гр0 согласно критерию Стьюдента.

запоминанием стимулов (сумма запомненных стимулов в трех сериях предъявления - Псум) по сравнению с ГрП» (Разумникова, 2019). Эти данные соответствуют хорошо известному устойчивому эффекту снижения скорости реакции в пожилом возрасте и ослабления эффективности запоминания (Разумникова, 2015; Herzog, Bleckley, 2001; Rozas et al., 2008; Salthouse, 1996).

«Значимых межгрупповых различий показателей IQ или ошибок при тестировании внимания не обнаружено, хотя ранее у пожилых людей был отмечен более низкий уровень флюидного интеллекта, относительно генерализованного мнения разделись (Baltes et al., 1999; Kievit et al., 2018). В частности, выше при сравнении показателей IQf в других выборках студентов и пожилых людей были обнаружены его более высокие значения для группы молодых участников исследования (см. рис. 5.3)» (Разумникова, 2019). Возможно, причиной таких различий является присутствие мужчин в данной ГрП, что привело к небольшому эффекту повышения IQf, хотя значимых половых различий мы не обнаружили.

Причиной отсутствия возрастных различий могло быть то, что «ГрС состояла большей частью из студентов первых курсов университета, а ГрП была представлена преимущественно лицами с высшим образованием, то есть накопленные ими знания могли компенсировать возрастные различия в скорости принятия решения при выполнении тестовых заданий (хотя значимых межгрупповых различий по уровню образования обнаружено не было)» (Разумникова, 2019).

«Динамика воспроизведения стимулов в трех сессиях тестирования памяти показана на рис.5.5 А, из которой следует, что при сходной траектории снижения количества запомненных образов в ГрС и ГрП, первая из них отличается не только лучшими показателями памяти во всех трех сессиях предъявления объектов, но и более выраженным эффектом проактивной интерференции (показатель интерференции вычисляли как разницу между числом запомненных стимулов в первой и третьей сессиях предъявления стимулов) (Пин в табл. 5.4)» (Разумникова, 2019).

Феномен RIF рассматривают как отражение тормозных процессов, способствующих реализации цели с выбором в конкурирующем потоке информации той, которая необходима. В связи с этим большой эффект RIF отражает эффективные тормозные функции (Anderson, Levy, 2011; Noreen, MacLeod, 2015), а меньший – их ослабление, что, предположительно, и

объясняет снижение результативности запоминания (Collette et al., 2009; Healey et al., 2013).

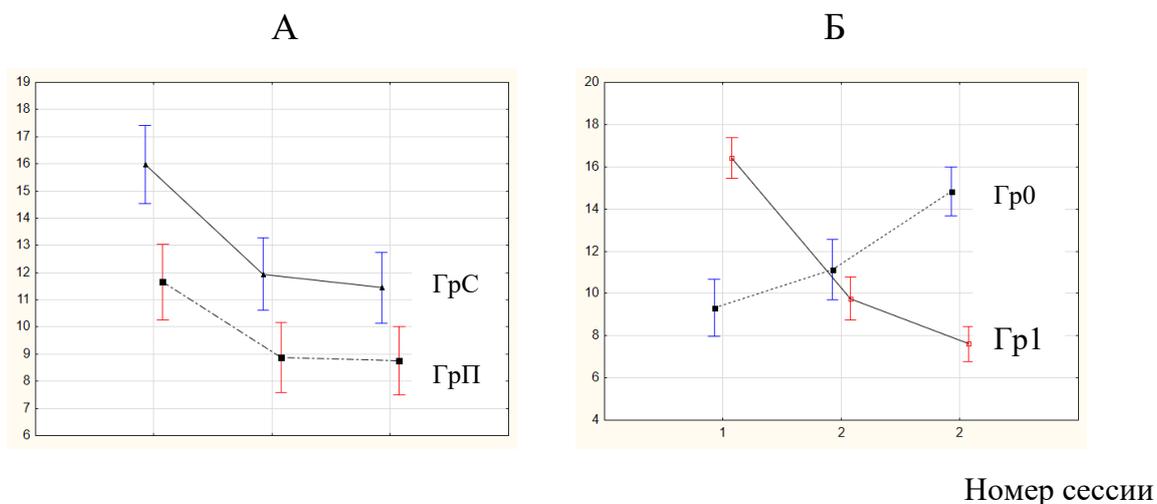


Рисунок 5.5 - Изменения показателя воспроизведения стимулов в ходе трех сессий их предъявления для запоминания в группах молодых и пожилых (ГрС и ГрП, соответственно) (А) и в группах с выраженной интерференцией информации (Гр1) или спонтанного обучения воспоминанию (Гр0) (Б)

В исследованиях RIF чаще применяется запоминание категориально связанных вербальных или образных стимулов с применением семантических подсказок на стадии воспроизведения следа памяти (Anderson et al., 2011; Махсеу et al., 2016). Наша методика была предназначена для применения индивидуально организованной стратегии запоминания. Испытуемый сам (без инструкции или подсказки) придумывал, как запоминать стимулы: спонтанно, автоматически или улучшать эффективность выполнения задания, например, на основе ассоциации предъявляемых объектов по цвету, семантической группировке или каким-либо другим способом. Поэтому показатель воспроизведения в первой сессии отражал объем кратковременной памяти, сформированный спонтанно или индивидуально предпочитаемым способом организации материала, а в последующем проявлялась выраженность интерференционных процессов и способности к обучению и/или переключению стратегий запоминания для выбора наиболее эффективной.

«Действительно, при вычислении Пин оказалось, что выполнение задания принципиально отличалось: для одних испытуемых было характерно

снижение воспроизведения (такие лица вошли в группу, обозначенную как Гр1), для других – напротив, его повышение (в этой группе Пин имел отрицательный знак, т.е. Гр0). Численный состав этих групп различался по возрасту: в ГрС больше было тех, у кого выражен эффект RIF, а в ГрП – улучшение воспроизведения, однако только на уровне тенденции ($p < 0,1$ согласно критерию хи-квадрат) (см. табл. 5.4). Дальнейший анализ (ANOVA) изменений воспроизведения стимулов выполняли с учетом факторов ВОЗРАСТ (ГрС и ГрП), ГРУППА (Гр1 и Гр0) и СЕССИЯ (три сессии тестирования)» (Разумникова, 2019).

«На рис. 5.5 Б показаны результаты изменений в воспроизведении запомненных стимулов согласно значимому взаимодействию факторов ГРУППА x СЕССИЯ ($F_{2,468}=122,88$; $p < 0,00001$), указывающие на лучшее воспроизведение объектов в первой сессии в Гр1, чем в Гр0, тогда как в третьей – это соотношение было обратным. В каждой из этих групп показатели воспроизведения в трех сессиях демонстрировали значимое снижение в Гр1 и повышение в Гр0 ($p < 0,01$)» (Разумникова, 2019).

«Взаимодействие ВОЗРАСТ x ГРУППА ($F_{1,234}=4,09$; $p < 0,04$) было обусловлено лучшей памятью для лиц ГрС, относящимся к Гр0, а для ГрП - из Гр1 (табл. 5.4); posthoc анализ данных выявил тенденцию к более высокому результату в Гр0 по сравнению с Гр1 только для ГрС.

Наличие общего, генерализованного эффекта RIF (рис. 5.5 А) свидетельствует, что в заданных условиях запоминания доминирует проактивная интерференция, вызванная конкурентными нейронными процессами в кодировании и/или воспроизведении следа зрительной памяти» (Разумникова, 2019). Многократное тестирование памяти сопровождается другим, противоположно направленным, процессом обучения запоминанию (Retrieval-Based Learning, RBL), который был продемонстрирован с использованием разного стимульного материала, в том числе - картинок (Pastötter et al., 2011; Roediger, Karpicke, 2006). Эффект RBL рассматривают как основополагающий в обучении и развитии интеллектуальных

способностей (Karpicke, Blunt, 2011; Pastötter, Bauml, 2014). Однако механизмы конкуренции разных процессов, приводящих к доминированию RBL или RIF, остаются пока невыясненными.

«Для определения возрастных особенностей тормозных функций в зрительной памяти для групп RIF/RBL был выполнен корреляционный анализ данных. Его результаты показали, что большим значениям Пин в Гр1 соответствовали более высокие значения Псум вне зависимости от возраста ($r=0.26$, $p<0.03$), тогда как в Гр0 эта связь была скорее негативной, хотя и не достигла значимого уровня ($-0.22 < r < 0.06$; $0.14 < p < 0.72$)» (Разумникова, 2019).

Подобный эффект увеличения RIF был отмечен при большем объеме кратковременной памяти (Aslan, Bauml, 2011), который авторы связали с особенностями активации лобной коры и ее функциями в организации исполнительного контроля и торможения иррелевантной информации, имеющих разные нейронные корреляты (см. Kuhl et al., 2008; Wimber et al., 2008). Нейроанатомическая модель префронтальной тормозной модуляции воспроизведения следа памяти включает переключение внимания на другие стимулы, торможение индивидуально специфической репрезентации памяти и генерализованное торможение гиппокампа и процессы реактивации воспроизведения (Derue, 2012). Следовательно, индивидуальную вариабельность механизмов воспроизведения можно объяснить этим разнообразием функций системы торможения.

«Анализ показателей исполнительной системы внимания выявил негативную корреляцию Псум с ВРнк или ВРик для представителей из Гр1 и ГрС (табл. 5.5). Негативная связь этого показателя памяти с ВРнк (а также ВРк) была характерна и для лиц Гр0 как из ГрП, так и в ГрС с дополнительно значимой связью и для количества ошибок в этой экспериментальной ситуации (Ок) (табл. 5.5). Сравнительный анализ выделенных групп выявил более высокий уровень IQv в Гр1, чем в Гр0 (105.6 и 96.5, $p<0.01$) и более быструю реакцию в Гр1, чем в Гр_0 согласно ВРик в ГрП (101 и 117 мс, $p<0.06$)» (Разумникова, 2019).

Корреляции когнитивных функций в зависимости от возраста и принадлежности к группам RIF/RBL

Показатель	ГрС			ГрП
	Гр1 (RIF)			
	Псум	IQv	IQs	Псум
Пин	0,26			0,25
ВРнк	-0,27	-0,40*	-0,44*	
ВРик	-0,22	-0,44*	-0,49*	
	Гр0 (RBL)			
Пин		0,58	0,51	
Псум		0,63	0,59	
ВРк	-0,35			-0,35
ВРнк	-0,30			-0,30
Ок	-0,43*			

Примечание. * - $p < 0,01$; остальные – $p < 0,05$; обозначения как в табл. 5.4

«Таким образом, ожидаемые взаимосвязи IQ, внимания и памяти характерны только для ГрС: при доминировании RIF (Гр1) более высокому IQ соответствует большая скорость исполнительного контроля внимания, а в Гр0 – лучшие показатели памяти. В группах пожилых людей таких связей «разноуровневых когнитивных функций не обнаружено» (Разумникова, 2019), что может отражать так называемую «дедифференциацию» когнитивных функций (Hülür et al., 2015; Sleimen-Malkoun et al., 2014).

«Учитывая, что выбор решения (например, при выполнении заданий в ходе тестирования IQ) требует придания более значимого веса одной информации и игнорировании другой, диссоциация в ГрП обнаруженного в ГрС соотношения когнитивных функций указывает на другие, непосредственно несвязанные с кратковременной памятью механизмы принятия решения, например, извлечение упроченных стереотипных реакций.

Так как в Гр0 (т.е. для лиц с преобладанием эффекта RBL) из ГрП лучшим показателям памяти (Псум) соответствовало меньшее время реакции при селекции стимулов (ВРк и ВРнк), но она отличалась от Гр1 большим ВРнк, то можно предположить, что эта дополнительная к ослаблению процессов торможения недостаточность в скорости селекции сигналов и принятия решения и приводила к слабой эффективности запоминания (см. табл. 5.4)» (Разумникова, 2019).

«Обнаруженные возрастные и индивидуальные особенности в соотношении RIF или RBL можно рассматривать как доказательство разных механизмов формирования этих эффектов и как основу вариабельности в эффективности когнитивной деятельности при старении.

Таким образом, организация процессов, формирующих когнитивные резервы, показателями которых являются интеллект, внимание и память, зависит не только от возраста, но и от индивидуальных особенностей тормозных функций при селекции и запоминании информации. Молодые лица, характеризующиеся доминированием эффекта забывания, вызванного воспроизведением, отличаются более высоким интеллектом от тех, у кого преобладает стратегия обучения, а пожилые - лучшим исполнительным контролем внимания. Обнаруженные для двадцатилетних взаимосвязи интеллекта, скорости селекции информации, объема кратковременной зрительной памяти и показателей интерференции при формировании или воспроизведении следа памяти зависят от стратегий запоминания. В период позднего онтогенеза значимы только корреляции памяти и скорости селекции информации в группе с доминированием эффекта обучения при тестировании зрительной кратковременной памяти. Несмотря на положительное влияние обучения запоминанию, эффективность когнитивной деятельности в пожилом возрасте в большей степени связана с сохранностью тормозных функций в процессах интерференции информации» (Разумникова, 2019).

5.3 Возрастные особенности организации зрительной кратковременной памяти в модели проактивной интерференции

Как уже было отмечено выше, эффект «забывания, вызванного воспоминанием» (Retrieval-Induced Forgetting (RIF)) (Anderson, 2003; Murayama et al., 2014) широко используется для анализа тормозных функций в процессах памяти. Формирование тормозного контроля определяется развитием нейронных систем лобных отделов мозга (Best, Miller, 2010; Ford et al., 2004), что позволяет связать изменения RIF с возрастом.

Имеются доказательства связи эффективности тормозных функций и готовности к обучению, в том числе успешности обучения чтению и математике (Todor, 2012; Willoughby et al., 2012), а также их влияния на разрешение проблемных ситуаций и успешность эмоциональной регуляции поведения. В свою очередь, дефицит в возрастном развитии тормозных функций сопровождается нарушениями внимания, импульсивностью, тревожностью и склонностью к депрессии, употреблению наркотиков и асоциальному поведению (Diamond, 2016; Schilling et al., 2014).

Когнитивное торможение может возникать автоматически или сознательно для целенаправленного подавления воспоминаний или решения неприемлемости определенной формы поведения. Автоматическое когнитивное торможение функционально уже к 5-8 годам, а преднамеренное – формируется к подростковому возрасту, что позволяет все более усложнять когнитивную деятельность (Lechuga et al., 2006).

Следовательно, в успешной педагогической практике с ориентацией на индивидуальные особенности RIF может быть информативным показателем уровня развития исполнительного контроля поведения.

В связи с этим исследование возрастных закономерностей в развитии тормозного контроля запоминания было расширено за счет включения в него детей младшего школьного возраста наряду с ранее привлекаемыми студентами и пенсионерами. Для анализа возрастной динамики тормозных

функций использовали экспериментальную модель тестирования зрительной памяти с эффектом проактивной интерференции (RIF). Учитывая вышеприведенные данные, мы предположили, что у молодых людей – студентов университета лучшие показатели памяти должны сопровождаться сформированным тормозным контролем, т.е. более высоким показателем RIF, чем у детей или пожилых людей, причем худшее запоминание у последних может быть результатом суммации эффектов ослабления кратковременной памяти и тормозного контроля.

Три группы разного возраста были представлены младшими школьниками (7.8 ± 0.3 лет, $n=183$, 113 мальчиков) (ГрШ), студентами (21.1 ± 0.6 лет, студенты университета, $n=118$, 34 юноши) (ГрС) и пожилыми (62.2 ± 0.4 лет, $n=132$, 36 мужчин) (ГрП) людьми (Разумникова, Николаева, 2019).

Для анализа тормозных функций в процессах памяти использовали оригинальную компьютеризированную методику, предназначенную для запоминания объектов в трех сериях случайно предъявляемых зрительных стимулов (см. Глава 2.3).

Дисперсионный анализ показателей памяти выполняли с независимыми переменными ГРУППА (3) x ПОЛ (2) и зависимыми СЕРИЯ (3). Основные параметры полученных эффектов для факторов ГРУППА и СЕРИЯ и взаимодействия ГРУППА x ПОЛ или СЕРИЯ x ПОЛ представлены в табл. 5.6.

Результаты *post-hoc* анализа этих эффектов с использованием поправки Бонферрони приведены в табл. 5.7.

Таблица 5.6

Результаты ANOVA для переменных: возраст (группа), пол и серия тестирования памяти

Переменные	F	df	p	ζ^2
ГРУППА	13.8	2,420	0.000	0.06
СЕРИЯ	44.7	2,840	0.000	0.10
ГРУППА x ПОЛ	3.11	2,420	0.046	0.01
СЕРИЯ x ПОЛ	3.22	2,840	0.040	0.04

**Показатели памяти в зависимости от возраста, пола и серии
запоминания**

ГРУППА	ГрШ	ГрС	ГрП
	11.5±0.6	13.3±0.5	9.7±0.4**
ГРУППА x ПОЛ	10.9±0.5/13.1±0.5*	13.4±0.8/12.8±0.5	9.6±0.8/9.9±0.5
СЕРИЯ	1	2	3
	14.1±0.4**	10.5±0.4	10.2±0.3
ПОЛ x СЕРИЯ	13.2±0.6/15.1±0.5*	10.7±0.6/10.3±0.4	10.0±0.5/10.4±0.4

Примечание. Обозначения групп: ГрШ – дети, ГрС – молодые, ГрП – пожилые люди; м/ж – указаны показатели памяти для групп мужчин и женщин, соответственно; * - $p < 0.05$, ** - $p < 0.005$

Эффект фактора ГРУППА был обусловлен более низкими показателями воспроизведения в ГрП по сравнению с молодыми участниками исследования (ГрШ и ГрС). Воспроизведение в первой серии было выше, чем в двух последующих. Половые различия были зависимы от возраста (взаимодействие ГРУППА x ПОЛ): девочки-школьницы запоминали объекты лучше, чем мальчики и от серии (взаимодействие СЕРИЯ x ПОЛ): только в первой серии эксперимента женщины запоминали объекты лучше, чем мужчины.

На следующем этапе анализа были рассмотрены возрастные особенности эффективности запоминания в зависимости от выраженности проактивной интерференции (показатель интерференции вычисляли как разницу воспроизведения в первой и третьей серии).

Оказалось, что эффект проактивной интерференции (RIF) был представлен у 65% участников исследования: разница в показателях воспроизведения составила 9.1 ± 0.4 (Гр1); у остальных 35% отмечено, напротив, улучшение воспроизведения в ходе тестирования, то есть обучение запоминанию (или эффект RBL), что отразилось в отрицательных показателях различий воспроизведения в первой и третьей сериях: -5.3 ± 0.5 (Гр0).

Обнаруженная разная динамика воспроизведения зрительной памяти для Гр1 и Гр0 ($F_{2,826} = 166.2$, $p < 0.0001$) показана на рис. 5.6. Соотношение Гр1 и

Гр0 для разных возрастных групп составило, соответственно, 64-36, 68-32 и 64-36% для ГрШ, ГрС и ГрП.

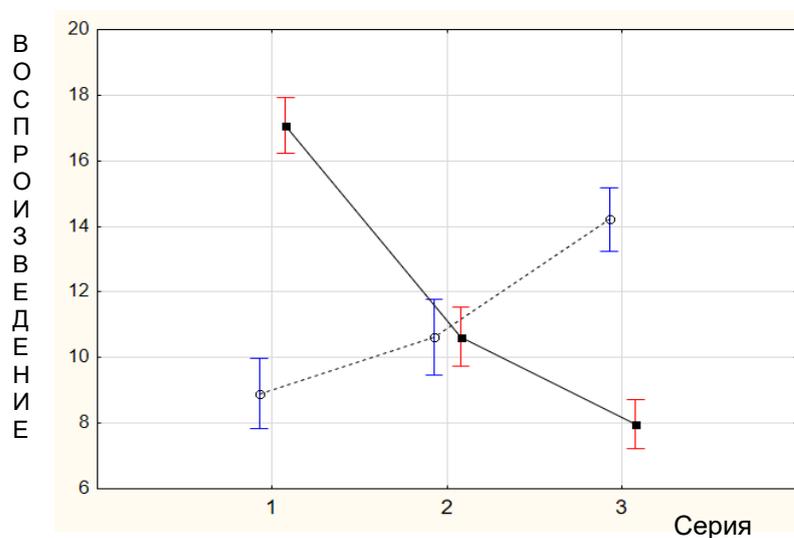


Рисунок 5.6 - Динамика воспроизведения зрительно предъявленных объектов в трех последовательных сериях запоминания для Гр1 (сплошная линия) и Гр0 (пунктир)

Таким образом, можно заключить, что эффект RIF стабильно является доминирующим при серийном запоминании зрительно предъявленных стимулов, однако в сочетании с RBL (см. рис.5.5 Б и 5.6).

Трехфакторный ANOVA с включением фактора RIF вместе с факторами ГРУППА и ПОЛ для суммарных (по всем трем сериям) показателей воспроизведения выявил взаимодействие RIF x ГРУППА ($F_{2,412}=5.27$, $p=0.005$). Результаты post-hoc анализа этого взаимодействия представлены на рис. 5.7.

Достоверные межгрупповые различия воспроизведения обнаружены только в ГрШ: дети из Гр1 продемонстрировали лучшую память, чем Гр0 ($p=0.02$ с поправкой Бонферрони) при тенденции к обратному соотношению показателей памяти в этих группах для ГрС ($p=0.10$ с поправкой). При плановом анализе воспроизведения в группах RIF1 и RIF0 обнаружены противоположные изменения в ГрС по сравнению с ГрП ($F_{1,412}=4.13$, $p=0.04$) и с ГрШ ($F_{1,412}=10.52$, $p=0.001$) (см. рис. 5.7).

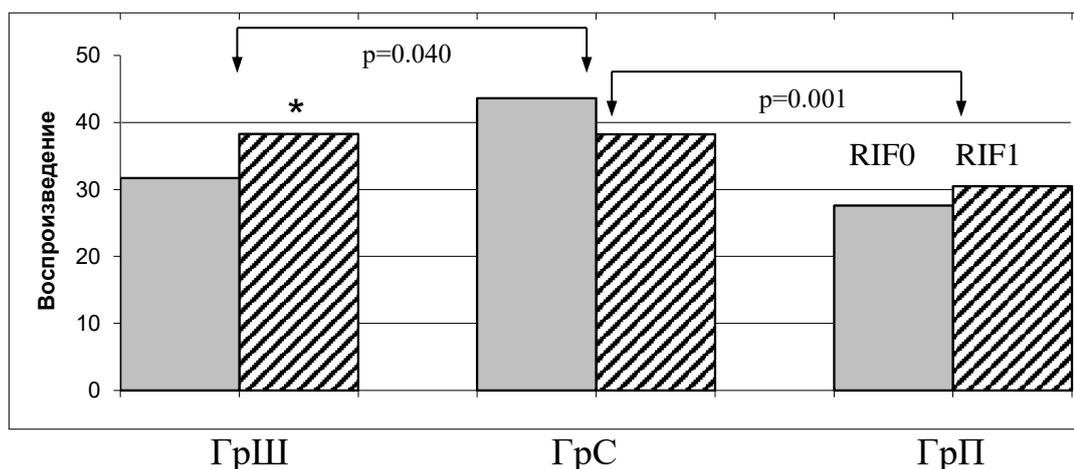


Рисунок 5.7 - Возрастные особенности суммарного воспроизведения при тестировании памяти для групп с выраженной проактивной интерференцией (Гр1) (штриховка) или обучением запоминанию (Гр0) (сплошная заливка). Остальные обозначения как в табл. 5.7.

Корреляционный анализ выявил положительную связь показателей суммарного воспроизведения и эффекта RIF только в Гр1 независимо от возраста ($0.18 < r < 0.26$, $0.025 < p < 0.047$), но не для Гр0.

Учитывая обнаруженные половые различия в запоминании, корреляционный и дисперсионный анализ был выполнен отдельно для групп мужчин и женщин. Взаимосвязь RIF и суммарного воспроизведения оказалась достоверной только для мальчиков Гр1 ($r < 0.28$, $p < 0.02$), а взаимодействие RIF x ГРУППА - только для женщин ($F_{2,242} = 7.36$, $p = 0.001$). Post-hoc анализ этого взаимодействия показал, что в ГрС лучшей памятью отличаются женщины из Гр0 по сравнению с Гр1 (47.2 ± 2.9 и 36.0 ± 1.9 , соответственно, $p < 0.02$ с поправкой Бонферрони), тогда как в ГрШ и ГрП различия между Гр1 и Гр0 противоположны по сравнению с ГрС ($0.0002 < p < 0.005$ согласно плановым сравнениям) (см. рис. 5.7).

Известно, что эффективность запоминания повышается с объединением предъявленных объектов в семантические единицы, т.е. классификации по цвету, принадлежности к плодам, цветам, насекомым или по каким-либо другим ассоциациям, с другими формами ассоциативной памяти и с использованием новых аргументов для эффективности запоминания (Soares,

Storm, 2017). Поэтому наблюдаемое улучшение воспроизведения в ходе тестирования можно связать с целенаправленным выбором индивидуально наилучшего способа запоминания (Разумникова, Николаева, 2019).

Показатель воспроизведения в первой серии наряду с объемом кратковременной памяти отражал способности к индивидуально предпочитаемым способам организации материала для запоминания. Успех воспроизведения в двух последующих сериях зависел не только от выраженности интерференционных процессов и эффективности торможения irrelevantной нецелевой информации, но и от способности гибко изменить первоначальную, возможно, спонтанную стратегию запоминания для достижения лучшего результата, что в свою очередь требует мотивации этого достижения успеха (Разумникова, Николаева, 2019).

Снижение показателя памяти в ГрП при наличии общего для всех групп генерализованного эффекта RIF (табл. 5.7) свидетельствует, по-видимому, о суммации эффектов проактивной интерференции с характерным для пожилых уменьшением объема кратковременной памяти (см. Разумникова, 2015). Лучшие показатели памяти у девочек, чем мальчиков из ГрШ или отмеченные половые различия для первой серии тестирования соответствуют литературным данным о более высоком уровне исполнительного контроля и запоминания локализации объектов женщинами (Coyne et al., 2015; Harness et al., 2008). Следует отметить, что мета-анализ половых различий в зрительно-пространственной памяти показал, что они становятся достоверными (с доминированием мальчиков в пространственной ориентации, а девочек – в локализации стимулов) в пубертатном возрасте (Voyer et al., 2017). Однако, в наших экспериментальных условиях этот эффект обнаружен только для детей младшего школьного возраста или только для первой серии эксперимента без возрастных различий. Отсутствие таких различий в двух последующих сериях, по-видимому, является результатом комбинации конкурирующих процессов «забывания, вызванного воспоминанием» (RIF) и «обучения, основанного на

воспоминании» (Retrieval-Based Learning (RBL)) при неоднократном тестировании памяти (рис. 5.6).

Эффект RBL сопровождается запоминание разного стимульного материала, в том числе - картинок (Pastötter et al., 2011; Roediger, Karpicke, 2006). В наших условиях тестирования памяти этот эффект был характерен примерно для 35% участников исследования независимо от возраста. Причем лучшей памяти соответствовал более высокий показатель RIF, но не RBL. Обнаруженная при корреляционном анализе положительная связь общего показателя памяти и RIF согласуется с данными об увеличении эффекта RIF у индивидов с лучшей памятью при выполнении арифметического задания, тогда как эффект RBL с ней не коррелировал (Aslan, Bauml, 2011).

Обнаруженная инверсия показателей памяти в зависимости от эффектов RIF и RBL в ГрС по сравнению с ГрШ и ГрП (рис. 5.7) указывает на ведущее значение в эффективности памяти младших школьников эффективно сформированных тормозных процессах (Bolger, Wright, 2014; Coyne, Wright, 2014). У двадцатилетних студентов, согласно возрастным закономерностям, тормозной контроль уже сформирован, поэтому дополнительный вклад в успех воспроизведения вносит применение стратегии RBL. ГрП по соотношению эффектов RIF/RBL сходна с ГрШ, однако с более низкими показателями памяти. Их положительная связь с RIF подтверждает ведущую роль в запоминании развития тормозных функций у детей и их сохранность в пожилом возрасте.

Таким образом, результаты этой серии экспериментов свидетельствуют, что процессы проактивной интерференции или обучения запоминанию представлены при тестировании зрительно предъявленной в трех сериях информации вне зависимости от возраста. Большой эффективности воспроизведения следа памяти соответствуют более высокие показатели проактивной интерференции, отражающие функции тормозного контроля запоминания. У молодых людей – студентов университета лучшему воспроизведению соответствует доминирование стратегии обучения, тогда

как у детей младшего школьного возраста – сформированный, а у пожилых людей - сохранный тормозный контроль. Фактор пола влияет на выраженность указанных эффектов: более устойчивая связь памяти и проактивной интерференции характерна для мальчиков младшего школьного возраста, а лучшее воспроизведение при доминировании стратегии обучения – для девушек-студенток

Особенности проявления проактивной интерференции при запоминании зрительно предъявленной образной информации с учетом дошкольного этапа онтогенеза тормозных функций селекции информации.

Ранние этапы онтогенеза характеризуются развитием тормозных функций как следствия миелинизации нервных волокон и формирования функциональных связей префронтальной коры при организации целенаправленного поведения (Разумникова, Николаева, 2021). У детей дошкольного возраста временная динамика этого процесса зависима не только от генетического фактора, но и от условий воспитания (Николаева, 2010).

Для выяснения роли этого раннего этапа онтогенеза в формировании тормозных функций наша выборка была дополнена группой дошкольников. В итоге анализ закономерностей динамики запоминания зрительно предъявленной информации охватывал широкий возрастной диапазон от 5 до 78 лет. Использовали описанную в Главе 2.3 модель формирования памяти, включающей эффекты RIF и RBL, результаты применения которой на выборках школьников, студентов и лиц пенсионного возраста представлены выше.

Для анализа возрастной динамики запоминания использованы данные тестирования 89 детей дошкольного возраста (ГрД), 56 младших школьников (ГрШм), 64 ученика средней школы (ГрШ), 37 подростков-старших школьников (ГрШс), 193 двадцатилетних студента (ГрС) и 124 человека пенсионного возраста (ГрП). Взрослые участники исследования или родители

детей были ознакомлены с условиями тестирования и дали информированное согласие на его проведение.

Для сравнительного анализа изменений показателей памяти было выделено 6 возрастных групп, численный состав которых показан в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Состав шести возрастных групп

Группа	Количество		Возраст (годы)
	Мужчины	Женщины	
ГрД	38	51	5.7±0.4
ГрШм	27	29	7.6±0.4
ГрШ	31	33	10.9±0.4
ГрШс	16	21	14.2±0.6
ГрС	49	144	20.0±0.3
ГрП	34	90	62.6±0.3

Примечание. Обозначения групп в таблице: ГрД – дети дошкольного возраста, ГрШм - младшие школьники, ГрШ - ученики средней школы, ГрШс – ученики подросткового возраста, ГрС – двадцатилетние студенты университета, ГрП - люди пенсионного возраста.

Для выяснения возможных изменений показателей памяти, связанных с факторами ВОЗРАСТ (6) и ПОЛ (2), использовали дисперсионный анализ зависимых переменных: воспроизведения стимулов в трех предъявленных сериях стимулов. Был обнаружен значимый эффект для фактора ВОЗРАСТ ($F_{5,547}=6,69$; $p<0,000005$; $\eta^2=0,06$), обусловленный более низкими значениями воспроизведения у пожилых (в ГрП) по сравнению с пятью другими группами (рис. 5.8). При этом лучшие средние показатели памяти предсказуемо отмечены у старших школьников (ГрШс) и студентов (ГрС). Значимого эффекта для фактора ПОЛ не было обнаружено. Следует отметить широкий диапазон индивидуальных показателей запоминания, который иллюстрирует рис. 5.9. Особый интерес вызывают 5 человек из ГрП, которые оказались способны запомнить в трех сериях более 50 объектов (возможный максимум равен 90).

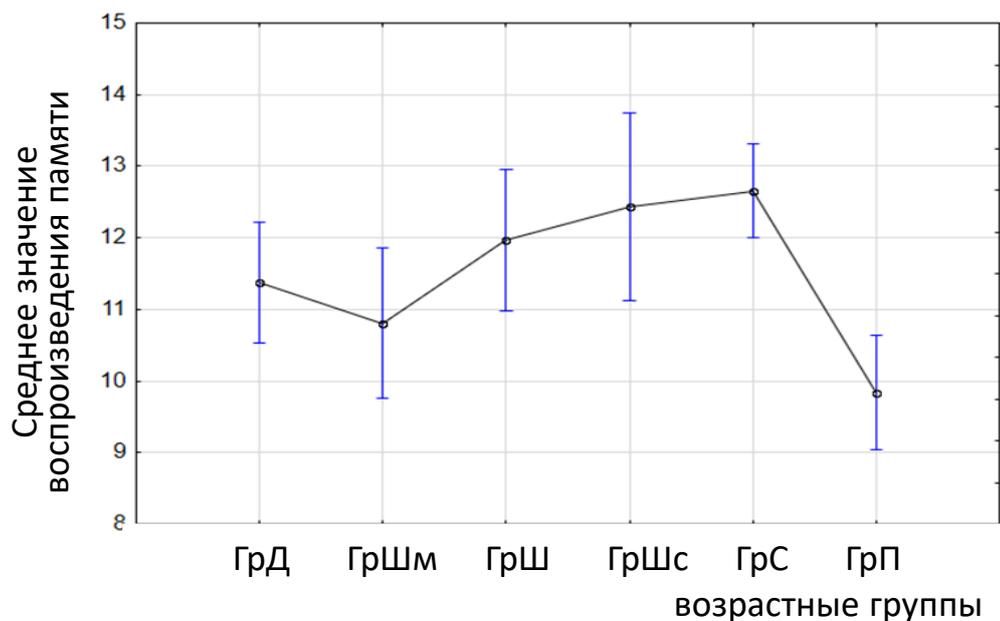


Рисунок 5.8 - Связанные с возрастом изменения средних значений воспроизведения зрительной кратковременной памяти в шести выделенных группах (см. табл. 5.8)

Влияние возраста на динамику воспроизведения запомненных объектов согласно обнаруженному эффекту взаимодействия ВОЗРАСТ x СЕРИЯ ($F_{10, 1094} = 1,81$ $p < 0,05$; $\eta^2 = 0,02$) иллюстрирует рис. 5.10. Этот эффект обусловлен

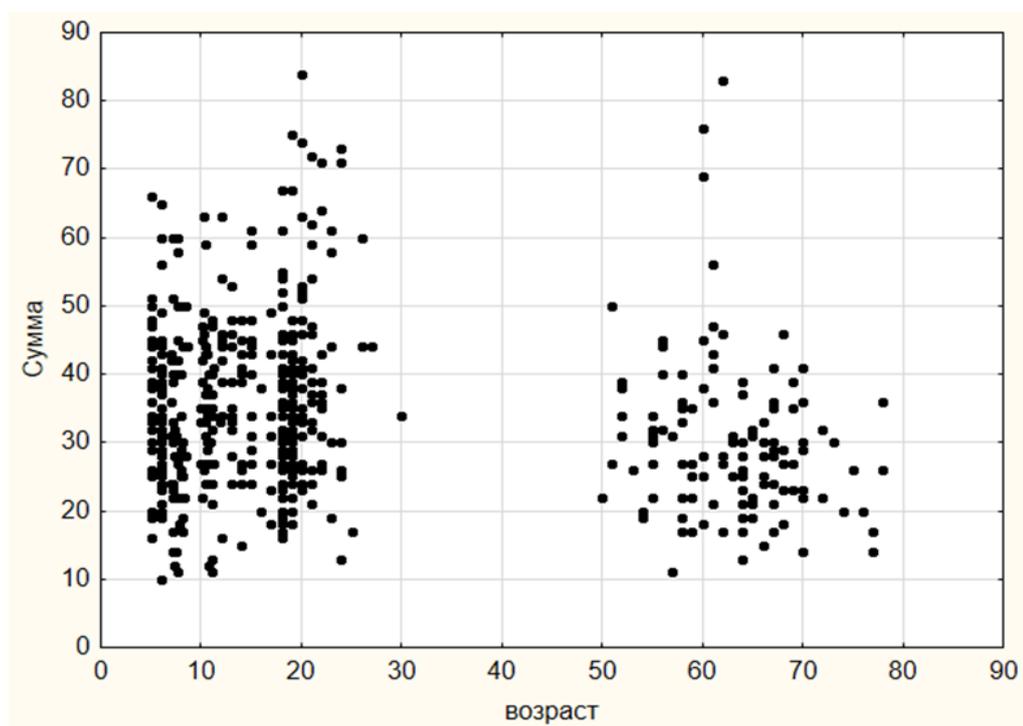


Рисунок 5.9 - Индивидуальные показатели воспроизведения памяти в зависимости от возраста

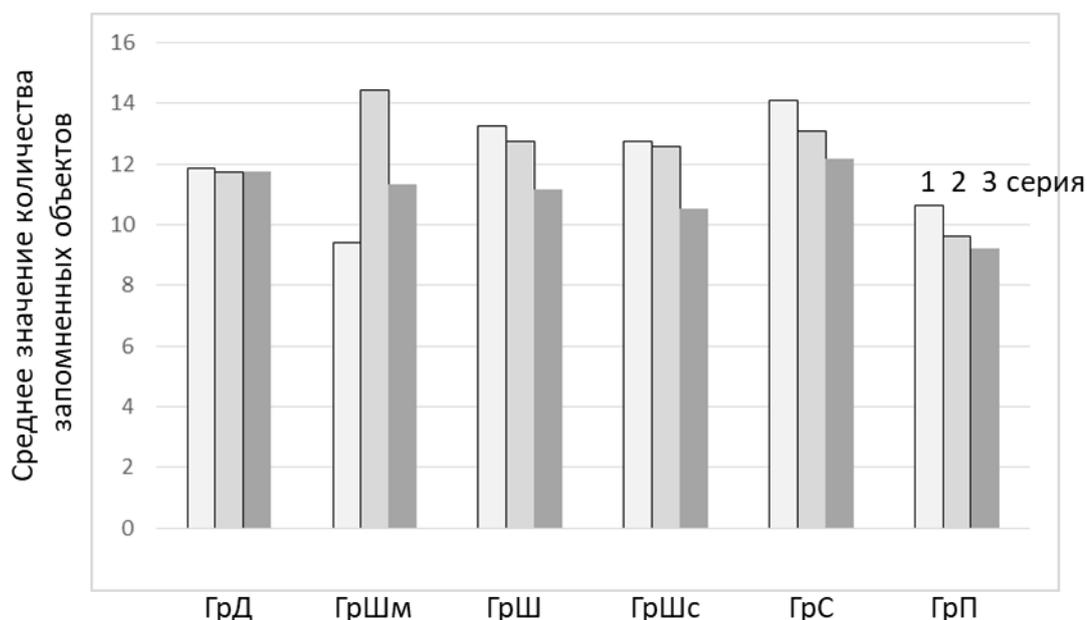


Рисунок 5.10 - Влияние возраста на динамику воспроизведения следа памяти в трех сериях зрительно предъявленных стимулов

различиями в воспроизведении объектов, предъявленных в 1 серии, при значимо больших показателях в сравнении с серией 3 для четырех групп ГрШ-ГрП, но отсутствия таких различий у дошкольников (ГрД) и максимальных значений воспроизведения для младших школьников (ГрШм) в серии 2 по сравнению с сериями 1 и 3.

На следующем этапе анализа, согласно распределению суммарных показателей памяти, были выделены три группы, различающиеся средними значениями: соответственно, низкими показателями $5,2 \pm 0,5$ (45 человек) (ГР0); средними $10,0 \pm 0,2$ (345 человек) (ГР1) и высокими $16,0 \pm 0,2$ (167 человек) (ГР2).

В табл. 5.9 представлен численный состав этих трех групп (ГР0-ГР2) и соответствующие значения памяти. Значимые различия в их количественном составе обнаружены только при сравнении студентов (ГрС) и пожилых (ГрП) из группы с низким воспроизведением (ГР0), поскольку в этой группе число пожилых людей было значимо больше ($p < 0,02$ согласно критерию χ^2).

В результате анализа динамики объема памяти (числа запомненных объектов) в трех сериях предъявления стимулов в этих группах обнаружена

тенденция его изменений ($F_{4,1078}=1,85$; $p<0,12$) за счет отсутствия значимых изменений в ГР0 и сходный в ГР1 и ГР2 эффект RIF (рис. 5.11).

Таблица 5.9

Численный состав и число запомненных объектов (объем памяти) в группах, различающихся эффективностью воспроизведения следа памяти (ГР0-ГР2) в зависимости от возраста (Грд-ГрП)

группа	показатель	Грд	ГрШм	ГрШ	ГрШс	ГрС	ГрП
ГР0	N (%)	6 (7)	8 (14)	4 (6)	1 (3)	10 (5)*	16 (13)*
	объем	17,0±2,8	15,3±2,4	13,0±3,5	15,0±6,9	17,4±2,2	16,5±1,7
ГР1	N (%)	60 (67)	30 (54)	37 (58)	18 (49)	114 (60)	86 (71)
	объем	31,2±0,9	28,5±1,3	31,4±1,1	29,6±1,6	30,8±0,7	28,4±0,7
ГР2	N (%)	23 (26)	18 (32)	23 (36)	18 (48)	67 (35)	19 (16)
	объем	47,4±1,4	46,7±1,6	47,3±1,4	46,3±1,6	51,9±0,8	48,0±1,6

Примечание. ГО- низкие значения воспроизведения зрительной кратковременной памяти, ГР1- средние, ГР2 – высокие.

В ходе анализа динамики воспроизведения стимулов в трех сериях предъявления стимулов в зависимости от возраста и эффективности запоминания обнаружены общие независимые от возраста эффекты

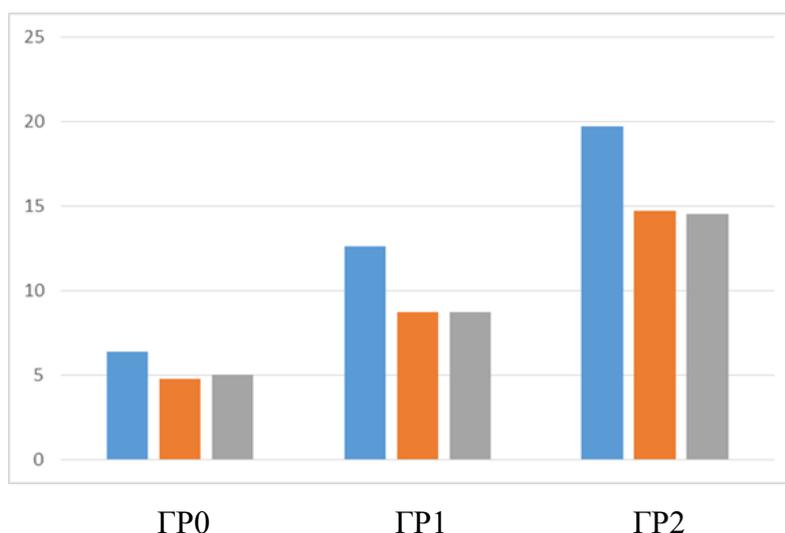


Рисунок 5.11 - Особенности временной динамики показателя воспроизведения в трех сериях предъявления стимулов в зависимости от эффективности запоминания в трех сформированных группах (ГР0-ГР1-ГР2)

отсутствия значимых изменений в группе с низким объемом воспроизведения (ГР0) и выраженном проявлении RIF у испытуемых с лучшими показателями объема памяти (ГР2) ($F_{2,310}=25,269$, $p=0,00000$).

Высокий уровень воспроизведения обусловлен выраженной проактивной интерференцией во 2 серии предъявления и ее сохранением в 3 серии (соответственно, $19,4\pm 0,5$; $14,3\pm 0,6$ и $14,0\pm 0,6$). ГР1 (средние показатели объема памяти) характеризуется изменениями воспроизведения, связанными не только с возрастом, но и с фактором ПОЛ.

При сравнении дошкольников (ГрД) и младших школьников (ГрШм) в группе со средним уровнем воспроизведения (ГР1) обнаружен эффект взаимодействия ПОЛ x СЕРИЯ ($F_{2, 172}=3,30$, $p=0,039$), связанный с обнаружением значимого эффекта RIF у девочек, но его отсутствием у мальчиков (табл. 5.10).

Согласно полученным результатам, выраженное снижение объема воспроизведения зрительной памяти происходит в пожилом возрасте, а пик запоминания приходится на двадцатилетний возраст. Это согласуется с выводами других авторов о возрастной динамике зрительной памяти, обусловленной развитием механизмов исполнительного контроля селекции

Таблица 5.10

Особенности временной динамики запоминания зрительно предъявленных стимулов мальчиками и девочками из групп дошкольников и младших школьников

Серия	Воспроизведение	
	Мальчики (n=42)	Девочки (n=48)
1	10,1±0,8	13,4±0,8
2	9,9±0,8	8,8±0,8
3	8,9±0,8	8,5±0,8

Жирным шрифтом выделены значения воспроизведения, отражающего эффект проактивной интерференции (RIF)

информации и связывания элементов зрительных образов и их нарушением при старении вследствие дефицита торможения в зрительной системе

(Brockmole, Logie, 2013; Gazzaley et al., 2008). Несмотря на более низкие показатели памяти в сравнении с ранними этапами онтогенеза, в ГрП сохраняется эффект RIF, причем его большая выраженность у пожилых людей сопровождается лучшим исполнительным контролем внимания, как это было отмечено выше в разделе 5.2 данной Главы. Известно, что успешное воспроизведение памяти обеспечивается нейронными сетями с вовлечением височной и дорзолатеральной префронтальной коры (Bennett et al., 2001). Следовательно, именно ресурсные возможности исполнительной системы контроля как функции префронтальной коры лежат в основе сохранения объема кратковременной зрительной памяти в пожилом возрасте.

Согласно результатам выполненного анализа временной динамики эффективности кратковременной зрительной памяти, RIF отсутствует только в выделенной нами ГР0 с наиболее низкими показателями памяти (см. рис. 5.11), в ГР1 выявляется только у девочек младшего возраста и максимально выражен в ГР2, отличающейся лучшими показателями запоминания. Это согласуется с мнением, что функции исполнительного контроля в детском возрасте формируются раньше у девочек, чем мальчиков (Chaku, Hoyt, 2019; Vrantsidis et al., 2022) и что эффект индивидуальной вариабельности в возрастном развитии выше, чем гендерный (Thanadkit et al., 2021; Wierenga et al., 2019).

Полученные результаты подтверждают, что RIF проявляется совместно с успешно сформированными тормозными функциями (Friedman, Miyake, 2017) и что устойчивый RIF характерен для индивидов с лучшей памятью (Aslan, Bauml, 2011). Так как нейроанатомическая модель тормозной модуляции воспроизведения следа памяти, включает 1) переключение внимания на другие стимулы, 2) торможение индивидуальной репрезентации памяти и 3) генерализованное торможение гиппокампа и процессов реактивации воспроизведения (Derue, 2012), то в процессе онтогенеза каждый из них может приобретать ведущее значение. Например, в детском возрасте – переключение внимания, в молодом – торможение энграммы в

сформированных при запоминании информации нейронных сетях, а в пожилом – преимущественно гиппокампальное торможение. Индивидуальное разнообразие вовлечения этих эффектов в механизмы запоминания и воспроизведения информации обуславливают наблюдаемое возрастное разнообразие динамики показателей памяти.

Наличие генерализованного для всех четырех старших возрастных (ГрШ-ГрП) эффекта RIF (рис. 5.10) при отсутствии значимых серийных изменений воспроизведения в ГрД и ярко выраженной его динамике в ГрШМ с повышением количества запомненных объектов во второй серии при последующим его снижении в третьей серии свидетельствует о том, что устойчивый процесс проактивной интерференции формируется только к 10 годам. В дошкольном возрасте, по-видимому, стратегии запоминания очень разнообразны, и итоговый в ГрД результат представлен суммацией по крайней мере трех эффектов: сформированной у одной части детей стратегией RIF, тогда как у другой части может преобладать обучение запоминанию (эффект RBL) (Pastötter et al., 2011; Roediger, Karpicke, 2006), а у третьей – неконтролируемое спонтанное запоминание.

Отличием ГрШМ является доминирование эффекта RBL при воспроизведении памяти во 2 серии, который на следующем этапе запоминания объектов уже приводит к развитию RIF. Эффект RBL полезен для эффективного обучения и развития интеллектуальных способностей (Karpicke, Blunt, 2011; Pastötter, Bäuml, 2014). В связи с этим его доминирование у младших школьников свидетельствует, по-видимому, об успешном применении начальной программы образования при наличии у детей мотивации для получения новых знаний.

Ухудшение памяти в пожилом возрасте происходит не только за счет биологического процесса старения, но и за счет снижения мотивации пробовать разные стратегии, придумывать их и включать в ежедневную жизнь. «Поэтому условием поддержания эффективного функционирования памяти при старении является обучение стратегиям освоения новой

информации, которое в молодом возрасте является естественным процессом» (Разумникова, 2015; Разумникова, Николаева, 2019).

Рассматривая динамику формирования и реализации тормозных функций в зрительной кратковременной памяти в широком возрастном диапазоне от 5 до 70 лет, можно заключить, что эффект проактивной интерференции (RIF) при запоминании образной информации слабо представлен у дошкольников, развивается с возрастом, достигая максимальной выраженности у двадцатилетних студентов, и сохраняется у пожилых людей, несмотря на отмеченное у них ослабление запоминания. Вне зависимости от возраста эффект RIF ассоциируется с лучшей памятью. Критическим периодом развития этого эффекта является возраст 6-8 лет. Отсутствие возрастных различий во временной динамике воспроизведения зрительной памяти как при ее низких, так и высоких показателях, можно связать с комплексом пока неучтенных факторов: например, комбинации разных стратегий запоминания и гибкости их использования в зависимости от индивидуальной мотивации выполнения задания.

5.4 Возрастные и индивидуальные особенности эффективности когнитивной тренировки

Растущая популяция пожилых людей среди населения экономических развитых стран и возрастные изменения здоровья, в том числе повышение вероятности развития когнитивных дисфункций и разных форм деменции. Несмотря на большое индивидуальное и временное разнообразие возрастных изменений структурных и функциональных изменений в центральной нервной системе, к наиболее устойчивым эффектам старения относится уменьшение массы серого и белого вещества мозга, сопровождающееся снижением скорости ментальных процессов и кратковременной памяти (см., например, Borghesani et al., 2013; Brosan et al., 2023; Eckert, 2011; Engvig et al., 2012; Nyberg et al., 2012).

Многочисленные доказательства активации функциональных систем мозга и реорганизации нейронных сетей на основе когнитивной тренировки стимулируют продолжение исследований компенсаторных ресурсов мозга и эффективности программ когнитивного тренинга (Разумникова, 2015; Karbach, Schubert, 2013; Klimova, 2016; Melby-Lervåg, Hulme, 2013; Metzler-Baddeley et al., 2016; Zinke et al., 2014). Согласно результатам обзора публикаций, представленных в MEDLINE в период 2000-2018 г.г. и посвященных программам когнитивного тренинга, их число составило более четырех тысяч (Harvey et al., 2018). Сделано заключение об улучшении тех когнитивных функций, которые являлись целью тренировки, однако мнения расходятся относительно переноса полученного эффекта и на другие функции (Brehmer et al., 2012; Kueider et al., 2012; Lampit et al., 2020; Matysiak et al., 2019; VanMuijden et al., 2012; Zinke et al., 2014). Согласно выводам другого мета-анализа результатов тренировки памяти пожилых людей пока невозможно выделить прогностические факторы ее эффективности вследствие большого разнообразия методических и методологических подходов, представленных в работах (Roheger et al., 2020).

Значительная часть исследований когнитивного тренинга посвящена анализу механизмов повышения эффективности рабочей памяти и исполнительных функций (EF) и их влияния на восстановление других когнитивных процессов (Разумникова, 2015; Arokiaraj 2020 Brehmer et al., 2012, Jaeggi et al., 2020; Peng et al., 2017; Pergher et al., 2018). Актуальными остаются вопросы о выборе оптимальных программ, продолжительности тренинга, роли индивидуальных базовых когнитивных способностей или стандартизации батареи тестирования когнитивных функций (Fu et al., 2020; Green et al., 2014; Guye et al., 2017; Lampit et al., 2014; Ludyga et al., 2020; Melby-Lervåg, Hulme, 2013; Wolfson, Kraiger, 2014). Поэтому представляется актуальным сосредоточиться на анализе эффективности тренировки тех когнитивных функций, которые привлекают наибольшее внимание и как

маркеры старения мозга, и как показатели потенциальных когнитивных резервов.

В Главе 1 были описаны основные литературные данные, освещающие полученные результаты применения компьютеризированных методов когнитивных тренировок пожилых людей. Они показывают, что основное внимание при разработке программ когнитивной тренировки уделяется развитию скорости селекции информации, рабочей и пространственной памяти и/или исполнительному контролю внимания. Для тренировки таких когнитивных функций нами была разработана батарея компьютеризированных методик, ее подробное описание дано в Главе 2.3. В этой главе описываются результаты и обсуждение данных, полученных с применением разработанных методик.

5.4.1 Тренировка зрительно-пространственной кратковременной памяти

Несмотря на неопределенность локализации обусловленных когнитивной тренировкой структурных изменений в мозге и величины этих эффектов, наиболее устойчивые изменения показаны для гиппокампа пожилых людей (Bråthen et al., 2018; Hedden et al., 2016; Thomas, Baker, 2013). Гиппокамп является той структурой мозга, функции которой связаны с формированием зрительной памяти (Lee et al., 2012; Zammit et al., 2017), и возрастной атрофии его нейронов сопутствует ослабление памяти (Tsaranou et al., 2019). Среди разных форм памяти, изменения которых связаны со старением, особое внимание уделяется тренировке рабочей и кратковременной памяти (Borella et al., 2014; Brehmer et al., 2012; Matysiak et al., 2019; Roheger et al., 2020). Поэтому информативным способом изучения возрастных и индивидуальных изменений функций мозга в ходе когнитивной тренировки может быть применение заданий, требующих вовлечения функций кратковременной пространственной памяти.

Согласно гипотезе компенсации за счет вовлечения дополнительных нейронных сетей (Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis - CRUNCH) (Reuter-Lorenz, Cappell, 2008), пожилые люди могут достичь сходного с молодыми запоминания вследствие усиления активации префронтальных областей коры. Известны две противоположные точки зрения на эффективность когнитивной тренировки: лучших результатов достигают лица с высоким уровнем исполнительного контроля как результат уже сформированной пластичности нейронных сетей (Beigneux et al., 2007) или, наоборот – с низким – вследствие большего потенциала обучения (Reuter-Lorenz, Cappell, 2008).

Поэтому мы исследовали временную динамику изменений кратковременной зрительной пространственной памяти и значения ее индивидуального базового уровня у пожилых людей в сравнении с молодыми. Еще одной задачей этого этапа работы было выяснение роли исполнительного контроля поведения в условиях самостоятельного формирования режима тренировки участниками исследования для достижения 80% точности воспроизведения пространственных паттернов.

В исследовании принимали участие 157 испытуемых: 65 женщин пенсионного возраста (65.8 ± 7.5 лет), слушательницы Народного факультета университета, (ГрП), и 92 студентки очного отделения Факультета гуманитарного образования (20.1 ± 1.4 лет) (ГрС).

Для определения эффективности кратковременной зрительной пространственной памяти использовали модифицированную компьютеризированную методику «VisualPatternsTest» (Craik, Rose, 2012; DellaSala et al., 1999), представленную на разработанном нами сайте psytest.nstu.ru. Описание методики представлено в Главе 2.3.

Инструкция для тренировки дома была дана студентам на практических занятиях по психологии, а слушателям Народного факультета – на лекции, посвященной закономерностям старения мозга, и практическом занятии в

компьютерном классе: предлагалось систематически выполнять задание до устойчивого достижения 80-100% эффективности воспроизведения.

Сравнение эффективности запоминания в первой сессии тестирования выявило меньшие значения воспроизведения в ГрП по сравнению с ГрС (50.1 ± 1.9 и 68.2 ± 1.6 %, соответственно, $p < 0.000001$ согласно критерию Манна-Уитни). В ГрП только 12% участников исследования продемонстрировали воспроизведение лучше 60%, тогда как в ГрС - 56 %. Полученный результат соответствует многочисленным данным об ухудшении показателей кратковременной зрительной памяти в пожилом возрасте (см., например, (Craig, Rose, 2012; Mitchell et al., 2018; Pertzov et al., 2015; Wiegand et al., 2014).

В ГрС повторное тестирование выполнили 90%, так как 10% достигли поставленного инструкцией результата с первого раза. Затем число тренирующихся неуклонно снижалось: 27% - 10-ой сессий и только 5% достигли 30 сессии. В ГрП повторно задание выполнили 78% участников исследования (22% отказались от дальнейшей тренировки), 30 сессий – 18% (рис. 5.12), а более 50 раз - только 9%. Сходное снижение числа участников комплексной когнитивной тренировки было отмечено согласно результатам

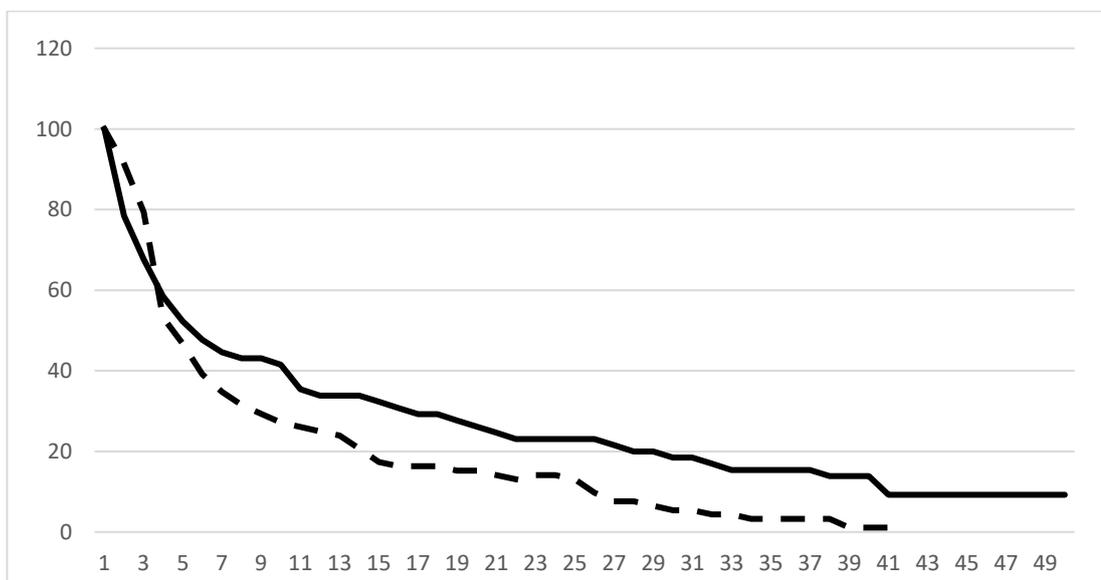


Рисунок 5.12 - Число участников тренировки (ось y, %) в зависимости от количества выполненных сессий (ось x) (пунктир-молодые, ГрС; сплошная – пожилые, ГрП))

финского гериатрического исследования, направленного на профилактику когнитивных нарушений (Turunen et al., 2019). Анализ периодичности тренировки показал отсутствие ее систематичности в обеих группах: в ГрМ большая часть тренировок выполнялась в течение одной-двух недель, максимально – на протяжении месяца; в ГрП – на протяжении 2-3 месяцев и максимально – более года.

На рис. 5.13 показана динамика эффективности запоминания в ходе тренировки: уровня 80% представители ГрС достигали, выполняя 5-10 сессий тренировки, а ГрП этого результата не достигла и после 20 сессий тренировки. Учитывая такой эффект снижения числа участников исследования, для статистического анализа динамики воспроизведения были взяты первые четыре сессии. ANOVA с факторами ВОЗРАСТ (2) и СЕССИЯ (4) выявил значимые различия (соответственно, $F(1,85)=38.98$, $\eta^2=0.31$; $p<0.000001$ и $F(3, 255)=12.70$, $\eta^2=0.13$, $p<0.000001$): меньшие значения в ГрП по сравнению с ГрС (53.1 ± 2.0 и 69.9 ± 1.8) и увеличение показателей в 3 и 4-ой сессиях по сравнению с 1-ой ($0,000001<p<0.005$ при post hoc сравнении с поправкой Бонферрони) (см. первые четыре сессии на рис. 5.13).

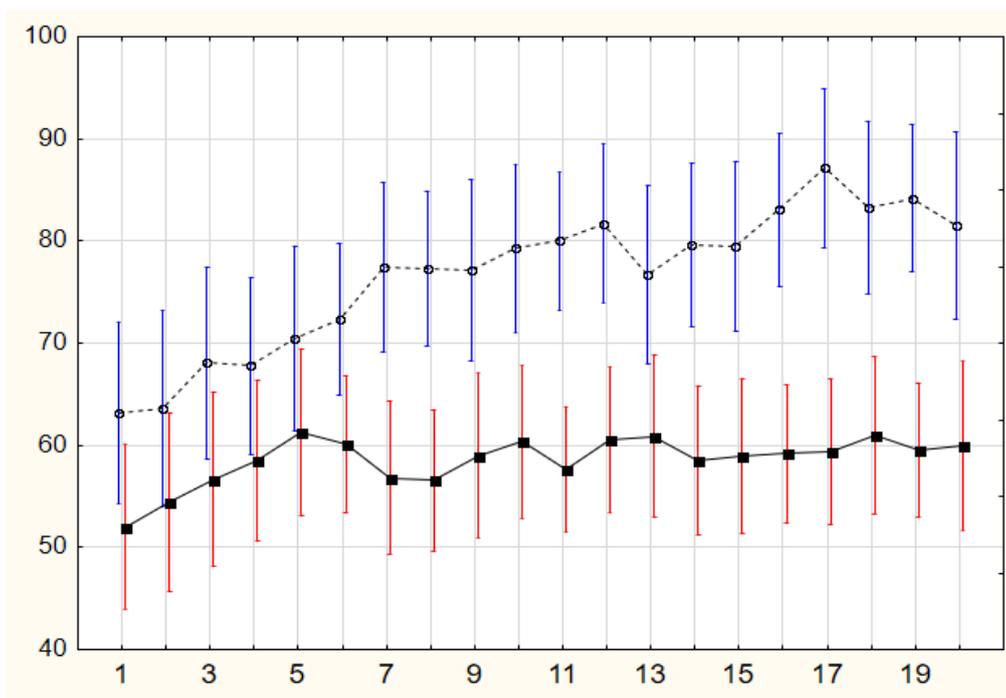


Рисунок 5.13 - Динамика эффективности запоминания (ось у, %) в 20-ти сессиях (ось х) в группах пожилых (ГрП) и молодых (ГрС)

Анализ результатов выполнения 20-ти сессий выявил значимое улучшение зрительно-пространственной памяти в ходе более длительной тренировки в обеих возрастных группах (для ГрС $p < 0.000001$, для ГрП $p = 0.024$ согласно критерию Фридмана) (рис. 5.13).

Подобный эффект менее выраженного улучшения пространственной и вербальной памяти у испытуемых пожилого возраста по сравнению с молодым был отмечен в результате пятинедельной компьютеризированной тренировки (Brehmer et al., 2012) и согласуется с выводами о необходимости более длительной тренировки для получения положительного результата в кратковременной памяти (Corbett et al., 2015; Klimova, 2016).

Таким образом, можно заключить, что большинство пожилых людей прекращают самостоятельную тренировку, не достигнув установленного инструкцией воспроизведения пространственной памяти. При анализе возрастных изменений программы выполнения действий показано ослабление функций инициации действий и их переключения у пожилых (Cesprón et al., 2018; Günther et al., 2003). Следовательно, невысокую эффективность самостоятельной тренировки пространственной памяти можно связать с ослаблением исполнительного контроля и инициативы в освоении новых видов деятельности.

Недостаточная настойчивость и систематичность выполнения задания студентами также может быть обусловлена слабым исполнительным контролем у части студентов.

Значимый эффект улучшения памяти после 84-87 сессий тренировки ($p = 0.003$ согласно критерию Фридмана) составлял около 80% и характеризовался меньшим разбросом значений по сравнению с первыми четырьмя сессиями (рис. 5.14). Однако для его достижения потребовалось выполнять задание на протяжении более трех месяцев, такую настойчивость проявили только 5 человек из ГрП.

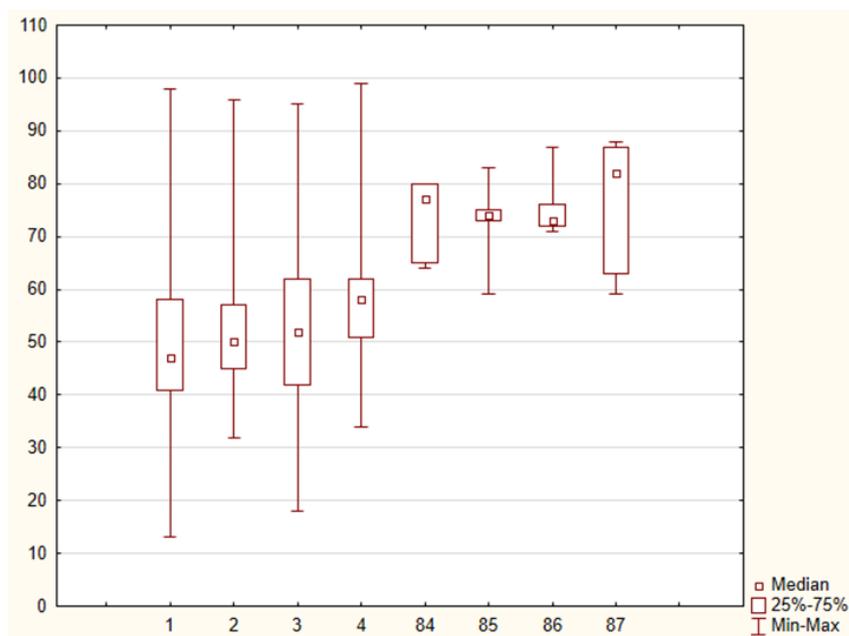


Рисунок 5.14 - Показатели памяти у лиц пожилого возраста в первых четырех и в восьмидесятих сессиях тренировки

Несмотря на полученный положительный эффект длительной тренировки, достигла его только очень малая часть ГрП. В связи с этим следует согласиться с заключением, что домашние тренировки без внешнего контроля их выполнения недостаточно эффективны (Lampit et al., 2014), отметив, что только для тех лиц, кто не обладает высоким самоконтролем деятельности, тогда как настойчивость в достижении поставленной цели приводит к ее реализации: улучшению пространственной памяти у пожилых людей.

Для выяснения значения базового уровня памяти в каждой группе были выделены подгруппы с высоким и низким значениям показателей памяти (соответственно, Гр1 и Гр0) согласно средним значениям для ГрП и ГрС. Сформированные таким образом группы для ГрП включали 28 человек в Гр1 и 37– в Гр0 при показателях воспроизведения, соответственно, 59.9 ± 10.4 и $42.7 \pm 6.5\%$ (возраст в этих подгруппах не различался: 65.1 и 66.3 лет); а для ГрС - 46 и 46 человек и 82.2 ± 12.3 и $54.2 \pm 8.7\%$.

Результаты ANOVA с включением факторов ВОЗРАСТ (2) и ГРУППА (2) для двух первых сессий тестирования наряду с описанным выше более

успешном воспроизведении пространственных паттернов в ГрС, чем в ГрП и в Гр1, чем в Гр0, выявил также эффекты взаимодействия: ВОЗРАСТ x ГРУППА и ГРУППА x СЕССИЯ (см. табл. 5.11).

Таблица 5.11

Результаты дисперсионного анализа показателей воспроизведения пространственных паттернов в первых двух сессиях тренировки как зависимых переменных и независимых факторов ВОЗРАСТ и ГРУППА

Переменные	df	F	p	η^2	Эффект
ВОЗРАСТ		91.21	<.0001	.41	52.1±1.4 в ГрП и 69.2±1.1 в ГрС
ГРУППА	1,	85.47	<.0001	.39	52.4±1.1 в Гр0 и 68.9±1.3 в Гр1
ВОЗРАСТ x ГРУППА	131	5.32	.02	.04	Нет различий между Гр0_ГрС и Гр1_ГрП (рис. 5.15 А)
ГРУППА x СЕССИЯ		19.45	.00002	.13	Нет различий между 1 и 2 сессиями в Гр1 (рис. 5.15 Б)

Взаимодействие факторов ВОЗРАСТ x ГРУППА было обусловлено тем, что показатели воспроизведения у пожилых женщин с высокими начальными значениями (Гр1_ГрП) не отличались от тех, что были зафиксированы у студенток с низким воспроизведением (Гр0_ГрС) при устойчивых возрастных и групповых различиях (рис. 5.15 А). Posthoc анализ взаимодействия ГРУППА x СЕССИЯ показал лучшее воспроизведение в Гр0 во второй сессии по сравнению с первой при отсутствие значимых изменений в Гр1 (рис. 5.15 Б).

Для анализа более длительного периода тренировки и дальнейшей оценки ее результатов было отобрано 12-ть сессий в связи с описанным выше уменьшением численности групп при увеличении количества проб. Согласно критерию Фридмана, значимое повышение эффективности воспроизведения пространственных паттернов обнаруживается у испытуемых трех групп: Гр0_ГрС (N = 14, ChiSqr. = 45.76; p = 0.00001), Гр1_ГрС (N = 10, ChiSqr. =

21.04; $p = 0.033$) и Гр0_ГрП ($N = 13$, $\text{ChiSqr.} = 29.18$; $p = 0.002$), а для Гр1_ГрП – только на уровне тенденции ($N = 10$, $\text{ChiSqr.} = 19.26$; $p = 0.067$).

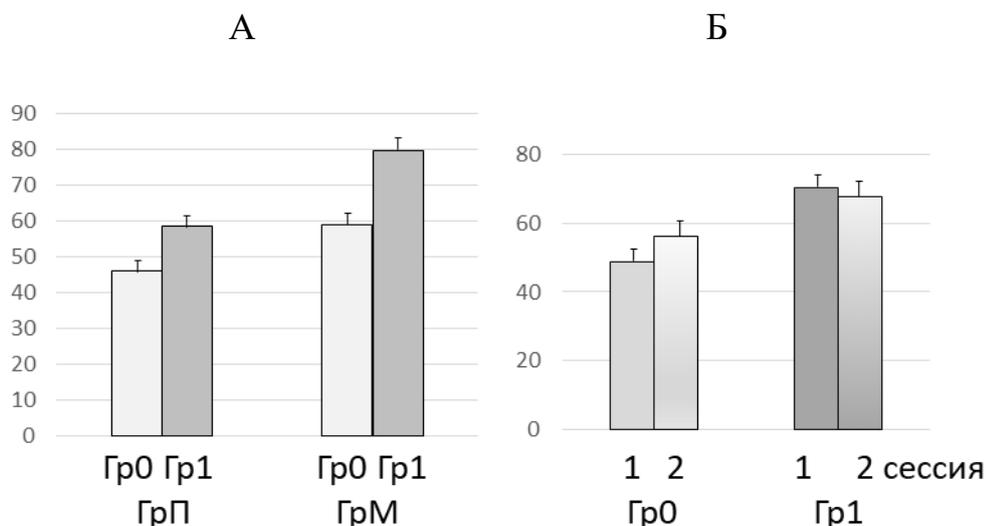


Рисунок 5.15 - Изменения показателей кратковременной зрительной пространственной памяти в зависимости от базового уровня памяти и возраста (А) или сессий тренировки (Б)

ГрП-пожилые, ГрС-молодые участники тренировки, Гр1 – с более высокими, Гр0-низкими первоначальными значениями показателей памяти

Дальнейшая проверка временной динамики воспроизведения паттернов стимулов показала, что эффект улучшения памяти для Гр1_ГрП становится значимым только после 30 сессий ($\text{ANOVA ChiSqr.} (N = 5, df = 29) = 44.90$; $p = 0.030$).

Таким образом, результаты тренировки кратковременной зрительной пространственной памяти зависят как от возраста, так и от базового уровня памяти. Молодые лица не только характеризуются лучшей пространственной памятью, но и более быстрым ростом в динамике ее тренировки. Этот эффект можно рассматривать как подтверждение большей у них пластичности нейронной системы, обеспечивающей запоминание получаемой информации (Bissig, Lustig, 2007).

Учитывая, что часть пожилых лиц с высокими базовыми показателями пространственной памяти достигают результативности тренировки раньше тех, у кого они были более низкими, можно заключить, что такая пластичность является компенсаторным ресурсом, сформированным в ходе

предшествующего обучения и когнитивной активности (Greenwood, Parasuraman, 2010). С другой стороны, более быстрая динамика показателей успешности воспроизведения пространственных объектов вне зависимости от возраста, отмеченная у лиц с относительно низкими начальными значениями памяти, согласуется с гипотезой о влиянии потенциала обучения запоминанию на результаты когнитивной тренировки (Mitchell et al., 2012). Наблюдаемое в ГрП достижение высокого уровня пространственной памяти после длительной тренировки подтверждает гипотезу CRUNCH, согласно которой высокий исполнительный контроль поведения как следствие вовлечения функций префронтальных отделов коры (Reuter-Lorenz, Cappell, 2008; Xuan, 2020) позволяет компенсировать связанный со старением когнитивный дефицит.

Учитывая, что только 8-10% пожилых людей по нашим данным и согласно (Turunen et al., 2019) продолжили индивидуальную когнитивную тренировку, возникает вопрос о поиске более продуктивного способа ее организации. Возможно, он может быть решен при систематическом применении групповых когнитивных тренировок в геронтологических центрах (Kelly et al., 2017). Осознание респондентами возникающих при старении симптомов психических и неврологических нарушений упоминается как дополнительный фактор стимуляции компьютеризированного когнитивного тренинга (Goghari et al., 2020).

5.4.2 Тренировка зрительной кратковременной памяти в модели проактивной интерференции

Эффект интерференции в процессах селекции информации рассматривается как полезный инструмент исследования динамики запоминания и обучения, в том числе ее индивидуальных особенностей (Созинов и др., 2013; Redick et al., 2020; Murayama et al., 2014). Например, проактивная интерференция считается основной причиной ограничения объема рабочей памяти (Hamilton et al., 2022 Oberauer et al., 2016). Среди

экспериментальных факторов, определяющих развитие интерференции, наиболее устойчивыми являются сходство характеристик предъявляемой информации, скорость ее обработки и лёгкость/сила возникновения ассоциативных связей.

Любая форма эксплицитного запоминания включает исполнительную рабочую память, которая необходима для выбора способа решения задачи: либо согласно инструкции при участии в эксперименте, либо самостоятельного контроля поведения в естественных условиях. Широко исследуемые в последние годы процессы тренировки памяти и исполнительных функций внимания продолжают вызывать дискуссии из-за противоречий в полученных результатах и разных точек зрения при их интерпретации. Имеются доказательства улучшения объема рабочей и кратковременной памяти в результате тренировки при тесной связи этих форм памяти (Norris et al., 2019) и как следствие тренировки - улучшение исполнительного контроля поведения (Finn et al., 2022; Brooks et al., 2017; Redick, 2016). Этим выводам противоречат данные об отсутствии такой связи (Hendershot et al., 2018; Rass et al., 2015). Поэтому вопрос о соотношении рабочей (кратковременной) памяти и эффективности тормозных функций или исполнительного контроля остается открытым и стимулирует дальнейшие исследования, необходимые как для понимания путей профилактики и реабилитации аддикции (Brooks et al., 2020), так и активации когнитивных резервов при старении (Разумникова, 2015; Chen et al., 2022; Tagliabue, Mazza, 2021).

Объем рабочей памяти и принципы организации и/или реорганизации ассоциативных связей, используемых для запоминания, а также гибкость переключения разных стратегий запоминания для достижения большей эффективности имеют значительную индивидуальную вариативность. Стратегии запоминания представляют активные преобразования информации с ее вводом в рабочую память на основе комплекса функций нескольких мнемических систем (Нуркова, Гофман, 2016). Так как возраст влияет на

скорость обработки информации и определяет накопление опыта (например, Chen et al., 2022; Tagliabue, Mazza, 2021), то возможны разные механизмы организации кратковременной памяти.

В специально разработанном нами задании с запоминанием однотипных объектов участник исследования самостоятельно определяет, какие из зрительно предъявленных стимулов, в какой последовательности и с какой скоростью следует выбирать для запоминания. Таким образом, формируется индивидуальный приоритет разных стратегий запоминания и контроля их привлечения и переключения, т.е. реализуются функции префронтальной коры (Jonides, Nee, 2006) и нейронной сети, охватывающей лобно-теменную систему и медиальную височную долю (Öztekın, Vadre, 2011), и/или механизмов кратковременной памяти, основанных на функциях гиппокампа (Huang et al., 2021; Navarro Lobato et al., 2023). Результатом такого индивидуального предпочтения способа запоминания является суммация эффектов проактивной интерференции как забывания вследствие воспроизведения следа памяти (эффекта Retrieval-Induced Forgetting (RIF)) (Anderson et al., 2000; Murayama et al., 2014) и обучения запоминанию (Retrieval-Based Learning (RBL)) (Chan et al., 2018; Pastotter, Bauml, 2014; Tempel, Sollich, 2023).

Снижение эффективности когнитивной деятельности, связанное со старением, как уже упоминалось ранее, объясняется разными процессами: ухудшением тормозного контроля, снижением объема рабочей памяти и замедлением скорости ментальных операций; однако единого мнения относительно динамики этих процессов и закономерностей их взаимодействия пока не сложилось (Разумникова, 2015; Corlier, Eich, 2023; Grégoire et al., 2012; Sylvain-Roy et al., 2015).

Поэтому нами были поставлены следующие вопросы:

- влияет ли содержание предъявляемого для запоминания стимульного материала на динамику развития тормозных процессов и, соответственно, на индивидуальное соотношение эффектов RIF и RBL и

- каковы возрастные особенности эффективности самостоятельно инициируемой тренировки кратковременной зрительной памяти?

В первой части исследования, направленного на решение этих вопросов, принимали участие студенты университета (220 человек, $20,4 \pm 1,9$ лет), во второй - студенты (70 человек; $21,7 \pm 2,5$ лет) и группа пожилых женщин (25 человек; $64,4 \pm 6,3$ лет), посещающих занятия «Народного университета» при НГТУ (<https://assoc.nstu.ru>).

Студенты выполняли тренировку памяти согласно заданию «проанализировать динамику обучения запоминанию» в рамках практических занятий по психологии, а пожилые – в результате ознакомления с возможностями когнитивной тренировки для активации когнитивных ресурсов.

Данные были собраны в период 2020-22 г.г. При тестировании в 2020 г. предъявлялся набор из 30-ти стимулов, пример которых показан на рис. 5.16 А, а в 2021-22 набор 30-ти других стимулов, его пример приведен на рис. 5.16 Б. В каждом случае использовалось по 5 сессий предъявления стимулов для анализа проактивной интерференции. Более подробное описание методики дано в Главе 2.3.

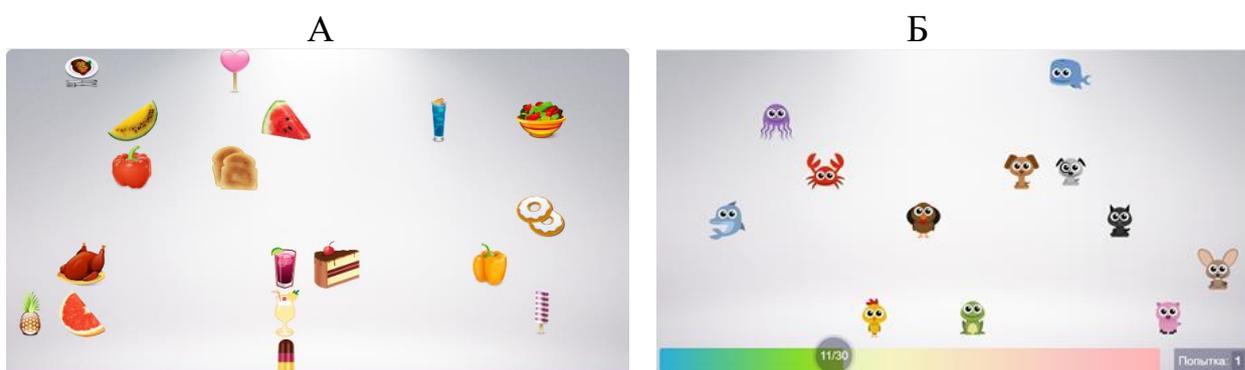


Рисунок 5.16 - Пример наборов стимулов, предъявляемых для исследования динамики кратковременной зрительной памяти

Согласно поставленным задачам на первом этапе анализа массива данных выясняли динамику развития проактивной интерференции в зависимости от содержания предъявленных для запоминания стимульного

материала. Для этого выполняли ANOVA с зависимой переменной СЕССИЯ (5) и независимой переменной ТЕСТ (2) для группы студентов (223 человека).

Обнаружены эффекты ТЕСТ ($F_{1,221}=12,4$; $p<0,0005$), связанный с лучшим воспроизведением памяти при предъявлении стимулов из набора А, чем Б (соответственно, $12,7\pm0,6$ и $10,3\pm0,3$); СЕССИЯ ($F_{4,884}=14,3$; $p<0,0001$), обусловленный лучшим воспроизведением стимулов в 1 сессии, чем в четырех остальных; а также взаимодействие ТЕСТ x СЕССИЯ ($F_{4,884}=2,5$; $p<0,04$). На рис. 5.17 показана иллюстрация этого взаимодействия: для набора А эффект RIF развивается постепенно и достигает значимого снижения

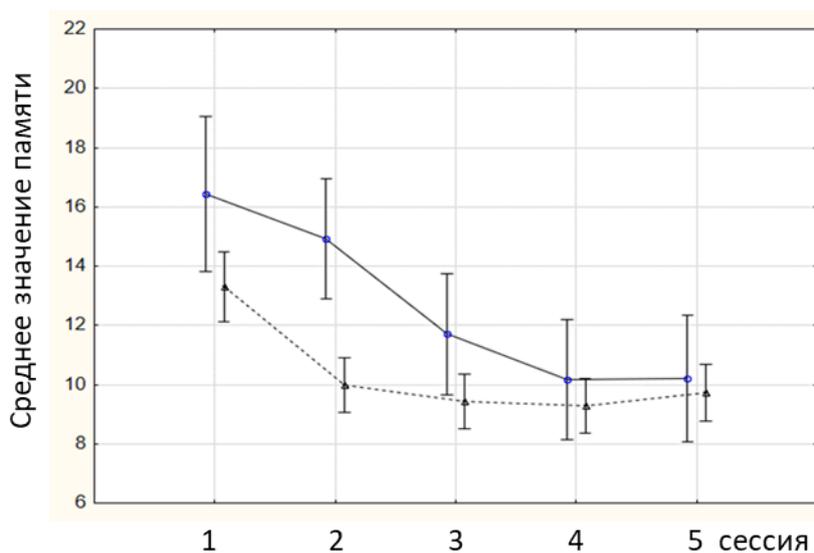


Рисунок 5.17 - Динамика воспроизведения зрительной кратковременной памяти в зависимости от содержания стимульного материала (сплошная кривая – набор А, пунктир – набор Б, см. рис. 5.16)

воспроизведения при его сравнении в 1 и 4 сессиях (согласно post hoc анализу с поправкой Бонферрони $p<0,001$), а для набора Б – уже при сравнении в 1 и 2 сессиях и сохраняется далее (при $p<0,00001$).

Таким образом, эффект RIF наблюдается вне зависимости от содержания предъявленных для запоминания стимулов, однако скорость его развития зависит от свойств стимулов.

Относительно лучший показатель запоминания в 1 сессии тестирования при предъявлении стимулов из набора А, чем набора Б, по-видимому, можно объяснить их большим разнообразием при создании ассоциаций с

классификацией разных видов съедобного и различий по размеру, цвету, форме и т.д. (сравн. рис. 5.16 А и Б).

Однофакторный ANOVA с переменной ТЕСТ (2) не выявил значимых различий в эффекте RIF, вычисленном как разница воспроизведения в 1 и 5 сессии ($F_{1,221} = 2,1$; $p=0,15$): $6,2\pm 1,7$ для набора стимулов А и $3,6\pm 0,8$ - для Б. Это свидетельствует о доминировании эффекта RIF над процессом обучения вне зависимости от набора стимулов. Полученные результаты соответствуют заключению о постоянном и устойчивом эффекте проактивной интерференции в зрительной памяти вне зависимости от различных манипуляций с содержанием запоминаемого материала (Mercer et al., 2022).

Рис. 5.18 иллюстрирует индивидуальное разнообразие динамики суммации эффектов RIF и RBL с постепенным замещением RIF (средние значения в группе положительные) на RBL (отрицательные значения показателя воспроизведения в сериях 4 и 5).

Анализ сравнения разницы показателей воспроизведения для каждой пары сессий (1 и 2, 2 и 3 и т.д.) был выполнен для набора Б (185 человек) и показал значимый эффект ($F_{1,183}=14,0$; $p=0,00025$), указывающий на преобладание RIF при сравнении первых сессий тестирования памяти, но RBL – при сравнении последних ($3,6\pm 0,8$ и $-0,4\pm 0,7$, соответственно) (Рис. 5.18 А). Это смещение доминирования RIF на RBL согласно распределению числа участников тестирования с положительным результатом сравнения воспроизведения в сессиях 1 и 2 (эффект RIF) или отрицательным – в сессиях 4 и 5 (эффект RBL) показано, соответственно, на рис. Б и В.

На начальном этапе запоминания стратегия RIF доминировала в 67,6% случаев, а RBL в пятой серии эксперимента – в 56,2%. По суммарному показателю памяти две группы, сформированные по доминированию RIF или RBL, значимо не различались, хотя имелась тенденция к более высокому среднему воспроизведению в группе с доминированием RIF: $10,6\pm 0,3$ и $9,7\pm 0,5$, соответственно ($F_{1,181}=2,6$; $p=0,11$).

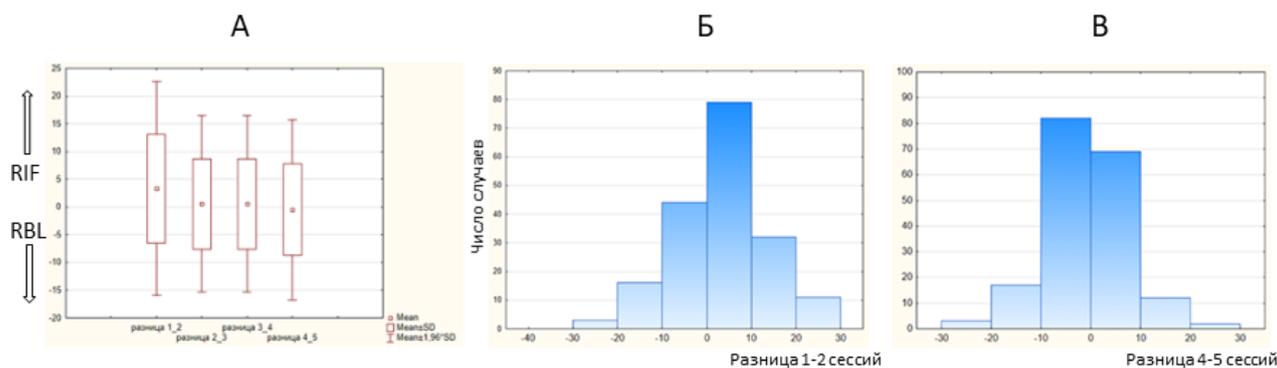


Рисунок 5. 18 - Изменения соотношения вклада эффекта проактивной интерференции (RIF) и обучения запоминанию (RBL) при сравнении показателей воспроизведения в пяти сессиях предъявления стимулов (А) и распределение случаев с разными показателями воспроизведения при их сравнении в 1 и 2 сессиях запоминания (Б) и 4 и 5 сессиях (В)

Анализ численности участников тестирования, применявших разные стратегии запоминания на начальном и конечном этапах эксперимента, показал, что 37% участников исследования сменили RIF на RBL, 30% придерживались RIF, 19% - RBL и 14% характеризовались переходом от RBL к RIF без значимых различий в показателях запоминания соответственно перечисленным стратегиям запоминания ($10,7 \pm 0,4$; $10,6 \pm 0,5$; $9,8 \pm 0,6$ и $9,6 \pm 0,7$).

Результаты такого же анализа для набора стимулов А (38 человек) выявило сходное распределение стратегий запоминания: 34% сменили RIF на RBL, 29% придерживались RIF, 24% - RBL и 13% характеризовались переходом от RBL к RIF, также без значимых различий в общих показателях запоминания.

Полученные данные свидетельствуют об индивидуальном разнообразии соотношения эффектов RIF и RBL во временной динамике запоминания информации, принадлежащей одной семантической категории, но отличающейся элементами зрительно предъявленных объектов (формой, цветом и т.п.). Однако доминирование RIF наблюдается вне зависимости от набора стимулов и соответствует ранее полученным нами результатам с

применением сходной методики тестирования памяти с предъявлением другого набора стимулов в трех сессиях запоминания (см. раздел 5.3).

Полученные результаты позволяют заключить, что успешное воспроизведение следа памяти в первой сессии эксперимента сопровождается развитием RIF, тогда для формирования RBL требуется практика запоминания, которая в конечном счете также приводит к успешному запоминанию вследствие обучения и выбора наилучшей индивидуальной стратегии. Следует отметить, что на величину эффекта RIF может влиять мотивация как механизм достижения лучших результатов когнитивной деятельности (Pica et al., 2018), тогда как стратегия RBL отражает доминирование способностей к эффективному обучению, полезных в практике образовательного процесса в его разных формах (Patotter, Bauml, 2014).

Возрастные особенности в динамике зрительной кратковременной памяти при ее самостоятельно организованной тренировке

Тренировку кратковременной зрительной памяти с применением описанной выше модели продолжили 32% участников тестирования памяти из группы студентов (ГрС) и только 6% (4 человека) выполнили более 4-х тренировочных подходов. В группе пожилых участников исследования (ГрП) 72% приступили к тренировке, и 50% (9 человек) ее продолжили. Такое соотношение лиц, начавших и продолживших тренировку памяти, отражает отмеченную нами и другими авторами проблему отсутствия устойчивой интернальной мотивации тренировочного процесса, несмотря на субъективное признание важности когнитивной тренировки (O'Neil-Pirozzi et al., 2022; Trenoden et al., 2022). Студенты еще не наблюдают недостатка в способностях запоминания, и без внешнего контроля игнорируют данную преподавателем инструкцию. Для пожилых лиц положительный тренировочный эффект проявляется только после весьма длительной тренировки, что требует волевых усилий для достижения цели, как это описано выше в данной главе.

В связи с малым числом устойчиво тренирующихся лиц для возрастного сравнения изменений показателей памяти и проактивной интерференции были взяты только 10 тренировок. Приведенные на рис. 5.19 медианы воспроизведения следа памяти при сходных значениях в трех первых тренировках далее свидетельствуют о его более интенсивном росте в ГрС, чем в ГрП, однако значимых межгрупповых различий с использованием критерия Манна-Уитни не обнаружено.

Малый численный состав групп, выполнивших более трех тренировок, позволил выполнить только ограниченный статистический анализ ANOVA с зависимыми переменными ТРЕНИРОВКА (3) и СЕССИЯ (5) и независимой

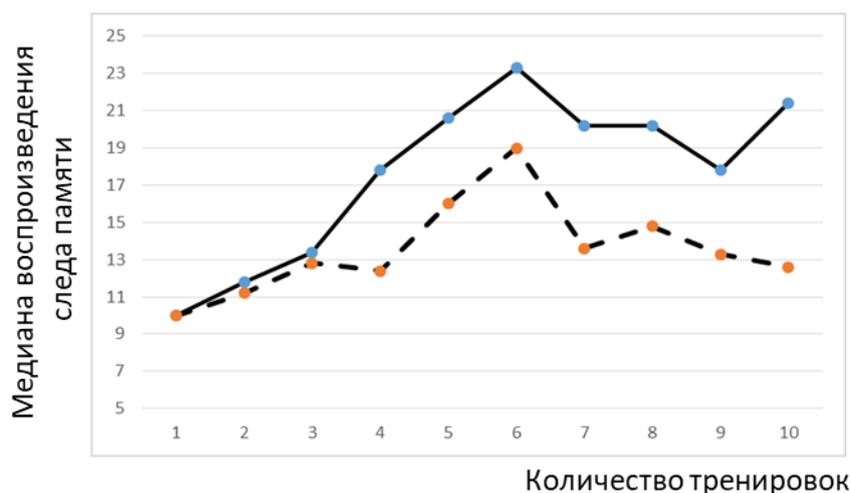


Рисунок 5.19 - Динамика изменений зрительной кратковременной памяти в зависимости от количества тренировок в группе студентов (сплошная линия) и пожилых людей (пунктир)

переменной ВОЗРАСТ (2). С использованием поправки Гринхауза-Гейссера обнаружены значимые эффекты для переменных ТРЕНИРОВКА и СЕССИЯ (соответственно, $F_{2,78}=3,6$; $p<0,04$ и $F_{4,156}=10,8$; $p<0,0001$). Posthoc анализ этих эффектов показал значимое повышение показателя памяти после трех тренировок по сравнению с начальным значением ($14,3\pm 2,6$ и $11,7\pm 1,8$, соответственно) и наличие RIF эффекта при сравнении воспроизведения в первой сессии со всеми другими (рис. 5.20).

Таким образом, тренировка зрительной кратковременной памяти в условиях целенаправленного создания проактивной интерференции ведет к независимому от возраста улучшению показателей воспроизведения, по-видимому, за счет научения запоминанию при сохранении эффекта RIF. Следует, однако, учитывать, что этот вывод сделан на основе анализа тренировки зрительной кратковременной памяти для небольшой выборки молодых и пожилых лиц, которые, по-видимому, характеризуются высоким уровнем исполнительного контроля поведения и, возможно, мотивацией достижения (Pica et al., 2018).

Учитывая, что ранее нами (см. разделы 5.3 и 5.4) и другими авторами (Loosli et al., 2016) отмечены более низкие показатели зрительной

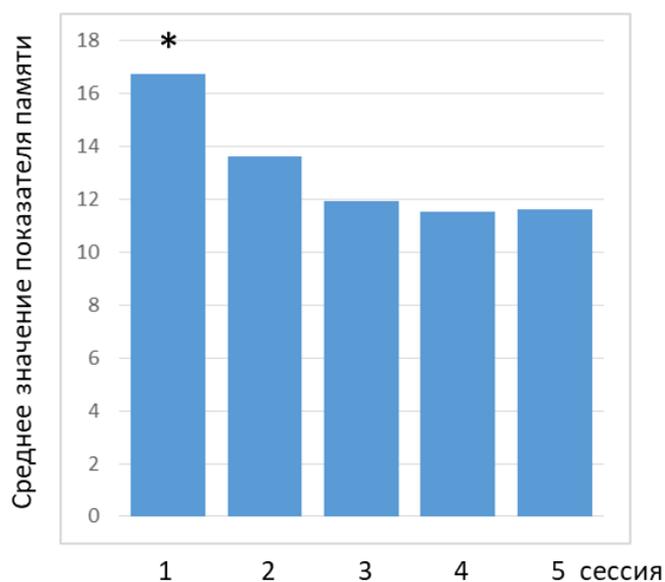


Рисунок 5.20 - Динамика усредненного по трем тренировкам показателя запоминания воспроизведения следа памяти в пяти сессиях предъявления стимулов. * - $p < 0,0001$ с поправкой Бонферрони

кратковременной памяти у пожилых лиц, чем молодых, отсутствие значимых возрастных различий при анализе результатов данного эксперимента можно объяснить, не только упомянутым наличием исполнительного контроля выполнения задания, но и многократным повторением стимульного материала без ограничения времени обработки этой информации. Согласно диффузионной модели принятия решения пожилые люди нуждаются в

большем количестве доказательств, чем молодые (Archambeau et al., 2020). Поэтому, когда скорость обработки информации не критична для принятия решения, то результативность когнитивной деятельности, в нашем случае - выраженность тормозных процессов и показатель воспроизведения следа памяти в ГрП не отличается значимо от ГрС.

Другой причиной отсутствия возрастных различий при сравнении показателей тренировки может быть сходный в группах исполнительный контроль, обеспечивший инициацию и продолжение тренировочного процесса, а также сходство базового состояния памяти, влияющего на успех обучения (Redick et al. 2020). Однако вследствие малой численности выборок ГрС и ГрП, выполнивших тренировку, эти гипотезы требуют дальнейших исследований.

Таким образом, с использованием разработанной модели исследования тормозных процессов в онтогенезе показано, что проактивная интерференция при селекции зрительно предъявленных повторяющихся стимулов присутствует независимо от их содержания, последующей тренировки запоминания и возраста ее участников. Несмотря на доминирование эффекта RIF, временная динамика его соотношения с эффектом RBL в пяти сессиях запоминания тестового материала характеризуется индивидуальной вариабельностью, однако без значимого влияния на конечный результат воспроизведения следа памяти. Содержание стимульного материала, отличающееся степенью своего сходства и пригодности для ассоциативных связей, влияет на эффективность воспроизведения следа памяти на начальном этапе запоминания и на скорость развития эффекта RIF.

5.4.3 Тренировка зрительно-пространственной кратковременной памяти с разной информационной нагрузкой

Результаты нейрофизиологических исследований механизмов старения

мозга свидетельствуют о неуклонно нарастающей с возрастом атрофии нервных клеток, которая усугубляется ишемией мозга при развитии сердечно-сосудистых патологий. Вследствие этих процессов повышается риск возникновения когнитивных дисфункций и снижается качество жизни пожилых людей (Anthony, Lin, 2018; Gayda et al., 2017; Stern et al., 2020). Актуальность исследований процессов возрастных изменений нейронных систем мозга и их функций подчеркивает экспоненциальный рост публикаций, посвященных анализу когнитивных резервов; анализ которых свидетельствует о повышенном интересе к исполнительным функциям префронтальной коры мозга и информационной нагрузке при определении ресурсов нервной системы (Бакаев, Разумникова, 2021).

Многочисленные данные доказывают широкий диапазон нейропластичности структур и разнообразие во взаимодействии функциональных систем мозга, что обеспечивает возможности улучшения деятельности, не только когнитивной, но и сердечно-сосудистой системы в преклонном возрасте (Grässler et al., 2021; Park, Bischof, 2013; Pauwels et al., 2018). Это стимулирует дальнейший поиск тех факторов, которые способствуют формированию и реализации когнитивных резервов. Отмечается возрастающий интерес к разработке компьютеризированных программ когнитивной тренировки, полезных для стимуляции нейропластичности и улучшения показателей внимания, памяти и гибкости мышления в пожилом возрасте (Bonnechère et al., 2020; Lasaponara et al., 2021). Продолжается поиск тех когнитивных функций, тренировка которых обеспечивает достижение устойчивого эффекта, и выяснение требуемой оптимальной информационной нагрузки, а также необходимой продолжительности тренинга и роли базовых когнитивных способностей (Basak et al., 2020; Fu et al., 2020; Guye et al., 2017; Ludyga et al., 2020; Roheger et al., 2020). Эти сведения необходимы для понимания значения и соотношения комплексного вклада социальных, генетических и

психофизиологических факторов в механизмы нейропластичности (El-Sayes et al., 2018).

Среди структур мозга особенно выраженная возрастная атрофия нейронов характерна для гиппокампа (Burke, Barnes, 2006; Maharjan et al., 2020; Zheng et al., 2018). С другой стороны, имеются данные о возможности сохранения нейрогенеза в гиппокампе при старении (Boldrini et al., 2018).

Так как функции гиппокампа – формирование следов памяти, в том числе - кратковременной памяти, ухудшение которой с возрастом отмечено во многих исследованиях (Hedden et al., 2016; Shavitt et al., 2020; VanPetten, 2004; Zheng et al., 2018), ее тренировке в разных экспериментальных условиях уделяется большое внимание (Borella et al., 2014; Matysiak et al., 2019; Roheger et al., 2020).

Выше было показано, что компьютеризированная тренировка кратковременной пространственной памяти с использованием модифицированной методики «VisualPatternsTest» (Craik, Rose, 2012) для достижения сравнимой с молодыми эффективности запоминания у пожилых потребовала длительного времени - на протяжении нескольких месяцев, тогда как молодым достаточно было около двух недель тренировки для получения максимального результата (см. раздел 5.2).

Целью следующего этапа исследования стало определение динамики показателей пространственной памяти в условиях распределённого внимания и изменяемой информационной нагрузки: испытуемым требовалось реагировать не только на пространственно отдаленный, но и на центрально предъявленный стимул; причем задание усложнялось за счет дополнительно отвлекающих внимание пространственно разнесенных дистракторов (описание методики приведено в Главе 2).

В тренировке приняли участие молодые (возраст $20,6 \pm 2,1$; 56 человек; ГрМ) и пожилые ($62,8 \pm 8,6$; 43 человек; ГрП) женщины. Женский состав выборки был обусловлен возможными половыми различиями при тестировании зрительно-пространственной памяти (Voyer, 2017) и тем, что

мужчины в ГрП были представлены в подавляющем меньшинстве (2%). Кроме того, известна гипотеза о большей эффективности тренировки пожилых женщин как следствие обнаруженной у них большей нейропластичности по сравнению с мужчинам (El-Sayes, 2018). Поэтому улучшения показателей памяти можно было ожидать в ходе непродолжительной тренировки.

При создании компьютеризированной методики определения пространственной памяти мы попытались придать ей естественную и игровую ситуацию для стимуляции интереса при выполнении задания. Целевой стимул: «птичка», случайным образом появляется в разных частях экрана дисплея, фоном являются картины природных ландшафтов. Одновременно в центре экрана случайно появляется одна из цифр из последовательности 1-2-3-4-5 (рис. 5.21 А). Согласно инструкции испытуемому необходимо было запомнить центральную цифру (1 в показанном на рис. 5. 21 А примере) и положение целевого стимула. Для определения эффективности кратковременной памяти требовалось воспроизвести показанную цифру при ответе, а для оценки пространственной памяти - отметить курсором, как можно точнее, то место, где появлялась птичка (рис. 5. 21 Б). Таким образом, выполнение задания требовало распределения внимания с селекцией центрального и пространственно разнесенного стимула. Дополнительное усложнение задачи достигалось добавлением к целевым стимулам дистракторов: объектов, похожих по очертаниям на птичку (рис. 5.21 В).

Для анализа эффективности выполнения задания использовали усредненные по сериям предъявления показатели результативности селекции цифры (1 – правильный ответ во всех сериях, 0,75 – ошибка в одной из четырех серий и т.д.) и точности попадания в пространственно разнесенный стимул (среднее по сериям расстояние в пикселях от сделанной отметки курсором до центра птички). Более подробно методика описана в Главе 2.3.

А



Б



В



Рисунок 5.21 - Пример предъявления стимулов при тестировании зрительно-пространственной памяти в условиях распределенного внимания с разной информационной нагрузкой

А – распределение внимания на 2 стимула с концентрацией на цифру и запоминания положения цели - птички, Б – воспроизведение стимулов, В - распределение внимания на три стимула с концентрацией на цифру и цель – птичку с игнорированием предъявленного дистрактора

После первого тестирования в аудиториях университета испытуемым была дана инструкция: стараться улучшить эффективность выполнения задания, размещенного на сайте psytest.nstu.ru, при его повторении в домашних условиях.

Изменения количественного состава групп в зависимости от продолжительности тренировки приведены на рис. 5. 22. Большинство из ГрС ограничились тремя сессиями тренировки внимания, 10 сессий тренировки на протяжении около двух недель выполнили 17 человек из ГрП и 14 человек из ГрМ. Поэтому для дальнейшего анализа эффективности тренировки распределенного внимания были взяты показатели, полученные в течение 10 сессий.

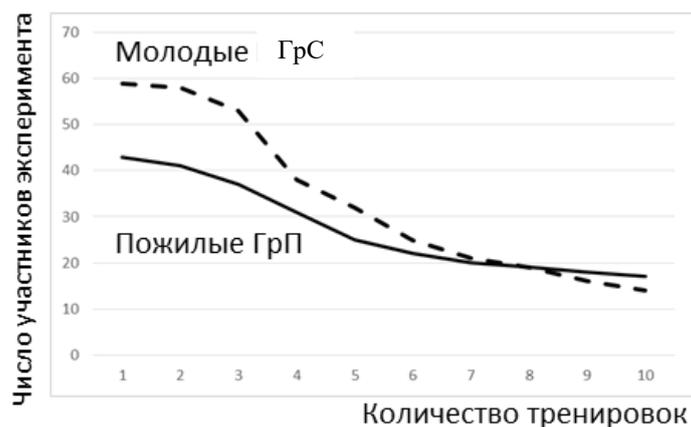


Рисунок 5.22 - Изменения количественного состава групп в зависимости от сессии тренировки

При сравнении трех экспериментальных ситуаций, различающихся информационной нагрузкой: количеством дистракторов при первом тестировании использовали дисперсионный анализ ANOVA с независимой переменной ВОЗРАСТ (2 уровня: ГрС и ГрП) и зависимыми - ДИСТРАКТОР (3 уровня: 0-1-2), Обнаружен значимый общий эффект ВОЗРАСТ ($F_{1,146}=6,42$; $p<0,01$; $\eta^2=0,04$) в точности попадания курсором в целевой стимул: лучшие результаты продемонстрировала ГрС, чем ГрП (соответственно, 79 и 130 пикселей). Общий эффект ДИСТРАКТОР ($F_{2,292}=7,99$; $p<0,0004$; $\eta^2=0,05$) был обусловлен снижением точности попадания в цель с повышением числа

дистракторов (соответственно, 72, 104 и 135 пикселей в ситуациях 0, 1 и 2 дистрактора). Эффект взаимодействия ГРУППА x ДИСТРАКТОР оказался на уровне тенденции ($F_{2,292}=2,85$; $p<0,06$; $\eta^2=0,02$). Post-hoc анализ этого взаимодействия выявил значимо лучшую точность попадания в цель ГрМ по сравнению с ГрП в ситуации с предъявлением 2-х дистракторов ($p<0,03$ с поправкой Бонферрони) (рис. 5.23).

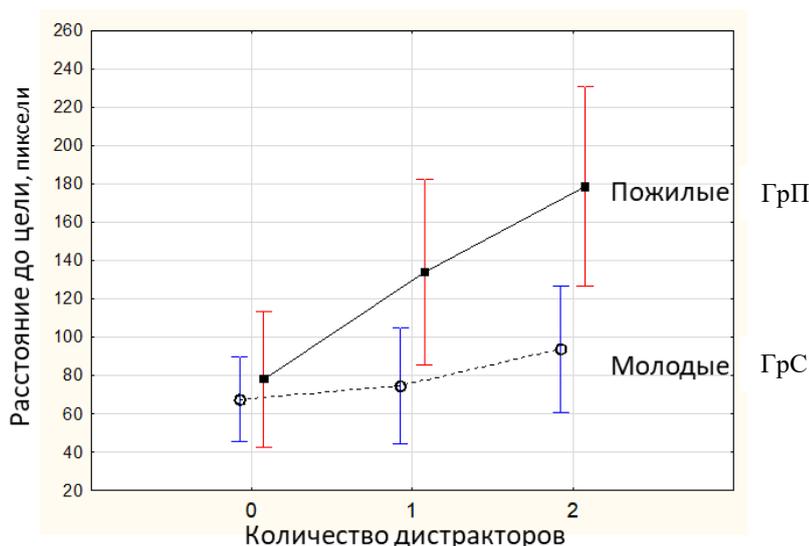


Рисунок 5.23 - Возрастные изменения зрительно-пространственной памяти в зависимости от информационной нагрузки: количества дистракторов

Более низкие показатели зрительно-пространственной памяти в ГрП, чем ГрС согласуются с другими данными о меньшей эффективности кратковременной памяти у пожилых людей по сравнению с более молодыми в разных условиях ее тестирования (например, Loaiza, Souza, 2019; Roheger et al., 2020; Salminen et al., 2015) при усилении этого эффекта с ростом нагрузки на память (Rudkin et al., 2007; Sprague et al., 2014).

Учитывая, что выраженные возрастные различия в показателях зрительно-пространственной памяти получены при большей информационной нагрузке (при предъявлении двух дистракторов), для анализа эффективности когнитивной тренировки была взята эта ситуация в сравнении с ситуацией без дистракторов.

Динамика изменения точности попадания в целевой стимул в 10 сессиях тренировки для ситуации без дистракторов показана на рис. 5.24. Точность зрительно-пространственной памяти для каждой из 10 сессий в ГрС была выше, чем в ГрП ($0,00001 < p < 0,02$ по критерию Манна-Уитни). При довольно большом индивидуальном разбросе данных эффект ее улучшения в ходе тренировки значим для ГрП ($p < 0,04$ по критерию Фридмана) и на уровне тенденции - для ГрС ($p < 0,1$).

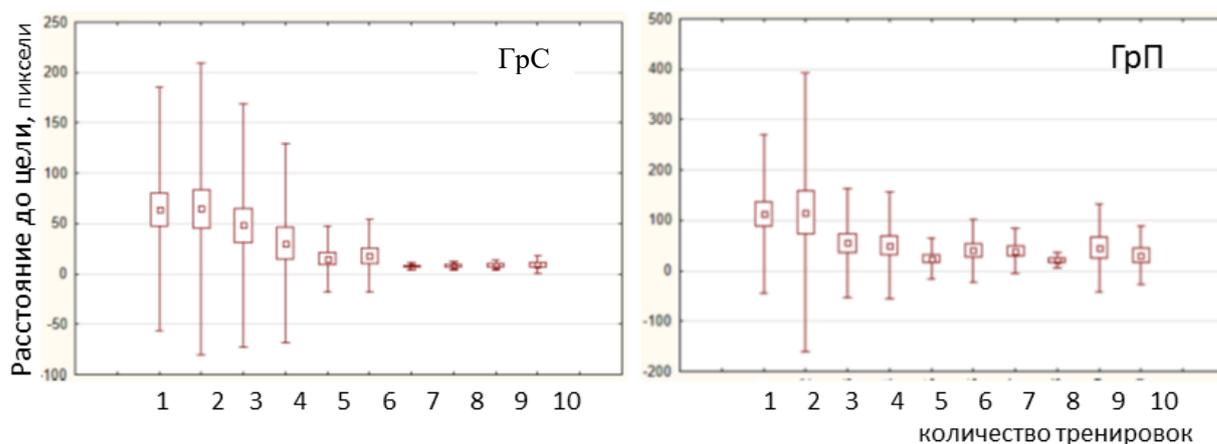


Рисунок 5.24 - Изменения точности попадания в цель в 10 ти сессиях тренировки внимания без предъявления дистрактора в группах молодых (ГрС) и пожилых (ГрП)

Хотя межгрупповых различий в эффективности воспроизведения центральной цифры не обнаружено, однако для ГрС отмечено улучшение точности концентрации в ходе тренировки (с $0,92 \pm 0,17$ до $0,96 \pm 0,13$ при сравнении 1 и 10 сессий; $p < 0,03$ по критерию Фридмана) без значимых изменений в концентрации внимания для ГрП (соответственно, показатели составили $0,87 \pm 0,22$ и $0,90 \pm 0,20$).

Следовательно, можно заключить, что тренировка внимания и зрительно-пространственной памяти в ГрС осуществлялась за счет одновременного обучения лучшей концентрации внимания на предъявленную цифру и более точного попадания в пространственно разнесенный от центра стимул. В ГрП резервы зрительно-пространственной памяти оказались задействованы в отношении целевого стимула при успешной концентрации

внимания на центрально предъявленный стимул, не отличающейся значимо от ГрМ.

Обнаруженные межгрупповые различия в тренировке можно рассматривать как отражение большей в молодом возрасте способности к функциональной интеграции отдаленных областей мозга, в частности, фронтальной и париетальной систем, ответственных за исполнительный контроль и селекцию разных компонентов пространственно распределенной информации (Duda, Sweet, 2020; Sprague et al., 2014; Spreng, Schacter, 2012). Показанное в пожилом возрасте усиление локальных связей в нейронных сетях после когнитивной тренировки (Deng et al., 2019; Lopez-Larson et al., 2011), по-видимому, ограничивает возможности комплексной, но кратковременной тренировки в ГрП, поэтому ресурсы внимания задействованы преимущественно на достижение центрально предъявленной, т.е. более легкой для концентрации внимания цели .

В результате анализа динамики изменений эффективности зрительно-пространственной памяти в условиях распределенного внимания с двумя дистракторами обнаружены изменения точности попадания в целевой стимул, показанные на рис. 5.25. Точность попадания для каждой из 10 сессий в ГрС была выше, чем в ГрП ($0,00001 < p < 0,01$ по критерию Манна-Уитни). Эффект повышения точности попадания в ходе тренировки для ГрС не достиг значимого уровня ($p < 0,06$ по критерию Фридмана), а в ГрП - отсутствовал. При сравнении показателей в 1 и 10 сессиях в ГрС точность попадания в целевой стимул увеличилась с 87 ± 118 пикселей (медиана 25 пикселей) до 12 ± 8 пикселей (медиана 11 пикселей).

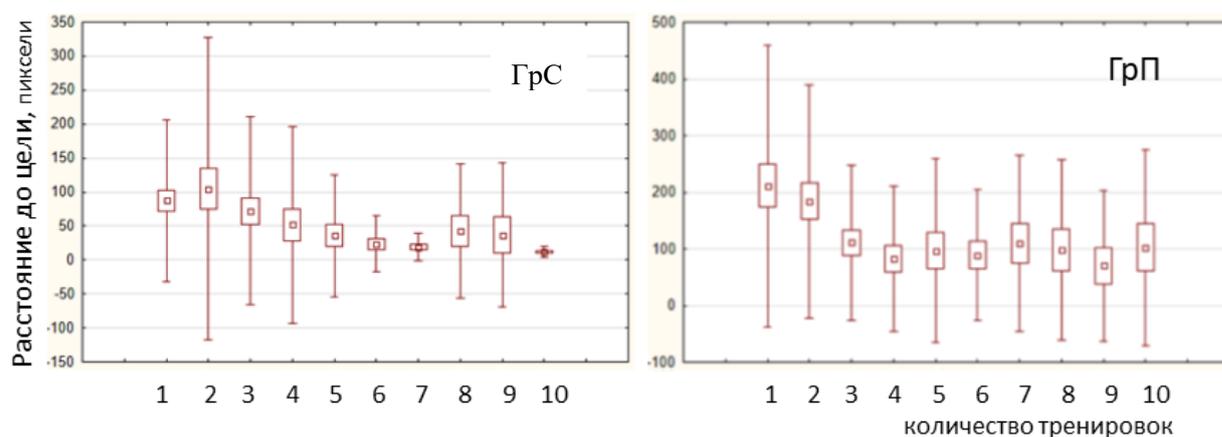


Рисунок 5.25 - Изменения точности попадания в цель в 10 ти сессиях тренировки внимания с предъявлением 2-х дистракторов в группах молодых (ГрС) и пожилых (ГрП)

Значимых межгрупповых различий в эффективности воспроизведения центральной цифры не обнаружено, однако для ГрС отмечено улучшение точности концентрации в ходе тренировки (с $0,79 \pm 0,29$ до $1,00 \pm 0,00$ при сравнении 1 и 10 сессий; $p < 0,03$ по критерию Фридмана) без значимых изменений в концентрации внимания для ГрП (соответственно, показатели составили $0,83 \pm 0,23$ и $1,00 \pm 0,11$).

При сравнении показателей селекции информации в ситуации без дистрактора и с дистрактором для ГрС меньшая эффективность попадания в цель значима в первых пяти сессиях тренировки ($p < 0,007$ по критерию Вилкоксона), снижаясь в следующие сессии ($p < 0,1$). Для ГрП этот эффект характерен для каждой сессии тренировки с 2-мя дистракторами по сравнению с экспериментом без дистрактора ($0,001 < p < 0,03$).

Общие эффекты с усреднением показателей эффективности селекции для 1-5 и 6-10 сессий, вычисленные для ГрС и ГрП в ситуациях без дистрактора и с двумя дистракторами показаны на рис. 5.26. Эффекты возрастных различий ($0,001 < p < 0,01$) или сравнения ситуаций ($0,0005 < p < 0,02$) статистически значимы.

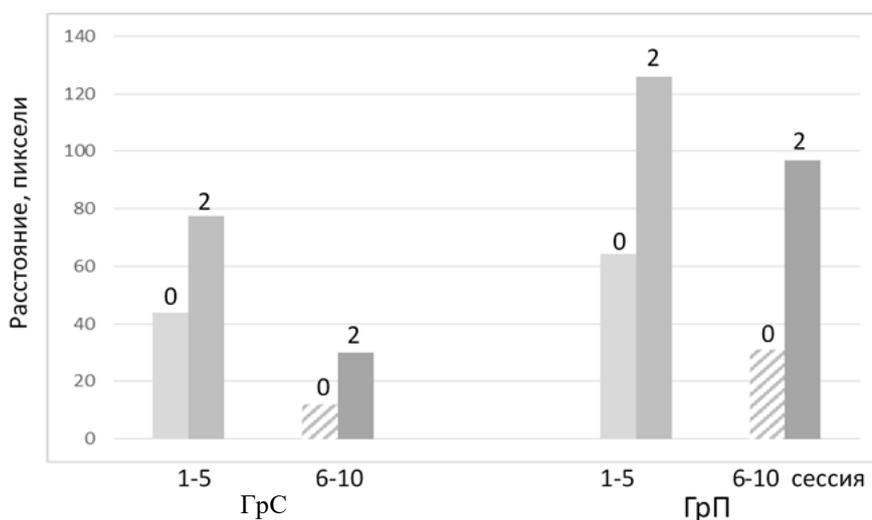


Рисунок 5.26 - Эффективность попадания в целевые стимулы в зависимости от возраста (GrC-молодые, GrП – пожилые), сессии тренировки (среднее значение для 1-5 и 6-10 сессии) и отсутствия дистрактора (0) или предъявление 2-х дистракторов (2)

Таким образом, вне зависимости от условий эксперимента GrП не отличается от GrC по концентрации внимания на центрально расположенный стимул, но обладает меньшей точностью попадания в целевые пространственно разнесенные стимулы. Этот эффект наблюдается и в случае отсутствия дистрактора, и при предъявлении двух дистракторов совместно с целевым стимулом. Улучшение точности попадания в пространственно разнесенные стимулы обнаружено в GrП только в сравнительно облегченных условиях селекции информации: при отсутствии отвлекающих стимулов, тогда как GrC продемонстрировала повышение эффективности селекции информации при когнитивной нагрузке с предъявлением дистракторов: и по точности попадания в цель, и по запоминанию центрально предъявляемого стимула.

Полученные нами результаты согласуются с данными, что эффект тренировки выше в более молодой группе (Salminen et al., 2015) и этот эффект в большей степени проявляется при большей нагрузке на кратковременную память и механизмы выделения релевантной информации.

Усложнение заданий при тестировании вовлекает большие исполнительные ресурсы рабочей памяти (Jaeggi et al., 2008; Rudkin et al.,

2007) и ведет к большему числу ошибок у пожилых в сравнении с молодыми. Однако при наличии подсказки возрастные различия в эффективности селекции информации сглаживаются, указывая на возрастное сохранение направленного контроля внимания (Souza, 2016). Вместе с этим, при исследовании распределения внимания отмечено, что элемент, на который фиксация взгляда попадает первой, влияет на последующий захват информации и ее фильтрацию (Kiyonaga, Egner, 2013). Следовательно, полученные в ГрП результаты можно рассматривать как свидетельство ослабления объема интернально регулируемого исполнительного контроля ресурсов распределения внимания, которых оказывается достаточно для обеспечения эффективности селекции центрально предъявленного стимула, но не для точности отслеживания пространственно распределенных стимулов, особенно при увеличении их количества.

Регуляцию гибкого переключения внимания выполняют префронтальные области коры с усилением их функциональной активности при успешной тренировке рабочей памяти (Faraza et al., 2021; Heinzl et al., 2016). Поэтому для повышения нейропластичности функциональных систем мозга в ходе когнитивной тренировки предпочтительны комплексные задания, стимулирующие разные функции селекции и запоминания информации, что вызывает усиление взаимодействия широко распределенных специализированных структур мозга (Howard et al., 2020; Katus, Eimer, 2016; Sprague et al., 2014).

Полученные данные также подчеркивают необходимость выбора оптимальной информационной нагрузки при тренировке: в ГрС лучший эффект достигнут при большей, а в ГрП – при меньшей нагрузке. Вследствие довольно быстрого прекращения свободно организованных когнитивных тренировок в домашних условиях, отмеченного нами выше, а также другими авторами (Turunen et al., 2019), при разработке компьютеризированных программ когнитивной тренировки, по-видимому, следует вводить индивидуально настраиваемый интерфейс для стимуляции мотивации

достижения лучшего результата и ослабления негативных эмоций, вызывающих отказ от деятельности в случае неуспеха. Это направление информационных технологий в настоящее время активно разрабатывается (Lee et al., 2013; Shani et al., 2019; Yeo et al., 2018).

5.4.4 Тренировка зрительной кратковременной памяти в модели «one-back»

Еще одна программа когнитивной тренировки предназначалась для развития рабочей памяти и скорости селекции информации при ее интернально организованном контроле. В исследовании участвовали две группы, различающиеся возрастом: 58 студентов, 22.2 ± 4.3 лет (ГрС) и 50 человек пенсионного возраста 65.5 ± 7.7 лет) (ГрП).

Для тренировки использовали тест «one-back». Выполнение этой задачи требовало как можно быстрее принимать решение о том, соответствует ли предъявленная фигура той, что была предыдущей, нажимая для ответа на обозначенные клавиши «да» и «нет». Эффективность выполнения задания оценивали показателями скорость и точность селекции предъявленных стимулов (соответственно, время реакции ВРкп, число стимулов - Nкп и количество ошибок ОШкп). Для определения выраженности тормозного контроля, которая проявлялась увеличением времени реакции на стимул после осознания ранее данного неправильного ответа (ВРош) (подробнее методика изложена в Главе 2.3).

Статистический анализ данных выполняли для 10 сессий тренировки, так как число ее участников снижалось быстрее, чем при выполнении вышеописанных заданий, вероятно, вследствие кажущейся простоты задания и падения интереса к нему.

В результате дисперсионного анализа показателей рабочей памяти с факторами ГРУППА (2) и СЕССИЯ (10) установлен эффект их

взаимодействия, обусловленный большим количеством правильных ответов в ГрС, чем ГрП при первом тестировании при существенно более быстром его росте в последующих сессиях ($F_{9,342}=10.1$, $p<0.00001$) (рис. 5.27) при отсутствии значимых межгрупповых различий по количеству ошибок.

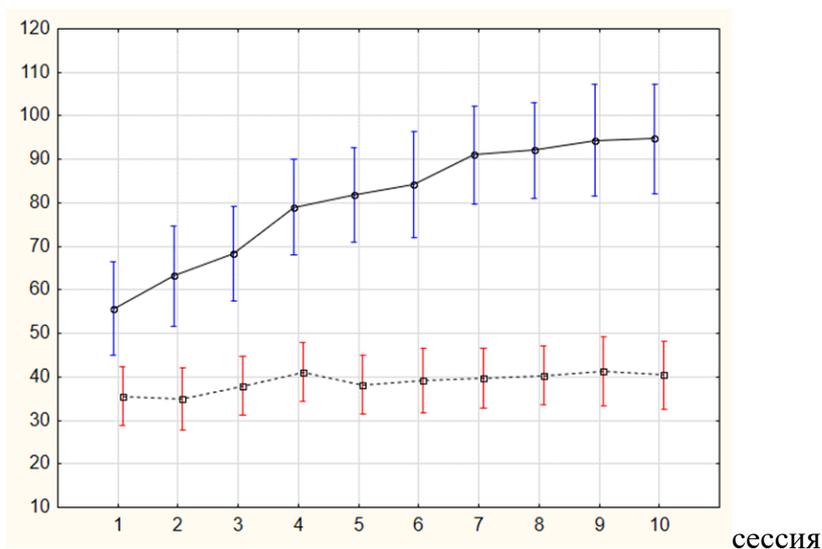


Рисунок 5.27 - Динамика показателей количества правильных ответов в 10 сессиях тренировки в группе пожилых (пунктир) и молодых (сплошная линия)

Подобная динамика изменений рабочей памяти в ходе компьютеризированной тренировки дома была отмечена ранее при сравнении групп молодых и пожилых респондентов при стабильно более высоком уровне у первых (Vrehmer et al., 2012).

ГрП характеризовалась большей продолжительностью тренировки (большим количеством выполненных заданий) в сравнении с ГрС (соответственно, 31.1 ± 59.4 и 6.4 ± 8.0 ; $p<0.00001$). 31-ю сессию задания выполнили только 11 человек из ГрП и никто из ГрС. Подобное снижение количества участвующих в самостоятельной когнитивной тренировке дома уже было отмечено ранее (см. разделы Главы 5.4 выше)

Анализ результативности выполнения трех первых и последних сессий тестирования в ГрП выявил значимое повышение $N_{кп}$ и снижение $ВР_{кп}$ и

ВРош в последних сессиях ($23.5 < \text{ANOVA ChiSqr} (N=12, df=5) < 31.1; 0.00001 < p < 0.0003$) (табл. 5.12) при отсутствии изменений в ОШкп. Иллюстрация результативности такой тренировки для ВРкп приведена на рис. 5.28.

Таблица 5.12

Изменения показателей эффективности тренировки выполнения “one-back task” в трех первых и трех последних сессиях тренировки

N	Nкп		ВРкп, мс		ВРош	
	ChiSqr 31.1		ChiSqr 32.0		ChiSqr 23.5	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
1	46,1	19,8	1221	441	1126	670
2	42,8	23,4	1472	685	1287	559
3	47,9	22,9	1337	552	1003	1080
29	70,0	34,3	899	452	648	629
30	68,2	31,9	976	669	750	722
31	72,1	32,6	889	395	516	627

Примечание. Nкп - число стимулов, ВРкп - время реакции при правильных ответах, ВРош – время реакции после ошибочных ответов

Сравнивая результаты первых десяти сессий тренировки и последние показатели, можно заключить о положительном, но медленно достижимым

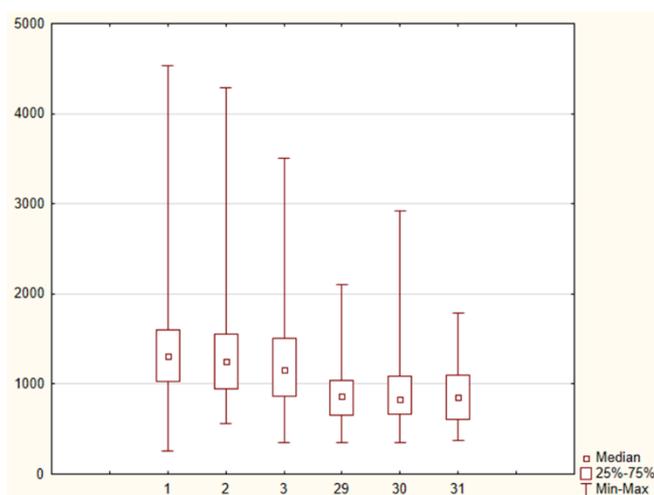


Рисунок 5.28 - Изменения времени реакции при выполнении «one-back task» в ходе трех первых и трех последних сессиях компьютеризированной тренировки

эффекте в ГрП, тогда как в ГрС повышение скорости селекции стимулов происходит гораздо скорее (см. рис. 5.27).

Эффект медленного обучения в пожилом возрасте показан при тренировке разных когнитивных функций (Arokiaraj et al., 2020; Lampit et al., 2014) и описан нами выше в разделах 5.4.1 - 5.4.3 согласно результатам тренировки зрительной кратковременной памяти с использованием других моделей: запоминания пространственного расположения стимулов и запоминания с распределенным вниманием при наличии дистракторов. При этом, как и ранее, обнаружена большая индивидуальная вариабельность показателей запоминания, отражающая, по-видимому, влияние множества факторов, которые могут определять динамику и эффективность компьютерной когнитивной тренировки, в том числе мотивация, настойчивость и контроль поведения или результативность начальных изменений когнитивных функций (Goghari et al., 2020; Lee et al., 2013; Peeters, Segundo-Ortin, 2019; Shaw Hosseini, 2021).

Таким образом, хотя когнитивная тренировка способствует эффективности тех функций, на которые она направлена, достижение успеха в пожилом возрасте требует значительных затрат времени и настойчивости в реализации программы тренировки, особенно для тех лиц, которые не обладают ресурсами в скорости обработки информации.

5.4.5 Мотивационные факторы, определяющие эффективность тренировки когнитивных функций

Для активизации потенциальных ресурсов нервной системы и организма в целом успешно применяются разные программы когнитивной тренировки, как на это указывают литературные данные (Разумникова, 2015) и полученные нами результаты, описанные выше в разделе 5.4. Однако существенной проблемой является частое отсутствие у пожилых людей мотивации к освоению новых форм деятельности, которые могли бы быть

профилактическими средствами атрофических процессов в мозге и развития нейродегенеративных заболеваний. Представленные на рис. 5.12 и 5.22 траектории снижения числа участников когнитивной тренировки, также как и сведения других авторов (например, Turunen et al., 2019), свидетельствуют, что только небольшая часть пожилых людей способна к исполнительному контролю устойчивого осуществления такой деятельности.

В связи с этим целью данного этапа исследования стало изучение возрастных особенностей мотивационных индукторов для выяснения перспектив их использования при психологической поддержке «успешного» старения, например применения когнитивной тренировки или торможения склонности к нерациональному питанию и гиподинамии (Разумникова, Асанова, 2018).

В исследовании приняли участие 80 человек пожилого ($65,1 \pm 5,8$ лет) (ГрП) и 60 - молодого ($20,0 \pm 1,1$ лет) (ГрМ) возраста (95% участников исследования в обеих группах составили женщины). ГрП была составлена из слушателей Народного факультета университета, ГрС – студентов очного обучения. Для анализа содержания и временной перспективы мотивации поведения нами был разработан перечень мотивационных индукторов (Разумникова, Асанова, 2018) с использованием когнитивно-динамического подхода Нюттена (Нюттен, 2004). Примеры формулировок индукторов для настоящего времени приведены в табл. 5.13.

Таблица 5.13

Примеры мотивационных индукторов поведения в настоящем

Поведение	Я работаю над
когнитивное	сохранением своей памяти
физическое	поддержанием своей физической формы
социальная	поддержанием социальных контактов
питание	соответствием своего питания правилам рационального
эмоции	своим эмоциональным состоянием

При заполнении опросника респондентам предлагалось оценить значимость пяти форм поведения в прошлом, настоящем и будущем времени, ранжируя их по пятибалльной системе: 5 баллов самому важному виду деятельности, 1 - минимальному среди пяти предложенных.

Анализ взаимосвязи компонентов деятельности: фактора ПОВЕДЕНИЕ (5: когнитивное, физическое, социальное, питание, эмоции), фактора ВРЕМЯ (3: индукторы прошлого - настоящего – будущего) (Нюттен, 2004) и фактора ВОЗРАСТ (2: молодые-пожилые) выполняли с использованием ANOVA.

Эффект фактора ПОВЕДЕНИЕ, был обусловлен тем, что вне зависимости от возраста минимальная оценка присвоена компоненту «питание», а максимальная, свидетельствующий о наибольшей значимости этой формы поведения - для когнитивной активности ($F_{4,552}=67.70, p<00001$) (табл. 5.14). Взаимодействие факторов ВОЗРАСТ x ПОВЕДЕНИЕ ($F_{4,552}=5.04, p<0007$ с поправкой Гринхауза-Гейссера) было обусловлено достоверно большей значимостью в ГрП, чем в ГрС мотивационных индукторов когнитивной и физической активности, но меньшей – эмоционального состояния (Разумникова, Асанова, 2018) (табл. 5.14).

Post-hoc анализ взаимодействия ВОЗРАСТ x ПОВЕДЕНИЕ x ВРЕМЯ ($F_{8,1104}=2.09, p<0.03$) показал усиление возрастных различий в профиле

Таблица 5.14

Самооценка значимости мотивационных индукторов поведения и их возрастные особенности

Группа/индуктор	Когнитивный	Физический	Социальный	Питание	Эмоциональный
Общая группа	3.72±0.11	3.41±0.12	2.69±0.12	2.10±0.12	3.01±0.12
Молодые (ГрС)	3.62±0.16*	3.16±0.18*	2.72±0.17	2.18±0.17	3.2±0.18*
Пожилые (ГрП)	3.85±0.15*	3.59±0.17*	2.67±0.16	2.08±0.16	2.81±0.17*

Примечание: жирным шрифтом выделены максимальные и минимальные значения мотивационных индукторов в общей группе; * - достоверные различия между ГрС и ГрП, $0.0001<P<0.05$ с поправкой Тьюки.

мотивационных индукторов в ситуации «будущее» при отсутствии таких различий в прошлом и тенденции к формированию усиления значимости физической активности для ГрП и большее значение для ГрС эмоционального состояния как в настоящем, так и будущем (межгрупповые различия $0.00001 < p < 0.0001$ с поправкой Тьюки) (Разумникова, Асанова, 2018) (рис. 5. 29).

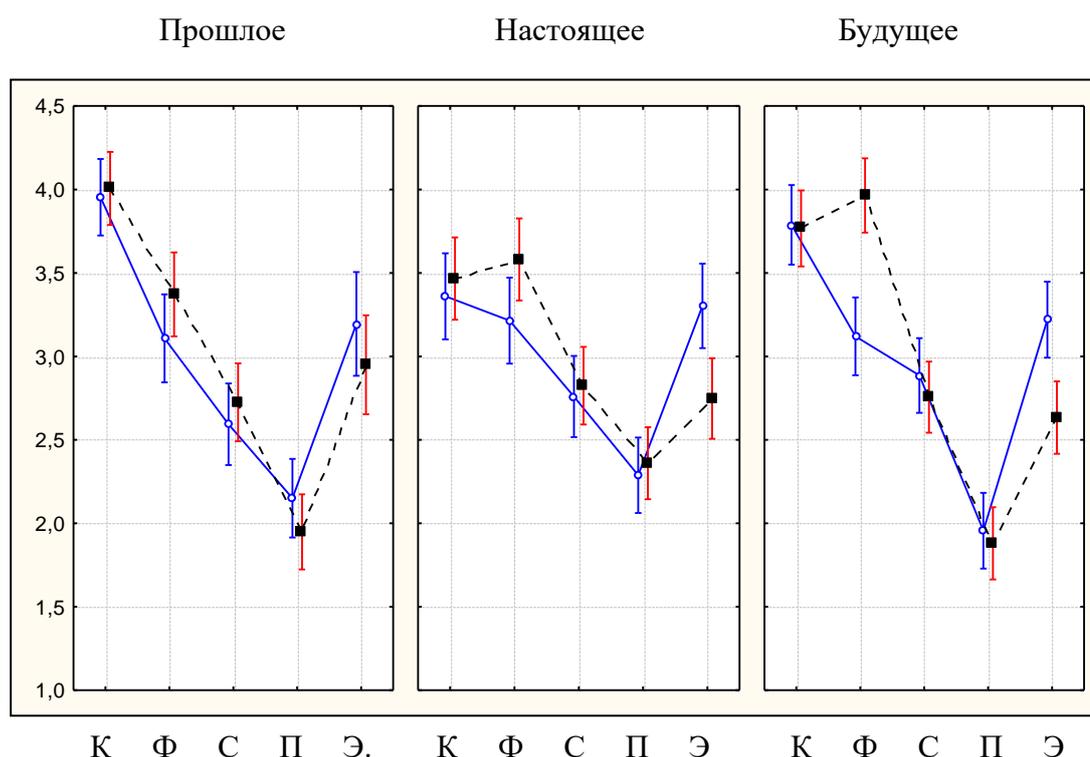


Рисунок 5.29 - Возрастные особенности мотивационных индукторов для пяти компонентов поведения: когнитивного (К), физического (Ф), социального (С), питания (П) и эмоционального (Э), пунктир – пожилые, сплошная линия - молодые

«Минимальный ранг, присвоенный компоненту «питание» вне зависимости от временного фактора или возраста, можно рассматривать как общее удовлетворение респондентами пищевой потребности, однако, при сравнительно повышенном внимании к этой мотивации в настоящем ($0.0001 < P < 0.04$ с поправкой Тьюки)» (Разумникова, Асанова, 2018) (см. рис. 5. 29).

Такое перераспределение рангов для предложенных мотивационных

индукторов может отражать придание завышенных оценок тому поведению, которое признается значимым в окружающей респондентов среде. Например, приоритет физической и когнитивной активности в будущем – как естественный интерес к познанию у студентов и озабоченности своим физическим состоянием у пенсионеров.

Обнаруженная в ГрС повышенная относительно ГрП значимость эмоционального индуктора согласуется с ранее выявленной нами более низкой самооценкой психического компонента здоровья, включающего эмоционально-социальные характеристики благополучия, по сравнению с физическим компонентом (Разумникова, Асанова, 2018) (см. Раздел 5.1). По-видимому, этот факт определяет стремление улучшить эмоциональное состояние в настоящем и будущем.

Согласно полученному профилю мотивационных индукторов, представители ГрП считают приоритетными целенаправленную деятельность по сохранению своих умственных способностей (тренировку памяти, обучение новому) и физического состояния (занятия спортом) (Разумникова, Асанова, 2018). Однако, как показывают данные о самостоятельной организации когнитивной тренировки (см. Главу 5.3) реальное поведение ГрП не соответствует этим намерениям: на приглашение участвовать в обучении этой деятельности откликнулись менее 20% слушателей Народного факультета, а устойчивый самоконтроль длительной тренировки отмечен только для 8%.

Сравнение профиля мотивационных индукторов между группами, согласившимися на тренировку, и отказавшихся от нее, не выявило статистически значимых различий ни по одному из пяти компонент. Интервью с «отказниками» показало, что большая их часть называла причинами невозможности когнитивной тренировки либо отсутствие времени (хотя все они были на пенсии), либо плохое владение компьютером (хотя программа обучения на Народном факультете включала курсы по освоению компьютерной грамотности) (Разумникова, Асанова, 2018).

Следовательно, отмечая важность поддержания ментальной активности теоретически, пожилые люди в большинстве своем не реализуют ее на практике.

Исходя из описанных в Главе 1 нейронных механизмов самоконтроля поведения, одной из причин такого рассогласования желаемого и действительного может быть ослабление функций инициации деятельности пожилых людей, связанных с возрастными изменениями структур мозга и их функционального взаимодействия (Acosta et al., 2013; Turner, Spreng, 2012; Reuter-Lorenz, Cappell, 2008). Другой причиной может быть невысокая вероятность успеха в поддержании хорошей памяти и эффективной интеллектуальной деятельности (Разумникова, Асанова, 2018). Как показывают приведенные выше результаты когнитивной тренировки разных форм внимания и памяти, такой успех достигается только после весьма длительной и настойчивой деятельности. Исследования механизмов самоконтроля позволят в дальнейшем конкретизировать те звенья разработки персонализированных программ психолого-социальной коррекции, которые могли бы обеспечить реальное воплощение пока только потенциальных представлений о достижении высокого качества жизни в постпенсионный период позднего онтогенеза.

Выводы по главе 5

Исполнительный контроль селекции и запоминания информации развивается в онтогенезе к 10-12 годам. Высокой эффективности зрительной кратковременной памяти как в двадцатилетнем, так и в пожилом возрасте сопутствует выраженная проактивная интерференция информации при запоминании.

Лучшей самооценке качества жизни вне зависимости от возраста соответствует доминирование позитивных эмоций в эмоциональной регуляции поведения.

Когнитивная тренировка способствует развитию тех когнитивных функций, на которые она направлена: скорости и эффективности селекции информации и зрительно-пространственной памяти; для достижения лучшего результата в молодом возрасте требуется повышенная информационная нагрузка, а в пожилом – исполнительный контроль длительной тренировки, ведущей к положительному эффекту.

Несмотря на субъективное признание важности когнитивной тренировки ее устойчивое самостоятельное выполнение наблюдается лишь у небольшой группы пенсионеров. Следовательно, необходима разработка персонального интерфейса мозг-компьютер с учетом базового когнитивного уровня пользователя и эмоционально-мотивационного отношения к решению поставленных задач.

ГЛАВА 6 СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОГНИТИВНЫХ РЕЗЕРВОВ

6.1 Потенциальные траектории формирования и реализации когнитивных резервов согласно их архитектуре

Нарастающее погружение человека в информационное пространство посредством разнообразных технических устройств ставит множество вопросов, касающихся и формирования когнитивных резервов (в том числе при дистанционном обучении), и их реализации на разных стадиях онтогенеза. Тиражирование стереотипных сценариев в сети интернет и восприятие любой информации как истины, не подвергающейся сомнению, может вызывать «бездумность» формирования социального поведения как отражение наивного антропоморфизма (Кловайт, 2018). Исследования социального поведения (например, (Разумникова, 2014; Adolphs, 2009)) свидетельствуют, что стереотипы коммуникации и ролевого социального взаимодействия формируются и запускаются устойчивыми жизненными ситуациями, которые в реальной социальной среде встречаются не так часто, как в современных образцах программ взаимодействия человек-компьютер. Моделирование такого взаимодействия, по крайней мере, на настоящем этапе его конструирования, естественным образом требует упрощения правил, то есть применения максимально вероятных закономерностей, которые известны в когнитивной психологии.

Взаимодействие человека с окружающей его информационной средой включает восприятие и селекцию поступающей информации (функции сенсорных систем, внимания, кратковременной и долговременной памяти) с торможением потока иррелевантной и выбора или дополнительного поиска необходимой для реализации цели информации (исполнительный контроль поведения). Все перечисленные функции определяются когнитивным стилем

и мотивом поведения, регулируются вследствие возникающих эмоций и характеризуются когнитивными резервами, отражающими ресурсы мозга для решения актуальных и субъективно сложных или новых проблем и адаптации к постоянно изменяющимся условиям современной среды обитания человека.

В основе создания когнитивных онтологий, представляющих классификацию когнитивных функций или категоризацию функций отдельных структур мозга или нейронных сетей лежат результаты интенсивных нейробиологических исследований с применением электроэнцефалографических (ЭЭГ) и томографических (фМРТ) методов, (например, (Klein, 2012; Lenartowicz et al., 2012; Viola, 2017)). Эти нейробиологические данные используются в разработке когнитивного атласа как фундаментальной основы для дальнейшего изучения когнитивных процессов (Poldrack et al., 2011). Актуальность разработки когнитивных онтологий определяется не только интересом к пониманию соотношения мозг - психика, но и оптимизации интерфейса человек-компьютер с применением обратной связи на основе технических средств и индивидуальных характеристик пользователей.

При разработке когнитивной онтологии предлагается опираться на единую номенклатуру, выделение доменов согласно когнитивной теории и использование единого набора категорий, позволяющих создавать интегральную структуру когнитивной системы (Jensen, Colgin, 2007; Poldrack et al., 2011), учитывая контекст рассматриваемой ситуации, так как разные структуры мозга могут вовлекаться в разные когнитивные процессы (Klein, 2012), но со стабильными конструктами для определенного поля деятельности (Sullivan, 2016). Например, когнитивная онтология для моторного действия включает компоненты самой задачи и нейронный субстрат для скоординированного плана зрительного восприятия объектов действия и необходимой реакции правой и/или левой руки (Varoquaux et al., 2018).

Для оптимального выбора задач, наиболее информативных для оценки индивидуального диапазона когнитивных способностей, нами была разработана онтология ЭЭГ коррелятов когнитивных резервов мозга.

Понятия «когнитивные резервы» или «когнитивные ресурсы», с одной стороны отражают ограниченные возможности мозга при обработке поступающей информации (Marois, Ivanoff, 2005), а с другой - способность формирования новых нейронных сетей и их связей для компенсации потерь прежних функциональных систем как следствия старения или патологии мозга (Разумникова 2015; Park, Reuter-Lorenz, 2009; Stern, 2017). В Главе 1.1 даны актуальные на сегодняшний момент подходы, которые используются в попытках понять как когнитивные резервы формируются и как они реализуются. Когнитивный резерв – гипотетический конструкт, не поддающийся прямому измерению. Поэтому для понимания его механизмов и инструментов опосредованной оценки необходима онтологическая модель тех когнитивных функций, психометрические и нейрофизиологические изменения которых связывают со старением и, следовательно, они могут представлять количественно этот конструкт.

Наиболее устойчивые эффекты в изменениях когнитивного статуса в позднем онтогенезе касаются скорости ментальных процессов и кратковременной памяти: эти показатели неуклонно снижаются после 40-летнего возраста, что приводит к ухудшению исполнительного контроля и самых разных форм когнитивной деятельности: выполнения сложных задач, когнитивной гибкости и приобретения новых знаний (например, (Разумникова 2015; Salthouse, 2010]). Старению сопутствуют также разнообразные формы ухудшения функций сенсорных и мультисенсорных систем (Brooks et al., 2018). Индивидуальная гетерогенность процессов старения организма определяется не только генетическими, но и разнообразными компенсаторными факторами, связанными с образом жизни, среди которых важная роль отводится когнитивной тренировке и/или новому обучению (Mungas et al., 2010; Park, Reuter-Lorenz, 2009). Результаты популяционных

исследований свидетельствуют, что образование или компьютеризированная когнитивная тренировка влияют преимущественно на базовый уровень когнитивных функций и могут замедлять развитие нейродегенеративных заболеваний, но не препятствуют им (Gates et al., 2019; Wallis, Kennerley, 2010). Поэтому вопрос о психосоциальных или нейрофизиологических предикторах когнитивных резервов и механизмах их реализации остается открытым.

Онтология когнитивных резервов в структурном и функциональном представлении

При разработке когнитивной онтологии вводится некоторый набор нейронных структур мозга (n_1, n_2, \dots, n_n) и нейронных процессов (p_1, p_2, \dots, p_n), зависящих от поставленной цели, и каждый нейронный процесс p определяется через активность этого набора структур (s) n в определенной деятельности w ($n=s,w$) (Viola, 2017). Согласно такому подходу, любая ментальная функция $m_1 \dots m_n$ может быть представлена активностью (нейронными осцилляциями) одной или чаще нескольких структур (рис.6.1)

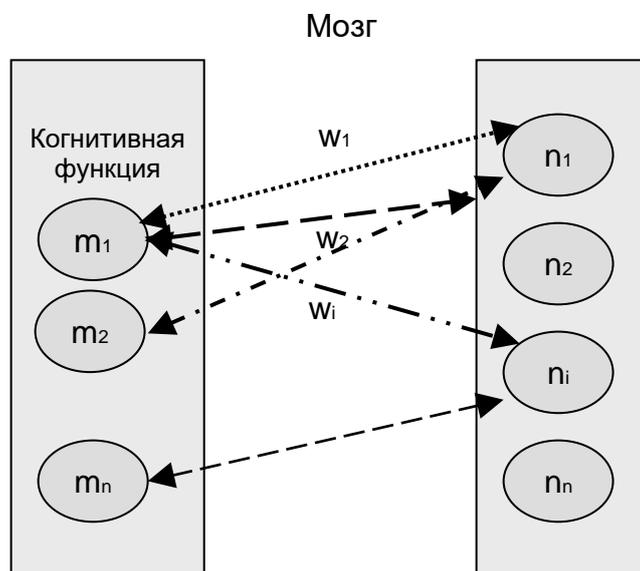


Рисунок 6.1 - Обобщенное представление когнитивной онтологии

Ментальные функции (m_n) можно обозначить как потенциальные когнитивные резервы, включенные в структуру интеллекта, организацию селекции информации и памяти, эмоциональную регуляцию поведения и т.д. Каждая из этих функций развивается в ходе онтогенеза в процессе обучения и

воспитания и далее может использоваться для повышения эффективности профессиональной деятельности и компенсации тех изменений мозга, которые сопровождают его старение: атрофии нейронов, нарушения их синаптических связей, замедление передачи сигнала вследствие разрушения миелиновой оболочки аксонов. Рассмотренные нами в исследовании m_n ($n=7$) как компоненты когнитивных резервов схематично представлены на рис. 6.2. Серым цветом отмечены те психические функции, которые, согласно литературным данным, либо снижают свою эффективность в пожилом возрасте, либо существенно ее изменяют (эмоциональная регуляция и мотивация когнитивной деятельности (Разумникова, 2015; Salthouse, 2010).

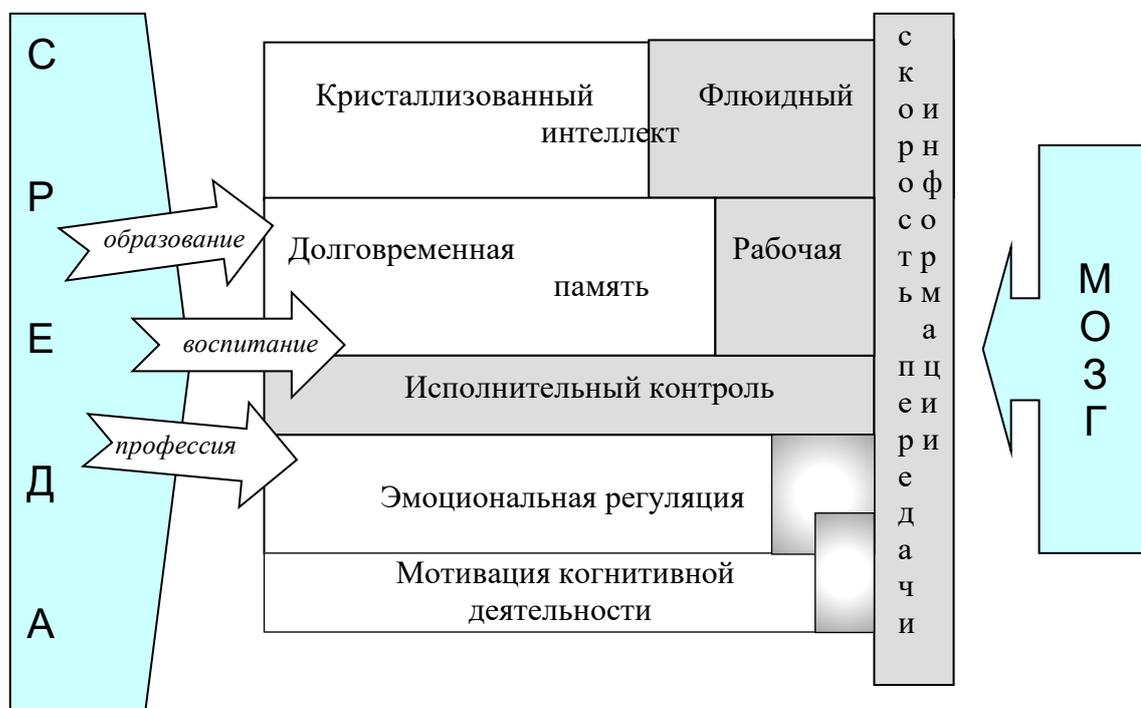


Рисунок 6.2 - Схематичное представление концептов когнитивных резервов

Влияние среды, схематично представленное на рис. 6.2, отражает тот факт, что особенности воспитания и давления социально-культурных стереотипов влияют на выбор системы образования и последующей профессиональной деятельности, определяют объем и структуру

приобретенных знаний (долговременная память и кристаллизованный интеллект), а также представлены в формировании профиля личностных черт и индивидуальной специфике мотивации и эмоциональной регуляции поведения. В соответствии с этой моделью при разработке онтологии далее будут рассмотрены регионарные (n_n) и частотные характеристики (w_i) активности мозга для ментальных процессов как основы когнитивных резервов: скорости селекции информации, рабочей памяти и исполнительного контроля.

Выделенные согласно литературным данным структуры мозга как центры организации перечисленных выше психических функций, представляющих потенциальные когнитивные резервы, приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1.

Структуры мозга как центры организации когнитивных функций, рассматриваемых в качестве когнитивных резервов

Показатель ф-ций	Структуры мозга	Автор
Кристаллизованный интеллект	Лобная (10, 45–47 зоны Бродмана), теменная (39 и 40 зоны), височная области коры	Jung, Haier, 2007; Pietschnig et al., 2015
Флюидный интеллект	Префронтальная кора, гиппокамп	Raz et al., 2008; Yuan et al., 2018
Долговременная память	Височная кора, гиппокамп, миндалина	Thompson, Kim, 1996
Кратковременная память	Префронтальная кора	Johnson et al., 2017; Serences, 2016
Исполнительный контроль	Префронтальная и цингулярная кора	Alvarez, Emory, 2006; Kennerley, Walton, 2011; Paneri, Gregoriou, 2017
Эмоциональная регуляция	Амигдала, орбитофронтальная, сингулярная, префронтальная кора	Costa et al., 2010; Lindquist et al., 2012
Мотивация	Стриатум, амигдала, нуклеус аккумбенс, орбитофронтальная префронтальная, сингулярная кора	Bissonette, Roesch, 2017; Wallis, Kennerley, 2010

Участие функций префронтальной коры в организации разнообразных форм когнитивной деятельности обусловлено тем, что разные ее области вовлечены в планирование и инициацию поведения, выбор отдельных операторов с опорой на индивидуально актуальные информационные ресурсы (память и оценку текущей ситуации), а также принятие решения и реализацию его этапов на основе прогноза успешности поведения и ожидаемой награды или наказания согласно доминирующему воздействию систем мотивации.

Поэтому именно этой структуре мозга уделяется особое внимание в ходе анализа механизмов старения мозга и выяснения факторов, влияющих на разную индивидуальную динамику возрастного ослабления эффективности когнитивных функций. Наряду с атрофией нейронов лобной коры при старении и связанным с этим ухудшением исполнительного контроля поведения в качестве компенсаторного ресурса мозга отмечается компенсаторное усиление ее функций или реорганизация взаимодействия нейронных ансамблей передних и задних отделов мозга (подробно эти гипотезы описаны в Главе 1).

В качестве нейрофизиологического показателя такого функционального взаимодействия нейронных сетей можно рассматривать синхронизацию или десинхронизацию биопотенциалов разных частотных диапазонов, каждый из которых имеет, согласно литературным данным, свое специфическое значение.

Классическая классификация частотных диапазонов в спектральной мощности ЭЭГ включает дельта (1-4 Гц), тета (4-7 Гц), альфа1 (7-10 Гц), альфа2 (10-13 Гц), бета1 (13-20 Гц), бета2 (20-30 Гц), гамма1 (30-50 Гц) и гамма 2 (более 50 Гц). Синхронизация биопотенциалов низкой частоты (до 10 Гц) рассматривается как результат взаимодействия и координации активности отдаленных участков головного мозга, тогда как высокочастотная (более 20 Гц) – как локальная активация близлежащих функциональных ансамблей нейронов, в том числе в разных слоях коры (Koppel et al., 2010). Вариативная кросс-частотная связь ритмов в разных структурах мозга отражает

разнообразные когнитивные процессы. Например, эффективность восприятия зрительных стимулов определяется степенью десинхронизации теменных и затылочных областей коры, предшествующей обработке этой информации (Beaman et al., 2017). Выяснение механизмов формирования функциональной взаимосвязи осцилляций биопотенциалов мозга – продолжает оставаться актуальным вопросом современной нейрофизиологии.

Что касается сложившихся к настоящему времени представлений о функциональном значении отдельных ритмов ЭЭГ, то дельта ритм является не только хорошо известным коррелятом медленного сна, но и выполнения разнообразных ментальных задач, отражая усиление интернально направленного внимания с торможением сенсорных впечатлений (Dimitriadis et al., 2010; Harmony, 2013). Многочисленными исследованиями показано, что фоновая активность мозга является «преднастройкой» для дальнейшей обработки информации, и дельта ритм отражает такую мотивационную «преднастройку» (например, Knyazev, 2012).

Тета-активность связывают с процессами памяти и вниманием, поддерживающим поиск решения сложной задачи, а также с когнитивным контролем и оценкой социальной значимости информации (Cavanagh, Shackman, 2015; Fischer et al., 2018). Регионарно функциональные изменения дельта и тета осцилляций чаще максимально выражены в передней части коры.

Изменения альфа-ритма сопровождают практически любую когнитивную деятельность, так как являются универсальным показателем активности мозга. Десинхронизация альфа колебаний в затылочных областях коры при открывании глаз по сравнению с фоном с закрытыми глазами – стабильная реакция мозга, отражающая переработку поступающей зрительной информации. Отмеченное разнообразие реактивности альфа-ритма в когнитивной деятельности обусловлено не только личностными характеристиками, отражающими базовые особенности активации разных структур мозга (Разумникова, 2005, 2009), но и субъективно оцениваемые

интерес к выполняемой задаче (т.е. мотивацию деятельности) и ее сложность (т.е. возникающее эмоциональное напряжение) (Radüntz, 2017). Исследования последних лет привели к заключению о разном функциональном значении отдельных поддиапазонов альфа-осцилляций, а также вариативности этой классификации, связанной с индивидуальной частотой пика альфа-ритма (Klimesch, 2012). Отмеченное при старении снижение частоты пика альфа-ритма и уменьшение мощности альфа-биопотенциалов свидетельствует о возрастной реорганизации функциональной активности мозга, которая, однако, способна поддерживать достаточно высокие показатели памяти, внимания или интеллекта отдельных лиц.

Успешная селекция информации требует торможения обработки irrelevantных сигналов. В организации этих конкурирующих процессов задействован альфа-ритм, интегрированный с другими ритмами: либо с дельта, либо с более высокочастотными бета и/или гамма колебаниями, что и определяет гибкость контроля внимания и выбора приоритетов для сохранения информации в рабочей памяти (de Vries et al., 2018).

Повышение качества регистрации и обработки ЭЭГ и развитие методов выделения мышечных артефактов обеспечили реализацию интерес к анализу высокочастотных бета и гамма ритмов. Гамма-синхронизация рассматривается как фундаментальный процесс элементарной обработки сигнала в коре (Borgers et al., 2008; Fries, 2009). Локально представленные колебания гамма- и бета-диапазона в лобных, теменных и сенсорных кортикальных слоях связывают с селекцией соответствующих сенсорных сигналов и их гибкого отображения в планах действий посредством интегративных осцилляторных процессов на более низких частотах (Siegel et al., 2011; van Driel et al., 2019).

Рис. 6.3 демонстрирует представленные в литературе формы возможного взаимодействия ритмов ЭЭГ, в том числе не только вследствие смежности частотных диапазонов осцилляций (например, дельта и тета и т.д.), но и их взаимосвязи в разных частотных диапазонах: дельта/альфа, тета/бета

и тета/гамма, альфа/бета или бета/гамма, каждая из которых имеет свою функциональную специфику (Alekseichuk et al., 2016; Canolty, Knight, 2010; Greenberg et al., 2015; Gregoriou et al., 2015; Janssen et al., 2007).

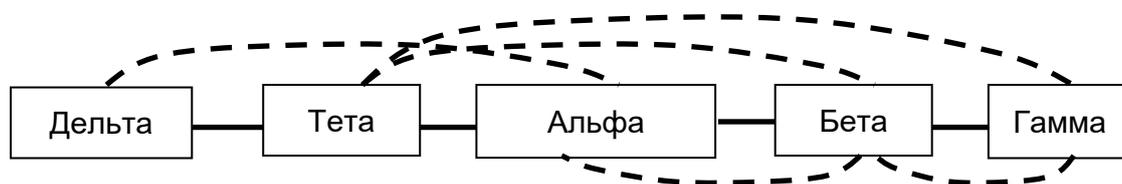


Рисунок 6.3 - Схема взаимодействия ритмов ЭЭГ: вследствие близости частот осцилляций (сплошные линии) или их функциональной связности (пунктир)

В качестве примера реорганизации активности мозга в широкой полосе частот можно привести данные об изменениях ЭЭГ при запоминании и воспроизведении зрительно-пространственной памяти в пожилом возрасте по сравнению с молодыми не только в диапазоне альфа, но и тета, и бета осцилляций (Rondina, Olsen, 2019). Эффективность рабочей памяти с учетом информационной нагрузки определяется модуляцией мощности тета и альфа колебаний (5-12 Гц), которые представляют механизм связи нейронных ансамблей теменных областей коры, гиппокампа и стриатума (Steiger et al., 2019). Однако соотношение эффектов синхронизации и десинхронизации ритмов на разных частотах остается под вопросом, так как согласно одним данным лучшая память обеспечивается синхронизацией тета и гамма осцилляций (Alekseichuk et al., 2016; Sauseng et al., 2019), согласно другим – десинхронизацией, представленной преимущественно на частотах менее 20 Гц (Hanslmayr et al., 2016). Возможности различных режимов обеспечения функций рабочей памяти продемонстрированы моделированием нейронной сети с модуляцией частоты входных колебаний: быстрый доступ к памяти и ее нагрузка обеспечивается бета- и гамма-колебаниями, поддержание памяти при игнорировании отвлекающих факторов - тета, а быстрый сброс информации из памяти - альфа (Diporra, Gutkin, 2013).

Различные диапазоны частот ответственны за динамические режимы стробирования, что позволяет выполнять необходимые для кратковременной

памяти операции взаимодействия нейронных сетей, требуемые практически для любой когнитивной деятельности. Таким образом, представленную на рис. 6.1 когнитивную онтологию мы можем конкретизировать согласно имеющимся данным об изменениях памяти, которая рассматривается как один из компонентов когнитивных резервов (рис. 6.4).

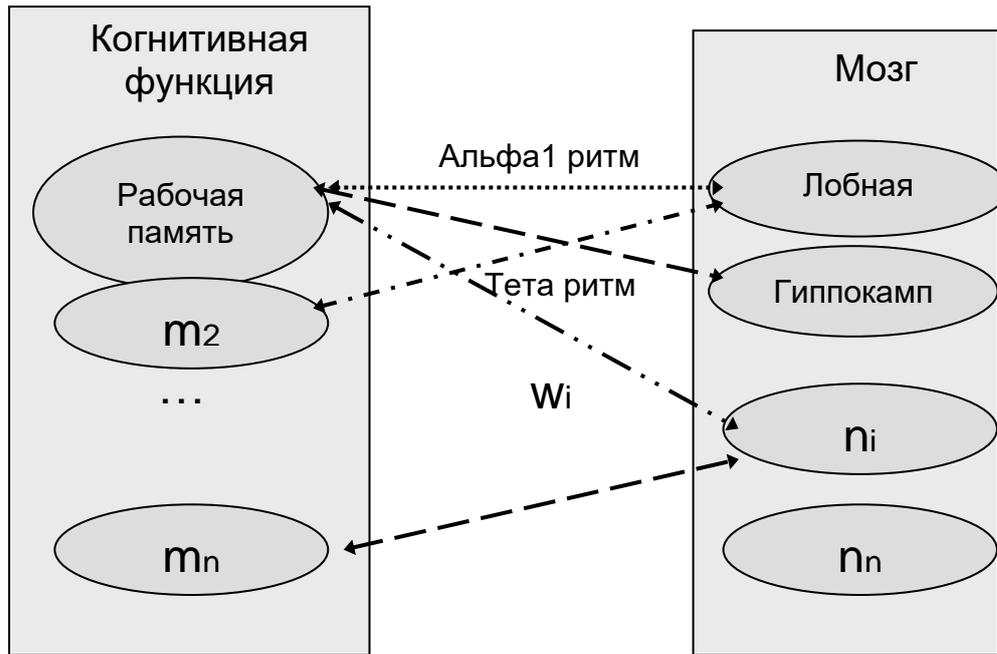


Рисунок 6.4 - Пример формирования онтологии частотно-пространственной организации активности головного мозга, отражающей память как когнитивный резерв

Так как рабочая память представляет один из важнейших компонентов когнитивных резервов (рис. 6.2), можно заключить, что возрастные изменения в частотно-пространственной синхронизации – десинхронизации биопотенциалов в пространственно разнесенных нейронных сетях отражают потенциальные ресурсы мозга. Изучение индивидуальных паттернов осцилляций представляется перспективным направлением определения резервов функций мозга, так как современные подходы к анализу ЭЭГ позволяют осуществить идентификацию личности (Cavanagh, Shackman, 2015) или опознание и классификацию эмоций, или контролирующих функций мозга (Clayton et al., 2015; Radüntz, 2017), а показатели мощности альфа/тета,

тета/гамма и альфа/бета асимметрии во фронто-центральных областях использовать как корреляты, соответственно, внимания, памяти и доминирующей мотивации (Shestyuk et al., 2019; Tort et al., 2009).

Согласно полученным нами результатам, представленным в Главах 3-5 и выше в Главе 6, модульная структура когнитивных резервов, включающая частотно-пространственную организацию активности мозга, может быть представлена, как это изображено на рис. 6.5.

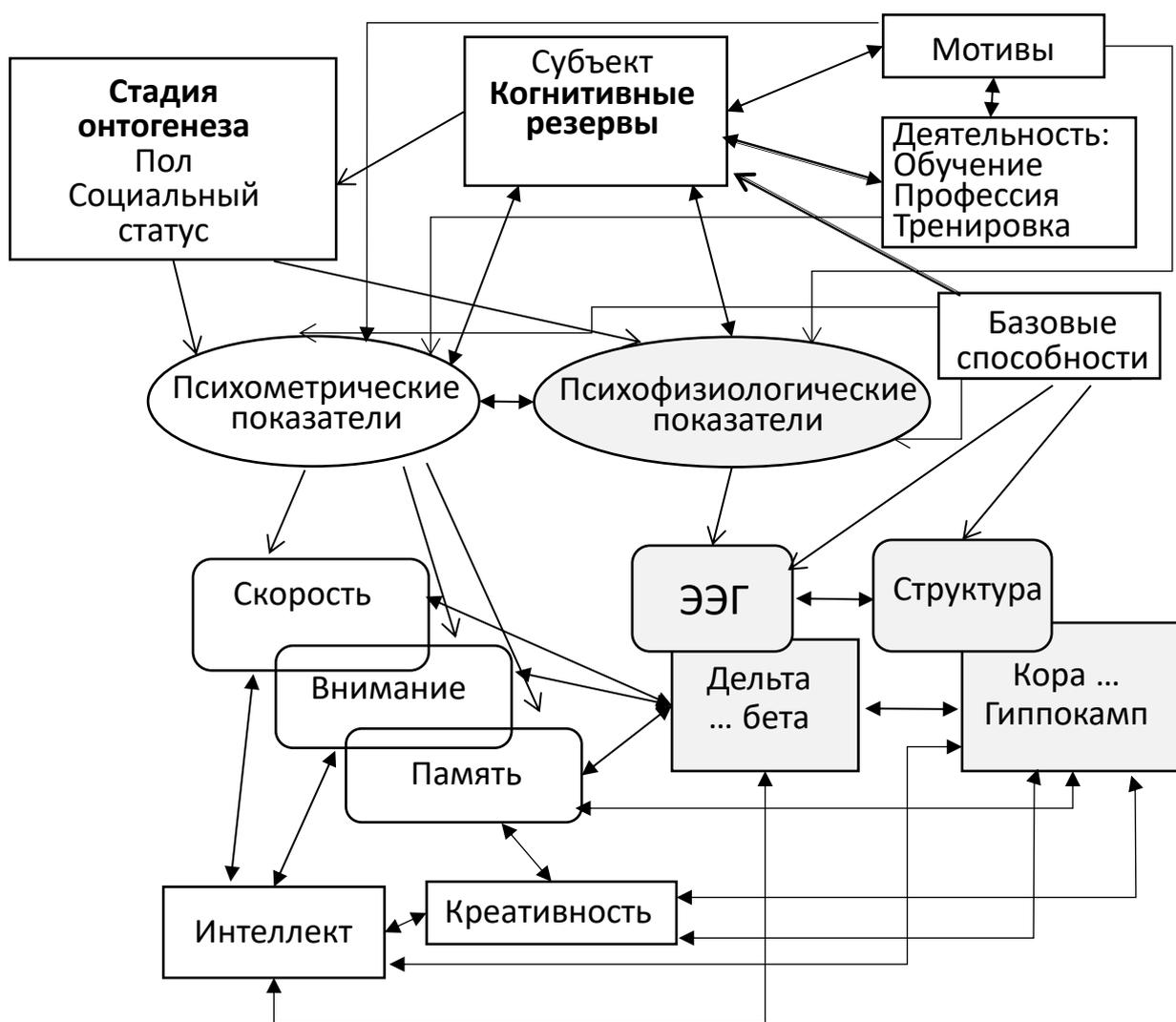


Рисунок 6.5 - Модульная структура когнитивных резервов

Предлагаемая модель активности мозга, представленной в широком диапазоне частот биопотенциалов: от дельта до гамма, полезна для изучения комплексных ЭЭГ коррелятов разных компонентов когнитивных резервов и

выбора оптимального кластера задач для их тестирования. Наряду с региональными особенностями распределения мощности низко- и высокочастотных осцилляций нейронных ансамблей информативной является координация разночастотных корковых ритмов, как это было показано в Главе 4 на примере «преднастройки» частотно-пространственной организации активности мозга на частотах дельта и альфа² или тета и бета² для дальнейшего осуществления разных стратегий поиска оригинального решения поставленной задачи.

Когнитивная архитектура познавательной деятельности при ее моделировании и психофизиологической оценке

Все более активно развивающаяся разработка технологий искусственного интеллекта опирается на знания, полученные в когнитивной психологии, представляя их в формализованном виде как когнитивную архитектуру. Анализ литературных источников, приведенных в Pubmed, показывает, что понятие «когнитивная архитектура» в 2010 году упоминалось в 211 работах, в 2020 – в 659, а в 2021 – уже в 771. Широкое применение этого понятия обусловлено разнообразием компонентов мыслительной деятельности и их взаимосвязи: внимания, памяти и принятия решения, представляющих естественный интеллект и используемых при создании его искусственного аналога. Рассмотрим некоторые примеры когнитивной архитектуры для моделирования искусственного интеллекта с применением закономерностей, выявленных при изучении психофизиологических механизмов мышления. Эти модели, имитируя процессы естественного интеллекта и поведения человека в различных областях деятельности, позволяют проверить соответствие выявленных нейробиологических закономерностей и подобных вычислительных конструкторов.

Развитие работ по созданию когнитивных архитектур привело к созданию множества интегрированных систем для имитации интеллектуального поведения при решении разнообразных задач (Kotseruba, et al., 2016). Широкий спектр моделей обусловлен тем, что каждая

специализирована для решения определенного круга проблем и включает разную степень разработки таких функций естественного интеллекта как память, обучение, принятие решения, эмоции, перцептивно-моторный контроль, язык, инженерную психологию и т.д. Моделирование поведения и его нейронных механизмов рассматривается как перспектива развития когнитивной нейронауки (Turner et al., 2017).

Принцип построения когнитивных архитектур искусственного интеллекта опирается на нейрофизиологические характеристики естественного интеллекта (функциональную специализацию структур мозга для организации когнитивных функций), как это схематически показано в выше в разделе 6.1, а также в самом общем виде изображено на рис. 6.6.

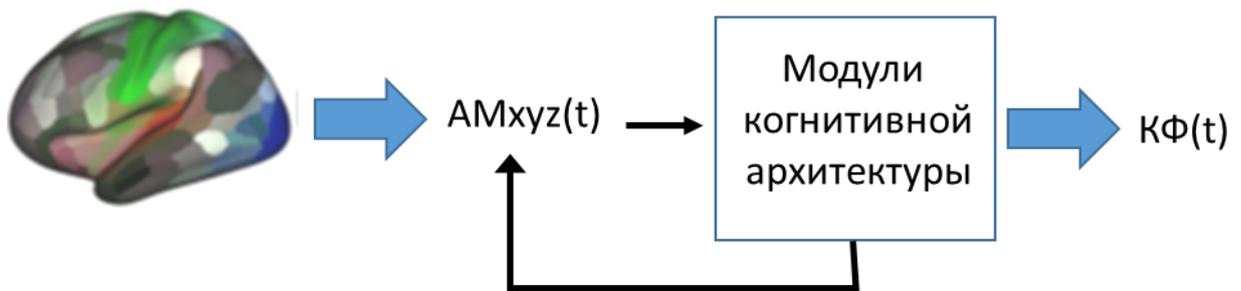


Рисунок 6.6 - Схематическое представление разработки когнитивной архитектуры искусственного интеллекта, имитирующего временную динамику когнитивных функций (КФ) на основе закономерностей активности мозга (АМ) для его разных структур

Одной из наиболее широко известных когнитивных архитектур является АСТ-R (Adaptive Control of Thought-Rational - Адаптивный контроль мысли - рациональное). Эта модель развивается с 70-х годов на основе данных когнитивной психологии и нейрофизиологии, в частности ассоциативной памяти и теории рационального анализа, и представлена набором программируемых модулей обработки информации, которые можно использовать для прогнозирования и объяснения поведения человека, включая познание и взаимодействие с окружающей средой (Anderson, et al., 1984; Anderson & Lebiere, 1998; Anderson et al., 2004). АСТ-R — это гибридная когнитивная архитектура, так как ее правила и декларативная память являются

символическими, а процессы изменений, т.е. как и когда элементы памяти будут использоваться, описаны субсимволически.

Начавшись с разработки механизмов декларативной и процедурной памяти, когнитивная архитектура АСТ-R для реализации теории компиляции знаний была дополнена GRAPES (Goal-Restricted Production System). Компоненты выполнения задачи включают знания того, какие воспоминания нужно извлечь и какие задачи выполнять, и при их повторении постепенно объединяются в единую процедурную память подобно тому, как люди улучшают деятельность посредством практики. АСТ-R в 6-ой версии расширена за счет введения инструктируемой производственной системы и дополнений, сделанных на основе использования данных картирования функций мозга (Anderson, 2007). Схематическая диаграмма когнитивной архитектуры АСТ-R6 показана на рис. 6.7.

Эта схема АСТ-R6 включает сенсорные модули для обработки слуховой, зрительной и моторной информации, двигательные модули для организации действий, модуль декларативных знаний и модуль целей. Каждый модуль имеет буфер памяти, представляющий кратковременную память. При обучении новым знаниям или правилам решений задачи модуль декларативных знаний пополняется в случае успешного результата деятельности и модифицируется вследствие ошибки.

Модель работает на основе правил «если-то», состоящих из шаблонов для сопоставления (если) и действий, которые необходимо предпринять (тогда). Модули и буферы АСТ-R соответствуют функциональному значению тех областей мозга, которые вовлечены в процессы восприятия информации, ее запоминания и организации деятельности согласно данным, полученным в ходе энцефалографических и томографических исследований. В свою очередь, когнитивную архитектуру АСТ-R можно использовать для создания прогнозов и принципиальной интерпретации данных фМРТ.

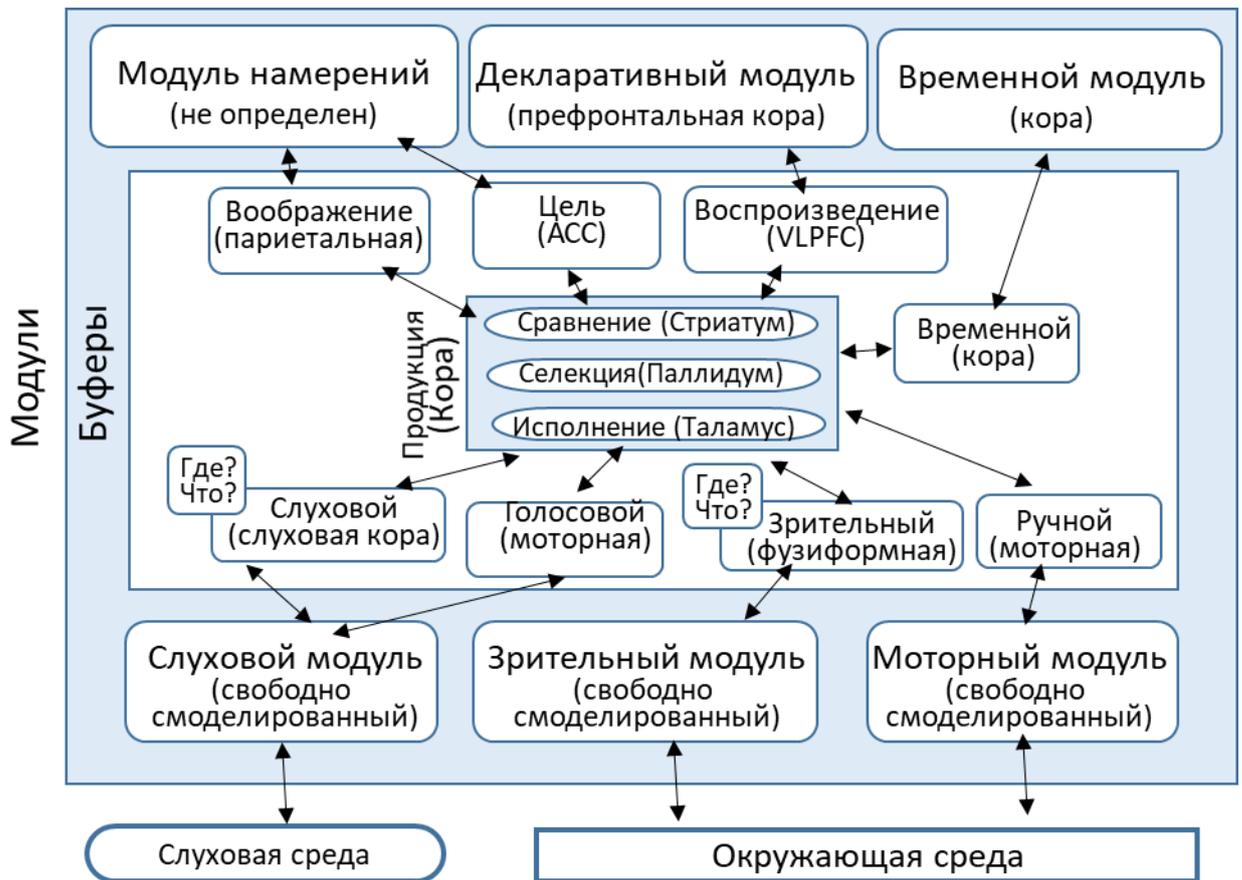


Рисунок 6.7 - Схематическая диаграмма когнитивной архитектуры АСТ-R6

Большая часть взаимодействия с окружающей средой осуществляется с помощью зрительной и двигательной систем. Модуль зрения АСТ-R, показанный на рис. 6.7, включает в себя два буфера: один для информации «Где» (местоположение) и один для информации «Что» (значение объекта в визуальной сцене). Эти две системы аналогичны дорсальному («где») и вентральному («что») потокам в зрительной системе человека (Anderson et al., 2004; Mishkin et al., 1983).

Успешное применение модели зрительного внимания, позволяющей имитировать следящие движения глаз в когнитивной архитектуре АСТ-R, доказано результатами анализа когерентности тета ритма (van Vugt, 2014). Согласно этой модели динамика ресурса рабочей памяти представлена тета

осцилляциями в теменной коре, а декларативной памяти, зрительного восприятия и процедурных ресурсов – в задних областях мозга.

Буфер «Цель» содержит текущее состояние элемента управления и используется для поддержания задачи модели и декларативного извлечения памяти. Модуль цели ассоциируется с передней цингулярной корой (рис. 6.7, АСС), а процедурный модуль – с базальными ганглиями.

Для измерения субъективной умственной нагрузки с применением модели АСТ-R разработаны условия выполнения мультизадачи и выявлены функциональные различия в нейронных сетях альфа и бета осцилляций в префронтальной и цингулярной коре (Kim et al., 2019). В другой работе сопоставление данных фМРТ при реализации разных задач и когнитивной архитектуры АСТ-R применялось для картирования функциональной активности мозга (Borst et al., 2015). Хорошее соответствие предсказаний модели было получено для модуля проблемного состояния, меньшее - для декларативной памяти.

Учитывая значимый вклад эмоций в регуляцию когнитивных процессов, модель дополняется компонентами аффективной оценки информации согласно результатам психологических и нейрофизиологических исследований. Такую функцию генерации позитивных эмоций выполняют модули функциональной активности вентральных отделов стриатума и паллидума, как структур, опосредующих награду выбранной деятельности, а негативных эмоций (опасности) - активности инсулы (Martin et al., 2021; Richards, Gross, 2000). Такая система эмоциональной регуляции эпизодической памяти создает возможности анализа вклада более обширного взаимодействия структур мозга в аффективную регуляцию когнитивных функций и поведения и расширяет когнитивную архитектуру виртуальных агентов и роботов, улучшая их обучение процессам планирования и принятия решения с применением эмоциональной оценки ситуации (Slovic, 2018).

Например, с применением фМРТ показано, что в эмоциональную оценку предъявленных эмоциогенных стимулов (стимулов из атласа аффективных

состояний – IAPS) вовлекаются не только структуры лимбической системы и префронтальной коры, но и система мозга по умолчанию (Default Mode Network), и система когнитивной переоценки (Cognitive Reappraisal Network), что указывает на широкое индивидуальное разнообразие нейронных сетей эмоциональной регуляции (Moreira et al., 2021).

Когнитивная архитектура АСТ-R является одновременно и психологической теорией, и структурой моделирования для построения когнитивных теорий. Модели АСТ-R используются для разнообразных прогнозов, включая необходимые элементы ответа, какие знания требуется использовать, частоту ошибок при выполнении задания или какая функциональная система мозга включается в организацию поведения, обучения или забывания. АСТ-R предлагается комбинировать с данными фМРТ разными способами: для оценки и ограничений модели АСТ-R или использования ее прогнозов, или для обнаружения нейронных коррелятов модельных процессов (Borst, Anderson 2016).

Так как человеку приходится обычно решать множество задач, выбирая среди них приоритетные, то в развитие АСТ-R предлагается ввести параметр «сложность задания» (Oh et al., 2021; Czerwinski et al., 2004). Чем труднее задача, тем больше времени на нее затрачивается и больше вероятность отказа и переключения на другую деятельность, однако при сохранении такой ситуации в памяти. Следовательно, алгоритм выполнения сложной задачи требует учитывать ее трудность, специфические особенности, приоритет и затрачиваемое время (Wickens et al., 2015).

Фактором переключения деятельности могут быть эмоции, возникающие из-за несоответствия сложности задачи и способности ее решить. Ключевая роль в этом процессе принадлежит орбитофронтальной коре, которая связана с базальными ганглиями, представленными в АСТ-R стриатумом как процедурным модулем (рис.6.6). Для количественной оценки дисбаланса между сложностью текущей задачи и способностью исполнителя в процедурный модуль вводится несколько субсимвольными уравнений,

отражающих функции орбитофронтальной коры в регуляции эмоций (Oh et al., 2021). Для улучшения разработанной модели предлагается учитывать ограничения, связанные с индивидуальным непостоянством решения и большим эффектом консерватизма у людей.

Другой популярной когнитивной архитектурой является SOAR (State, Operator And Result) (Lehman et al., 2006), целью которой является имитация рационального поведения интеллектуального агента. Эта архитектура включает представление (1) структуры задач и подзадач, (2) долговременной памяти, (3) кратковременной памяти, (4) механизма генерирования целей и (5) механизма обучения. Т.е. является средством, облегчающим реактивное принятие решений, ситуационную осведомленность, рассуждения, понимание, планирование и обучение.

SOAR поддерживает три типа долговременной памяти: процедурную, семантическую и эпизодическую, представляющие, соответственно, практические знания, факты и опыт. Долговременная память внутренне организована в соответствии с проблемным пространством и доступна для поиска нужной информации с применением операторов программы и правил типа if/then/else. Кратковременная или рабочая память, — это знания о текущей ситуации. Она содержит данные о воспринимаемом состоянии и знания, извлеченные из долговременной памяти, на основе которых принимаются решения с использованием правил для перехода от текущего состояния к будущему.

Когнитивная архитектура CLARION (Connectionist Learning with Adaptive Rule Induction ON-line - коннекционистское обучение с адаптивным вводом правил в режиме онлайн) разработана с целью различения явного и неявного уровней поведения и их взаимодействие. Она состоит из четырех подсистем: ориентированной на действие (ACS), не ориентированной на действие (NACS), метакогнитивной (MCS) и мотивационной (MS) (Sun, 2016).

Все модули CLARION разделены на два уровня: верхний и нижний. Например, нижний уровень модуля MCS отражает побуждения как

внутренние и психологические потребности организма, которые могут изменяться во времени. После создания побуждения на нижнем уровне они отправляются на верхний уровень MCS и на основе их значений в структуру целей могут добавляться новые.

Модуль ACS затем может использовать эти цели для выбора действия. Его элементы представляют концепты, которые комбинируются в правила условий и действий. Имеется три типа правил: фиксированные (рефлексы и моральные установки, которые не могут быть изменены), с выбором улучшения и на основе обучения (генерируются, изменяются и специализируются). Базовый уровень активации системы отражает частоту использования определенного правила. Полезность действия определяется его успешностью и «ценой», а дальнейший выбор осуществляет MCS (Sun, 2016). В CLARION вероятность организации соответствующего поведения определяется базовым уровнем активации, который зависит от частоты ранее использованных правил или элементов.

Недавние разработки в области исследования моделирования функциональных связей расширяют понимание данных нейровизуализации: от выявления изменений в региональных амплитудах активации до детального картирования крупномасштабных сетей мозга. Связывание сетевых и познавательных процессов требует развития теоретических основ, алгоритмов и экспериментальных подходов для перехода от описательного к объяснительному механизму когнитивных эффектов. Актуальные вопросы нейробиологии направлены на исследование закономерностей организации нейронных сетей в состоянии покоя, спонтанную динамику сети или вызванную задачей. Моделирование когнитивной структуры позволяет выделить разные формы взаимодействия сетевых компонентов: те, которые остаются «стабильными» в разных предметных областях, и более «гибкие» компоненты, связанные с реконфигурацией в соответствии со стратегиями когнитивной деятельности. Это дает возможность сопоставления

формализованного когнитивного разума и крупномасштабных сетевых механизмов человеческого мозга (Mill et al. 2017).

«Гибкий» пространственный компонент сетевого механизма включает различные временные компоненты: работающие в «медленных» или «быстрых» временных масштабах (соответственно, связанных с обучением и реакцией, вызванной стимулом). Применительно к конструированию механизмов ментальных процессов, формирующих когнитивные резервы, их потенциал определяется, во-первых, развитием структур и их функциональной связностью в раннем онтогенезе, а в последующем – информационной и социально-культурной средой разных этапов образования: от начального до постпенсионного (рис. 6.8). Связи между стабильными, «медленными» гибкими и «быстрыми» гибкими сетевыми компонентами соответствуют различным лежащим в их основе нейрофизиологическим механизмам с разделением на относительно устойчивые (например, сформированная структура интеллекта) и гибкие в пространстве и времени компоненты (рабочая память).



Рисунок 6.8 - Механизмы связи различных когнитивных состояний, лежащих в основе формирования и реализации когнитивных резервов

Ключевой вопрос, возникающий при разработке когнитивной архитектуры — это обеспечение гибкого выбора стратегии поведения на основе заложенных правил. Его решение также актуально в рамках электрофизиологических и топографических исследований функциональных сетей мозга: их интернальных или экстернальных изменений в ходе обучения или принятия решения, или специализации при решении задач разной сложности и разного информационного содержания.

Показано, например, значение инструкции для реконфигурации нейронных сетей, обеспечивающих рабочую память и внимание для эффективного выполнения предъявленной задачи (González-García 2021). Подобным же образом правило, заложенное в модели, определяет каскад операций, выполняемых в искусственной нейронной сети.

Согласно нейрофизиологическим данным, намерение выполнить инструкцию может вызывать автоматическую двигательную активацию (Everaert et al., 2014) или вовлекать различные области мозга для координации дополнительных стимулов и формирования ответа (Demanet et al., 2016; Gonzalez-García et al., 2017; Hartstra et al., 2012; Palenciano et al., 2019). При этом изменяется нейронная репрезентация контента этого намерения в лобно-теменной сети (FPN) (Bourguignon et al., 2018; Muhle-Karbe et al., 2017), выполняющей быстрый доступ и настройку реализации и высокоэффективного состояния мозга для успешного выполнения задачи (Bourguignon et al., 2018; González-García et al., 2017; Hartstra et al., 2011; Muhle-Karbe et al., 2017; Palenciano et al., 2019; Woolgar et al., 2015). Для моделирования лобно-теменной функции предлагается многоступенчатый процесс последовательного кодирования с начальным кодированием инструктирующей информации в декларативный код. Когда эта информация становится релевантной для поведения, декларативные представления FPN преобразуются в реализацию, представленную процедурными кодами для связывания релевантной перцептивной и двигательной информации, оптимизированную для конкретных требований задачи (Brass et al., 2017).

В качестве одного из таких механизмов можно рассмотреть описанную нами в Главе 4 частотно-пространственную «преднастройку» активности коры, сопутствующую разным стратегиям поиска оригинального решения проблемы.

Когнитивная гибкость человека – это способность преобразовывать сложные символические инструкции в новое поведение. Такое преобразование поддерживается двумя нейрокогнитивными состояниями: поддержанием декларативных знаний о задаче и состоянием реализации, необходимым для оптимального выполнения задачи. Решающую роль в этом процессе выполняют лобные и теменные области мозга. Вклад этих областей в нейронную архитектуру, выполняющую регуляцию когнитивной гибкости, подтверждается результатами эксперимента с поиском новых ассоциаций стимул – реакция, так как согласно данным фМРТ выявлены независимые процедурные и декларативные их репрезентации в лобно-теменных областях, причем степень процедурной активации предсказывала поведенческие характеристики (González-García 2021). Полученные нами результаты о модуляции активности разных областей коры за счет выраженности рациональных и иррациональных личностных черт (Глава 4) свидетельствует о соответствии нейрофизиологического, психометрического и символического представления когнитивной деятельности при условии фиксации значимых индивидуальных параметров.

С течением времени мозг переходит через разные состояния, и топология сети мозга, отражающая степень интеграции информации, связана с эффективностью выполнения когнитивной задачи (Schultz, Cole 2016). С применением теории графов (Bullmore, Sporns, 2009) или кластеризация k -средних (Shine et al., 2016) обнаружено два разных состояния: с более обособленной структурой сетей при большей связности внутри каждой сети или с большей связностью между сетями, что способствует интеграции информации в мозге, усиливающейся при повышении сложности задачи.

Сдвиги функционального состояния в значительной степени обусловлены расширением возможностей взаимодействия лобно-теменной, дорсальной, цингуло-оперкулярной и зрительной сетей. Их интеграция связана не только со сложностью задачи, но и с тем, насколько она трудна или легко выполнима для участников исследования и соответствующим уровнем активации мозга (Shine et al. 2016).

Применение топической модели когнитивных функций показало пространственное соответствие между когнитивными функциями и сетью автономных модулей, каждый из которых выполняет дискретную когнитивную функцию. Модульные функции мозга поддерживают режимы интеграции тех когнитивных функций, необходимых для реализации сложной задачи (Maxwell et al., 2015). Прогресс в разработке систем гибкой реконфигурации модулей, встроенных в когнитивную архитектуру, связан с выяснением нейрофизиологических механизмов интеграции или сегрегации нейронных сетей мозга в зависимости от сложности задач и необходимости переключения стратегий: от менее к более эффективным. Например, полученные нами результаты о частотно-пространственной «преднастройке» активности мозга указывают на реорганизацию фронтальных областей мозга и височных или теменных отделов коры за счет синхронизации низкочастотных дельта или тета ритмов с высокочастотными альфа 2 и бета 2 осцилляциями, отражающую разные стратегии решения заданий, поставленных при тестировании креативности (Глава 4).

Ценность когнитивных архитектур заключается в том, что их реализация обеспечивает высокую степень точность выполнения изучаемых задач при проектировании искусственного интеллекта. Успех, достигнутый при моделировании реального человеческого поведения, можно оценить такими психофизиологическими показателями как траектория движения глаз, время реакции и количество ошибок. Адекватность соотношения психометрических показателей выполнения разных заданий и регионарной специфики активации соответствующих областей коры показана, например, сопоставлением

нейронной архитектуры исполнительных функций и реализации ответной реакции или ее торможения (Engelhardt et al., 2019).

6.2 Гетероерархическая системная организация когнитивных резервов

Когнитивные архитектуры, смоделированные в рамках разных подходов, опираются на те компоненты механизмов когнитивной деятельности, основные закономерности которых были выявлены при изучении познавательной деятельности человека. Применение комбинированных архитектур, сочетающих разные модули (например, Leabra и АСТ-R (Lebiere et al., 2008) приводит к сокращению разрыва между символическими и нейронными сетями.

В качестве основы для создания архитектуры когнитивных резервов нами взята модель АСТ-R6, дополненная и реконструированная согласно полученным результатам исследования (рис. 6.9). Ее верхняя часть в большей мере отражает формирование системы когнитивных функций на ранних этапах онтогенеза под влиянием образования и социально-культурных стереотипов выбора соответствующей полу, характерологическим чертам и когнитивным предпочтениям профессиональной деятельности. Схематично представленная на этом рисунке информационная среда имеет большее значение для поздних этапов онтогенеза, когда сохранение, а в некоторых случаях и обогащение информационных потоков стимулирует гибкость мышления, освоение новых форм деятельности, в том числе обучение применению информационных технологий погружения в виртуальную природную среду или мультизадачного когнитивного тренинга, как это описано в Главах 3 и 5.

Например, если индивид вследствие полученного образования на ранних этапах онтогенеза обучился контролировать свое поведение и гибко планировать стратегии решения возникающих проблем (функции

префронтальной коры), тогда он способен реорганизовать свою деятельность в соответствии с ресурсами памяти (гиппокамп и височная кора), чтобы обеспечить достаточно высокое качество жизни на поздних стадиях онтогенеза. Каждый из модулей: и планирование, и мотивация могут инициировать приобретение или реализацию когнитивных резервов с опорой на соответствующие функциональные нейронные сети префронтальной коры или лимбической системы.



Рисунок 6.9 - Архитектура когнитивных резервов и схематичное отражение факторов, влияющих на их формирование и реализацию

Регистрация комплекса психометрических и психофизиологических показателей на ранних этапах онтогенеза позволяет целенаправленно корректировать программу обучения с учетом степени развития тормозных функций, ресурсов памяти и гибкости мышления для формирования когнитивных резервов, оптимальная конфигурация организации которых позволит реализовать их на поздних этапах онтогенеза, а также разрабатывать персонализированный интерфейс человек-компьютер для оптимизации

информационной и эмоциональной нагрузки с учетом характерологических черт пользователя и структуры интеллектуальных способностей. Примеры адекватного прогнозирования параметров решения задач с использованием модулей когнитивной архитектуры (Anderson et al., 2004) открывают широкие возможности разработки таких индивидуально настраиваемых интерфейсов.

На необходимость таких интерфейсов мозг-компьютер указывают полученные нами результаты возрастных и индивидуальных различий в когнитивной тренировке с применением разных компьютеризированных программ, направленных на повышение результативности селекции зрительно предъявленной информации и ее запоминания (Глава 5).

Установленные в ходе нашего комплексного исследования закономерности возрастных изменений психометрических и нейрофизиологических показателей когнитивных функций, описанные выше в Главах 3-5, позволяют представить систему когнитивных резервов в виде гетероерархической организации, в которой и базовые когнитивные функции, и исполнительный контроль, и мотивация для поиска путей сохранения жизненной активности при старении могут выступать ведущим фактором стимуляции и/или реализации когнитивных резервов (рис. 6.10).

Базовые когнитивные функции, как врожденные индивидуальные особенности строения и функций мозга, развиваются в онтогенезе в результате воспитания и обучения и участвуют в формировании и исполнительного контроля, и мотивации (как интернально, так и экстернально заданной) разной деятельности. На более поздних этапах онтогенеза стимулирующая роль в продолжении усложнения системы когнитивных функций или реализации когнитивных резервов переходит к исполнительному контролю поведения.

Механизмы реализации когнитивных резервов описываются комплексом психометрических и психофизиологических показателей, возрастные изменения которых представлены в Главах 3-5. Эти показатели когнитивных функций (обозначенные как 1-14), выбранные сначала на основе анализа литературных данных в качестве потенциальных составляющих

когнитивных резервов, далее были исследованы в серии экспериментов для выяснения механизмов их организации и динамики реорганизации на разных стадиях онтогенеза.

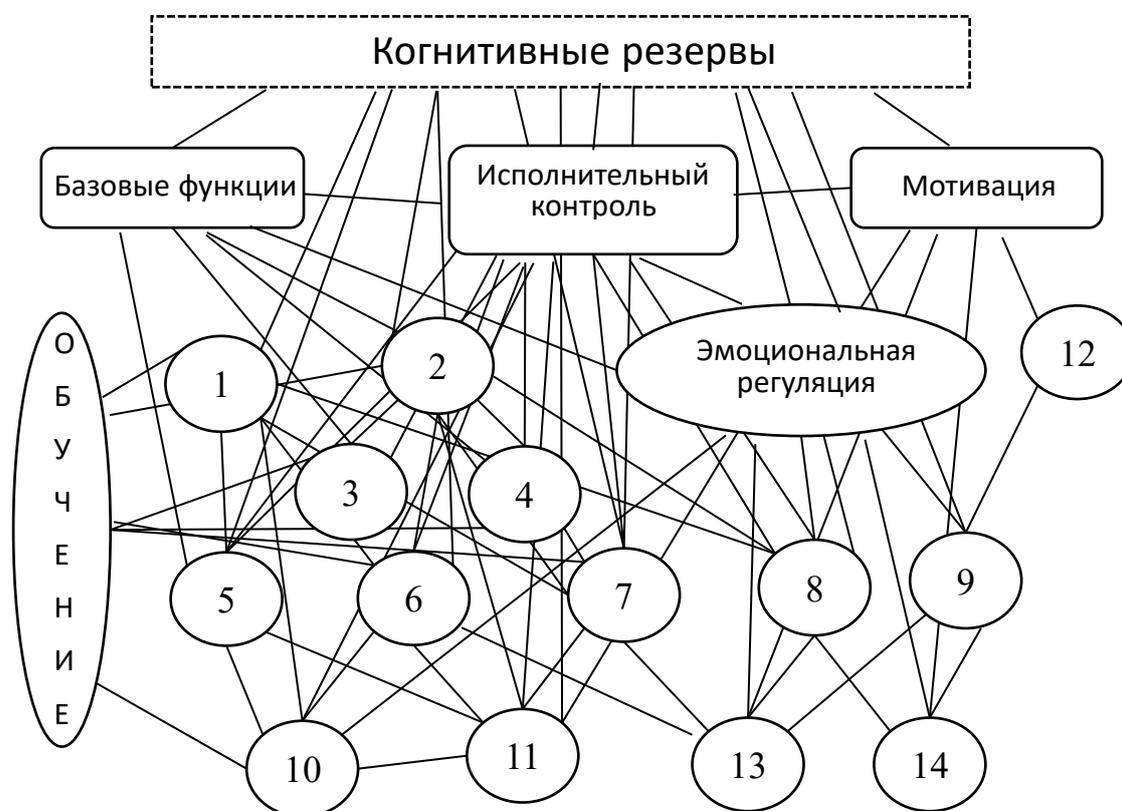


Рисунок 6.10 - Гетероиерархическая организация системы когнитивных резервов

1- скорость реакции, 2- рабочая память, 3- кратковременная зрительная память, 4- кратковременная зрительно-пространственная память, 5- флюидный интеллект, 6- вербальный интеллект, 7- образный интеллект, 8- социальный интеллект, 9- эмоциональный интеллект, 10- конвергентное мышление, 11- дивергентное мышление, 12- мотиваторы, 13- самооценка физического здоровья, 14- самооценка психического здоровья

Полученные результаты свидетельствуют, что ряд личностных характеристик, не только пол или возраст, но и эмоциональная устойчивость, и предпочитаемые стратегии мышления, характеризуют разнообразие индивидуально представленной организации когнитивных функций, взаимосвязь которых схематично представлена линиями на рис. 6.10. Их интенсивность согласуется с мнением о доминирующей роли исполнительных функций в компенсаторных процессах для «позитивного» старения и в

реализации возможностей современной информационной среды для стимуляции нейропластичности мозга на разных стадиях онтогенеза.

Представляя психометрические и психофизиологические исследованных показателей когнитивных резервов как интегрированные модули, скорость реакции, рабочая память, кратковременная зрительная и зрительно-пространственная память (показатели 1- 4 в рис. 6-10) формируют модуль «селекция информации и ее запоминание», флюидный, вербальный, образный и социальный интеллект, а также конвергентное и дивергентное мышление отражают структуру интеллекта, а показатели самооценки эмоционального интеллекта, мотиваторов поведения, физического и психического здоровья – модуль эмоционально-мотивационной регуляции поведения.

Выводы по главе 6

На основе подходов, принятых при моделировании искусственного интеллекта, разработана модель когнитивных резервов с использованием когнитивной архитектуры АСТ-R, имитирующая связь когнитивных функций и соответствующих им структур мозга. Образование и социальная среда являются факторами формирования системы когнитивных резервов, реализация которых в позднем онтогенезе определяется развитием структур мозга и их функциональной связностью в раннем онтогенезе. Механизмы реализации когнитивных резервов представлены разными формами взаимодействия исполнительного контроля селекции информации и ее эмоциональной регуляции, которые могут быть описаны комплексом психометрических и психофизиологических показателей, включая структуру интеллекта, скорость реакции и характеристики памяти и гибкости мышления.

Разнообразие компонентов, их взаимодействия и доминирующей роли в гетероиерархической организации системы когнитивных резервов определяется не только возрастом или полом, но и профилем личностных свойств, включающих эмоциональную реактивность, мотиваторы поведения и

предпочитаемые стратегии мышления, которые отражают индивидуальные особенности селекции информации и исполнительного контроля принятия решения.

Заключение

Формирование когнитивных резервов требует активного и разнообразного обучения и информационно обогащенной среды обитания человека, а реализация – мотивации на преодоление трудностей и приспособление к новым условиям жизни за счет исполнительного контроля поведения и активации когнитивной, физической и социальной деятельности. Целенаправленная тренировка внимания и памяти и освоение новых форм поведения являются условием «позитивного» старения. Успешность адаптации в условиях возрастной атрофии клеток мозга может обеспечиваться когнитивными резервами, созданными обучением в раннем онтогенезе, и волевыми усилиями в осуществлении деятельности, способствующей реализации нейропластичности мозга на его поздних этапах, в том числе с применением современных технических средств, например, компьютеризированного когнитивного тренинга и/или улучшения эмоционального состояния за счет погружения в природную виртуальную среду.

Результаты выполненного исследования позволяют сделать следующие **выводы:**

1. Разработана концептуальная модель организации когнитивных резервов, для формирования и развития которых создана оригинальная программа компьютеризированной тренировки гибкости мышления и функций селекции, исполнительного контроля и запоминания конкурирующей информации разного контента.

2. Возрастная динамика оригинальности и гибкости мышления сопровождается неравномерным развитием ресурсов памяти, критического мышления и эмоциональной регуляции когнитивных функций, что приводит к разнообразным формам их организации в школьном и студенческом возрасте.
3. Структура интеллекта как одного из компонентов когнитивных резервов связана с выбором профессионального образования согласно социально-культурными ценностями, что проявляется во временной динамике уровня интеллекта (эффекты Флинна и анти-Флинна), отличающейся у гуманитариев, инженеров и математиков.
4. Разработана оригинальная модель определения проактивной интерференции, позволившей выявить динамику соотношения тормозных функций в процессах памяти и обучения запоминания. Установлено, что исполнительный контроль селекции информации развивается в онтогенезе и является фактором достижения лучших показателей внимания и памяти при старении; критическим периодом формирования тормозных функций согласно модели проактивной интерференции является возраст 10 лет, а лучшие показатели характерны для двадцатилетних студентов университета.
5. Гибкость и оригинальность мышления обеспечивается разными формами частотно-пространственной реорганизации нейронных сетей префронтальной коры и задних отделов мозга, зависимой от содержания и условий решения поставленной задачи, уровня и соотношения компонентов интеллекта или рациональных и иррациональных личностных черт.
6. Лучшим показателям качества жизни вне зависимости от возраста соответствует преобладание позитивных эмоций над негативными при самооценке эмоционального интеллекта, дополнительным предиктором самооценки интегрального показателя физического здоровья в пожилом

возрасте является вербальный компонент интеллекта, уровень которого в меньшей степени снижается при старении.

7. Погружение в виртуальную природную среду вызывает позитивные изменения эмоционального состояния и сопровождается снижением активации коры головного мозга, выраженность эффектов зависит от возраста и пола.
8. Когнитивная тренировка с применением разработанной батареи компьютеризированных методик вызывает улучшение показателей когнитивных функций при тестировании кратковременной зрительной памяти в моделях «one-back», проактивной интерференции, пространственной памяти с разной информационной нагрузкой с изменением условий концентрации или распределения внимания. Установлено, что эффективность тренировки в молодом возрасте не только достигается быстрее, но и требует применения высокой информационной нагрузки, тогда как основным фактором успеха когнитивной тренировки пожилых людей является длительное, зависящее от базового состояния когнитивных функций, продолжение тренинга, которое обеспечивает устойчивый исполнительный контроль.

Таким образом, выводы, сформулированные в ходе эмпирической части исследования, и результаты теоретического анализа литературных данных, касающихся архитектуры и механизмов эффективной реализации когнитивных функций, позволили создать концептуальную гетероиерархическую модель организации когнитивных резервов. Эта модель представлена генерализованными модулями базовых функций селекции и запоминания информации, исполнительного контроля и мотивационно-волевой регуляции поведения, механизмы реализации и взаимодействия которых формируются и динамически изменяются в онтогенезе под влиянием целенаправленного обучения или воздействия информационной среды, отражая нейропластичность систем мозга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенк, С.Б.Г. Стандартизация личностного опросника Айзенка для взрослого населения Литвы / С.Б.Г. Айзенк, А. Пакула, А. Гоштаутас // Психол. ж. - 1991.- №12. - С.83-89.
2. Амирджанова В.Н. Популяционные показатели качества жизни по опроснику SF-36 (результаты многоцентрового исследования качества жизни «Мираж») / В.Н. Амирджанова, Д.В. Горячев, Н.И. Коршунов, и др. // Научно-практическая ревматология. -2008.- №1.- С. 36-48
3. Анисимов А.И. К проблеме исследования социального здоровья личности / А.И. Анисимов // Учебные записки СПбГИПСР. -2007-Т. 8 -№ 2 - С. 23–25.
4. Анисимов А. И. Сущность понятия «здоровье» в рамках логико-методологического подхода / А. И. Анисимов, О. С. Глазачев // ЭПНИ «Вестник Международной академии наук. Русская секция» (Электронный ресурс), 2012. - №2. - С. 6—12.
5. Атлас новых профессий 3.0. / под ред. Д. Варламовой, Д. Судакова. — М.: Интеллектуальная Литература, 2020.
6. Бакаев М.А. Когнитивные резервы: префронтальная кора или информационная нагрузка / М.А. Бакаев, О.М. Разумникова // Успехи геронтологии. - 2021.- Т.34.-№2.- С.202-209.
7. Богдавленская, Д. Б. Психология творческих способностей. 2002. М.: Академия, - 317 с.
8. Валуева Е. А. Эффект Флинна: обзор современных данных / Е. А. Валуева, С. С. Белова // Психология. Журнал Высшей школы экономики. - 2015. - Т. 12. -№4. - С. 165–183
9. Васанов А.Ю. Проверка стандартных показателей эмоционально окрашенных фотоизображений IAPS на русской выборке / А.Ю. Васанов, О.П. Марченко, А.С. Машанло // Экспериментальная психология. 2011. – Т. 4. -№ 3. - С. -126–132.

10. Величковский Б.Б. Возможности когнитивной тренировки как средства коррекции возрастных изменений когнитивного контроля / Б.Б. Величковский Б.Б. // Экспериментальная психология. 2009. Т. 2. № 4. С. 67—91.
11. Величковский Б.Б. Когнитивный контроль и чувство присутствия в виртуальных средах / Б.Б. Величковский, А. Н. Гусев, В.Ф. Виноградова, О.А. Арбекова // Экспериментальная психология. 2016. Т. 9. № 1. С. 5—20.
12. Величковский Б.М. Когнитивная наука: Основы психологии познания / Б.М. Величковский - М.: Смысл. - 2006.
13. Воробьева Е.В. Интеллект и мотивация достижения: психофизиологические и психогенетические предикторы: монография / Е.В. Воробьева - М.: Кредо. - 2006.
14. Воробьева Е.В. Эмоциональный интеллект: генетические и психофизиологические корреляты / Е.В. Воробьева, В.В. Косоногов, Е.М. Ковш -М.: Мир науки. 2021.
15. Григоренко Е. А. Исследование процесса выдвижения и проверки гипотез близнецами / Е. А. Григоренко, Б. И. Кочубей // Новые исследования в психологии. -1989.- №2. - С. 15-20
16. Давыдов Д.Г. Применение теста Стандартные прогрессивные матрицы Равена в режиме ограничения времени / Д.Г. Давыдов, Е.В. Чмыхова // Вопросы психологии. - 2016. - №4. - С.129-139.
17. Дорохина, А. Ю. Учебный потенциал Всемирной сети Интернет / Дорохина, А. Ю., Малова, О. В. // Комплексные исследования детства. - 2019 - Т. 1.- № 2.- С. 122–131. DOI: 10.33910/2687-0223-2019-1-2-122-131
18. Кельманов, А. В. О сложности некоторых задач кластерного анализа векторных последовательностей / А. В. Кельманов, А. В. Пяткин // Дискретный анализ и исследование операций. -2013. -Т. 20. -№ 2. -С. 47–57.
19. Климов Е.А. / Е.А. Климов // Психология профессионального самоопределения. М.: Академия. 2010.- 304 с.

20. Кловайт Н. Рефлексивный антропоморфизм: неведение онтологии или невежественная онтология / Н. Кловайт // Социологический журнал. - 2018.- Т.24.- № 1.- С. 8–33.
21. Князев, Г.Г. Адаптация русскоязычной версии «Опросника эмоционального интеллекта» / Г.Г. Князев, Л.Г. Митрофанова, О.М. Разумникова, К. Барчард // Психологический ж. 2012.-Т.33. -№ 4. - С. 112-120.
22. Корнилова, Т.В. Толерантность к неопределенности и интеллект как предпосылки креативности / Т.В. Корнилова // Вопросы психологии. – 2010. -№ 5. -С. 3-12.
23. Косарева, Ю.Д. Проблема снижения успеваемости школьников в 12-14-летнем возрасте / Ю.Д. Косарева, Е.М. Быкова // Вопросы образования. 2010. - №3. - С. 265-284.
24. Костромина С.Н. Современные тенденции педагогической психологии и психологии образования / С.Н. Костромина, Н.А. Медина Бракамонте, О.В. Защирина // Вестник Санкт-Петербургского университета. - Психология. -2016. -№ 1.- С. 109–117.
25. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты / Т. Кохонен - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний.2008. 655 с.
26. Коэметс Э.Х. Интеллектуальные задачи - серия 730. Русский вариант тестов Амтхауэра на основе эстонской методики /Э.Х. Коэметс, Х.И. Лийметс. - Новосибирск: Изд-во НГУ. - 1973. - 24 с.
27. Люсин, Д.В. Стратегии переработки информации при распознавании эмоций / Д.В. Люсин // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2007. - Т. 4.- № 4. -С. 140 – 148.
28. Люсин, Д.В. Влияние эмоций на креативность / Д.В. Люсин - Творчество: от биологических оснований к социальным и культурным феноменам / Под ред. Д.В. Ушакова. М.: Институт психологии РАН. -2011. - С. 372-389.

29. Малых С.Б., Тихомирова Т.Н. Личностные черты и интеллект как факторы успешности в школьном обучении / С.Б. Малых, Т.Н. Тихомирова // Вопросы психологии. - 2020. - Т.66. - №3.- С. 26-44.
30. Мезенцев, Ю.А. О некоторых задачах кластеризации больших данных по минимаксным и аддитивным критериям, применение в медицине и нейрофизиологии / Ю.А. Мезенцев, О.М. Разумникова, И.В. Тарасова, О.А. Трубникова // Информационные технологии. - 2019. -Т. 25. - № 10. -С. 602–608.
31. Михайлова, (Алешина) Е.С. Тест Гилфорда-Салливен. Диагностика социального интеллекта: методическое руководство / Е.С. Михайлова (Алешина) СПб.: ИМАТОН, 2006. 56 с.
32. Мухордова О.Е. Прогрессивные матрицы Равена: методические рекомендации / О.Е. Мухордова, Т.В. Шрейбер.- Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет». 2011.
33. Никифоров, Психология здоровья: Учебник для вузов / Под ред. Г С. Никифорова. — СПб.; Пи тер, 2006. — 607 с:
34. Николаева, Е.И. Психология детского творчества. / Е.И. Николаева - 2-е изд.: Санкт-Петербург: Питер. - 2010 - 126 с.
35. Николаева Е.И. Эволюционные корни креативности // Творчество: от биологических оснований к социально-культурным феноменам / Под ред Д.В. Ушакова. - М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2011. С. 33-66).
36. Николаева, Е. И. Исполнительные функции в раннем детстве. Обзор иностранных источников // Комплексные исследования детства. – 2019.- Т. 1.-№4.- С. 330–337. DOI: 10.33910/2687-0223-2019-1-4-330-337
37. Николаева, Е. И. Что такое "executive functions" и их развитие в онтогенезе / Е. И. Николаева, Е. Г. Вергунов Теоретическая и экспериментальная психология, (2017). Т. 10 (2), с. 62-81.
38. Николаева Е. И. Психология детского творчества. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Питер. - 2010.

39. Николаева Е.И. Связь успеваемости с психологическими характеристиками учеников 4-7 классов (лонгитюдное исследование) / Е.И. Николаева, В.С. Стрекосова, И.И. Зиновьева // Российский гуманитарный журнал. -2017. -Т.6. -№ 35 - С. 400-408.
40. Новик А.А., Ионова Т.И. Руководство по исследованию качества жизни в медицине, под ред. академика РАМН Ю.Л. Шевченко. М.: Изд-во РАЕН, 2012.
41. Нуркова В.В. Забывание: проблема наличия следа памяти, его доступности и намеренного контроля / В.В. Нуркова, А.А. Гофман // Национальный психологический журнал. – 2016. – № 3(23). – С. 64–71.
42. Нюттен Ж. Мотивация, действие и перспектива будущего / Ж. Нюттен - М.: Смысл. - 2004.
43. Обухова Л. Ф., доктор психологических наук. Детская (возрастная) психология. Учебник. - М., Российское педагогическое агентство. 1996.
44. Овчинников Б. В. Ваш психологический тип / Б.В. Овчинников, К. В. Павлов, И. М. Владимирова. - Санкт-Петербург: Андреев и сыновья, 1994.
45. Практический интеллект / Р.Д. Стернберг, Д.Б. Форсайт Д. Хедланд и др. СПб.: Питер. -2002.
46. Психологическая диагностика. Учебное пособие / Под ред. К.М. Гуревича и Е.М. Борисовой. М.: Изд во. УРАО. - 1997.
47. Психология здоровья: Учебник для вузов / Под ред. Г С. Никифорова. — СПб.: Питер. - 2006.
48. Разумникова О.М. Отражение структуры интеллекта в пространственно-временных особенностях фоновой ЭЭГ / О.М. Разумникова // Физиология человека. - 2002.-Т.28.- №2.-С. 31-41.
49. Разумникова О.М. Способы определения креативности. Новосибирск: Изд-во НГТУ. - 2002. 35 с
50. Разумникова О.М. Мышление и функциональная асимметрия мозга / О.М. Разумникова - Новосибирск: Изд-во СО РАМН. - 2004.- 275 с.

51. Разумникова О.М. Отражение личностных свойств в функциональной активности мозга / О.М. Разумникова - Новосибирск: Наука. - 2005.- 135 с.
52. Разумникова О.М. Опросник Р. Клонингер для определения темперамента и характера // Сибирский психологический журнал. - 2005. - №22.-С.150-152
53. Разумникова О.М. Особенности селекции информации при креативном мышлении / О.М. Разумникова // Психология. Журнал Высшей школы экономики. -2009. -Т. 6.- № 3. - С. 134–161.
54. Разумникова О.М. Связь частотно-пространственных параметров фоновой ЭЭГ с уровнем интеллекта и креативности / О.М. Разумникова // Журн. высш. нерв. деят. -2009.- Т.59.- № 6.-С. 686–695.
- 55.Разумникова О.М. Дифференциальная психофизиология / О.М. Разумникова. Новосибирск. Изд-во НГТУ, 2014.- 164 с.
56. Разумникова О.М. Закономерности старения мозга и способы активации его компенсаторных ресурсов / О.М. Разумникова // Успехи физиол. наук.- 2015.- 46 .- № 2.-С. 3–16.
57. Разумникова О.М. Связь интеллекта и личностных черт с креативностью студентов математиков и гуманитариев / О.М. Разумникова // Психологический ж. 2016. -Т. 37. -№ 1.-С. 69-78.
58. Разумникова О.М. Возрастные особенности соотношения тормозных функций исполнительной системы внимания и зрительно-образной памяти / О.М. Разумникова // Экспериментальная психология. - 2019. -Т. 12. -№ 2. -С. 61—74.
59. Разумникова, О. М. Особенности структуры образной креативности у школьников младшего и старшего возраста / О. М. Разумникова // Комплексные исследования детства. - 2019.- Т. 1.- № 2.- С. 88–97.
60. Разумникова О. М., Николаева Е. И. Тормозные функции мозга и возрастные особенности организации когнитивной деятельности / О. М. Разумникова, Е. И. Николаева // Успехи физиологических наук. - 2019.- Т. 50.- № 1.- С. 75–89

61. Разумникова О.М. Соотношение креативности, эмоционального и общего интеллекта с академической успеваемостью студентов / О. М. Разумникова, Ю. А. Мезенцев. // Вопросы психологии. -2020. -№2. -С. 119-128.
62. Разумникова О.М., Николаева Е.И. Возрастные особенности тормозного контроля в модели проактивной интерференции /О. М. Разумникова // Вопросы психологии. - 2019.- №2.-С.124-132
63. Разумникова О.М., Николаева Е.И. Тормозные функции мозга и возрастные особенности организации когнитивной деятельности / О. М. Разумникова, Е. И. Николаева // Успехи физиол. наук. - 2019.- Т.50.- №1.- С. 75–89. Разумникова О.М., Николаева Е.И. Онтогенез тормозного контроля когнитивных функций и поведения. / О. М. Разумникова, Е.И. Николаева. Новосибирск: Изд-во НГТУ. 2021. -158 с.
64. Разумникова О.М., Прохорова Л.В. Правила успешного старения. Учебно-методическое пособие / О. М. Разумникова // Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016.
65. Разумникова О.М., Савиных М.А. Программный комплекс для определения характеристик зрительно-пространственной памяти / О. М. Разумникова, М.А. Савиных. А.С. 2016617675. 2016.
66. Разумникова О.М. Взаимодействие личностных и когнитивных свойств при экспериментальном определении креативности / О. М. Разумникова, О.С. Шемелина // Вопр. психологии. 1999. - №5.- С.130–139.
67. Ратанова Т.А. Время реакции в системе изучения природы интеллекта и специальных способностей / Т.А. Ратанова // Экспериментальная психология. -2011. -№3. -С. 86–96.
68. Селиванов В.В. Особенности использования технологий виртуальной реальности при коррекции и лечении депрессии в клинической психологии / В.В. Селиванов, Л. Майтнер, Ю.А. Грибер // Клиническая и специальная психология. - 2021. -Т. 10. -№ 3. -С. 231–255.

69. Сергеевко Е.А. Контроль поведения как основа саморегуляции / Е.А. Сергеевко // Южно-российский ж. социальных наук. - 2018. -Т.19.- №4.- С. 130-146
70. Симонов П.В. Эмоциональный мозг: физиология. Нейроанатомия. Психология эмоций / П.В. Симонов. – Москва: Наука. - 1981. – 214 с
71. Созинов А.А. Эффект интерференции в изучении психологических структур / А.А. Созинов, А.К. Крылов, Ю.И. Александров // Экспериментальная психология. - 2013. -Т. 6. -№ 1. -С. 5–47.
72. Социальный интеллект: теория, измерение, исследования / Под ред Д.В. Люсина, Д.В. Ушакова. М.: Изд-во «Институт психологии РАН». 2004.
73. Стрижицкая О.Ю. Когнитивный резерв как психологический и психофизиологический ресурс в период старения /О.Ю. Стрижицкая // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. -2016. -№ 2. - С. 79–87.
74. Стрижицкая О.Ю. Геротрансцендентность: психологическое содержание и теоретические модели / О.Ю. Стрижицкая // Вестник Санкт-Петербургского университета. Психология. -2017. -Т. 7. -№ 3. -С. 268–280.
75. Стрижицкая О.Ю., Конструирование продуктивной старости: биологические, психологические и средовые факторы / О.Ю. Стрижицкая, М.Д. Петраш // Консультативная психология и психотерапия. -2022.- Т.- 30.- № 1.- С. 8–28.
76. Сугоняев К.В. Эффект Флинна в России / К.В. Сугоняев, А.А. Григорьев // Экспериментальная психология. - 2019. -12.- 4.- С. 50-61.
77. Тихомиров О.К. / О.К. Тихомиров Психология мышления. 2008. М. Издательский центр «Академия». 288 с.
78. Фарбер Д. А. Особенности функционального состояния мозга подростков и возможность его произвольной регуляции /Д. А. Фарбер, А. С. Горев // Новые исследования. - 2017.- Т.53. -№ 4. - С. 5–14.

79. Хромова С. К. Развитие устной речи у детей 7-8 лет и его взаимосвязь с показателями интеллектуального развития / С. К. Хромова, Е. С. Логинова // Новые исследования. - 2013.-Т. 37.- № 4.- С. 89–101.
80. Чуприкова Н.И. Время реакции и интеллект: почему они связаны /Н.И. Чуприкова // Вопросы психологии. -1995. -№ 4. - С. 65–114.
81. Шемякина Н.В., Данько С.Г. Изменения мощности и когерентности бета2 диапазона ЭЭГ при выполнении творческих заданий с использованием эмоционально-значимых и эмоционально нейтральных слов / Н.В. Шемякина, С.Г. Данько // Физиология Человека. – 2007. – Т. 33.- №.1. - С. 20-27.
82. Юнг К.Г. 1996 Психологические типы: пер. с нем. / К. Г. Юнг. — Москва: АСТ, 1996. — 715 с
83. Ясюкова Л.А. Тест структуры интеллекта Р. Амтхауэра (IST). Методическое руководство / Л.А. Ясюкова - СПб: ГП «ИМАТОН». 2002. - 80 с.
84. Aberg K.C. The "Creative Right Brain" revisited: Individual creativity and associative priming in the right Hemisphere relate to hemispheric asymmetries in reward brain function / K.C. Aberg, K.C. Doell, S. Schwartz // Cereb Cortex. -2017.- V.27. - No.10. - P. 4946-4959.
85. Abich J. A review of the evidence for training effectiveness with virtual reality technology / J. Abich, J. Parker, J.S. Murphy, M. Eudy // Virtual Real.- 2021.- V.25. - P.919–933.
86. Ackerman P. L. Intelligence, personality, and interests: Evidence for overlapping traits / P. L. Ackerman, E. D. Heggestad // Psychological Bulletin.- 1997.- V.121.- No.2.- P. 219–245.
87. Acosta L.M. Unilateral perseveration / L.M. Acosta, I.J. Goodman, K.M. Heilman // Cogn. Behav. Neurol. -2013. -V.- 26. -№ 4. -P.181-188.
88. Addis D.R. Divergent thinking and constructing episodic simulations / D.R. Addis, L. Pan, R. Musicaro, D.L. Schacter // Memory. -2016.- V.24.-No.1.- P. 89-97. doi:10.1080/09658211.2014.985591.

89. Adnan A. Creative aging: functional brain networks associated with divergent thinking in older and younger adults / A. Adnan, R. Beaty, P. Silvia, R.N. Spreng, G.R. Turner // *Neurobiol Aging*. -2019.-V.75.-P.150-158.
90. Adolphs R. The social brain: neural basis of social knowledge / R. Adolphs // *Annu. Rev. Psychol.*-2009.- V. 60.- P.693-716.
91. Ahmad F. The prediction of students' academic performance using classification data mining techniques / F. Ahmad, N. Ismail, A. Aziz // *Applied Mathematical Sciences*. -2015. -V. 9. - No.129. - P.6415 – 6426.
92. Ahmed H. Evaluating the effects of episodic and semantic memory induction procedures on divergent thinking in younger and older adults / H. Ahmed, K. Pauly-Takacs, A. Abraham // *PLoS One*. -2023.- V.18.- No.6.- Ar. e0286305. doi: 10.1371/journal.pone.0286305
93. Aichele S. Fluid intelligence predicts change in depressive symptoms in later life: The Lothian Birth Cohort 1936 / S. Aichele, P. Ghisletta, J. Corley, et al. // *Psychol Sci*. 2018.- No.12.- P.1984-1995.
94. Alcock I. Longitudinal effects on mental health of moving to greener and less green urban areas / I. Alcock, M. P. White, B. W. Wheeler, et al. // *Environ. Sci. Technol.* -2014.- V.48.- No. 2.- P.1247–1255
95. Alekseichuk I. Spatial working memory in humans depends on theta and high gamma synchronization in the prefrontal cortex / I. Alekseichuk, Z. Turi, G.A. de Lara // *Curr. Biol.*- 2016.- V.26.-P.1–9.
96. Alfonso-Benlliure V. Divergent thinking in older adults: Understanding its role in well-being / V. Alfonso-Benlliure, T. Mayordomo, A. Sales, J. Carlos // *Journal of Happiness Studies*, Springer. - 2021- V. 22.- No.7.- P. 3285-3298.
97. Al-Halabí S. A cross-cultural comparison between Spain and the USA: Temperament and character distribution by sex and age / S. Al-Halabí, R. Herrero, P. A. Sáiz, et al. // *Psychiatry Research*. -2011. -V.186.- No. 2-3.- P.397–401.

98. Allen N. B. The social risk hypothesis of depressed mood: Evolutionary, psychosocial, and neurobiological perspectives / N. B. Allen, P. B. T. Badcock // *Psychological Bulletin*. - 2003.-V.129.- No.6.-P. 887–913.
99. Alloway T. P. The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children / T. P. Alloway, M. C. Passolunghi // *Learning and Individual Differences*. - 2011. - V. - 21.- No. 1. -P. 133–137.
100. Alvarez J.A., Emory E. Executive function and the frontal lobes: A meta-analytic review / J.A. Alvarez, E. Emory // *Neuropsychology Review*. - 2006.- V.16.- No.1.- P. 17-42.
101. Alwin D. F. Aging, cohorts, and verbal Ability / D. F. Alwin, R. J. McCammon // *The Journals of Gerontology: Series B*, 2001.-V. 56.- No. 3.- P. S151–S161.
102. Anderson J. R. How can the human mind exist in the physical universe? / J. R. Anderson - New York, NY: Oxford University Press. 2007.
103. Anderson J. R. An integrated theory of the mind / J. R. Anderson, D. Bothell, M. D. Byrne, et al. // *Psychological Review*. -2004. -V.111. -No.4.-P.1036–1060.
104. Anderson J. R. Learning to program in LISP / J. R. Anderson, R. Farrell, R. Sauers // *Cognitive Science*. - 1984. - V.8. - P. 87–129.
105. Anderson J. R. The Atomic Components of Thought / J. R. Anderson, C. Lebiere Mahwah, NJ: Erlbaum. 1998.
106. Anderson J. R. The fan effect: New results and new theories / J. R. Anderson, L. M. Reder // *Journal of Experimental Psychology: General*. -1999. -V.128. - P.186–197.
107. Anderson M.C. Rethinking interference theory: executive control and the mechanisms of forgetting / M.C. Anderson // *J. Mem. Lang.*- 2003. -V.49. - P.415–445.
108. Anderson M. C. On the relationship between interference and inhibition in cognition / M. C. Anderson, B. J. Levy - In A. S. Benjamin (Ed.), *Successful*

- remembering and successful forgetting: A festschrift in honor of Robert A. Bjork). Psychology Press. 2011.- P. 107–132
109. Anderson M.C. Intentional suppression of unwanted memories grows more difficult as we age / M.C. Anderson, J. Reinholz B. Kuhl U. Mayr // Psychology and Aging. - 2011. -V.26. - P. 397-405.
110. Andersen N.E. Eye tracking, strategies, and sex differences in virtual navigation / N. E. Andersen, L. Dahmani, K. Konishi, V.D. Bohbot // Neurobiology of Learning and Memory. 2012.- V. 97.- P. 81–89.
111. Andrews-Hanna J.R. Cognitive control in adolescence: Neural underpinnings and relation to self-report behaviors / J.R. Andrews-Hanna, K.L. Mackiewicz Seghete, et al. // PLOS ONE. -2011. -V.6. -№6. – Ar. e21598. doi: 10.1371/journal.pone.0021598
112. Anguera J.A. Video game training enhances cognitive control in older adults / J.A. Anguera, J. Boccanfuso, J.L. Rintoul, et al. // Nature. -2013.- V.501.- No. 7465.- P. 97-101.
113. Annett M. A classification of hand preference by association analysis / M. Annett // Br J Psychol. -1970.- V.61.- No. 3.- P. 303-321.
114. Anthony M. Systematic review for functional neuroimaging studies of cognitive reserve across the cognitive aging spectrum / M. Anthony, F. A. Lin // Arch Clin Neuropsychol. - 2018. - V.33. - №8. - P. 937–948.
115. Anwar M.N. A comparison of creative thinking abilities of high and low achievers secondary school students / M.N. Anwar, S. Shamim-ur-Rasool, R. Haq // International Interdisciplinary Journal of Education. -2012. -№1.- P. 23–28.
116. Appel L. Older adults with cognitive and/or physical impairments can benefit from immersive virtual reality experiences: A feasibility study / L. Appel, E. Appel, O. Bogler, M. Wiseman, L. Cohen, N. Ein. H.B. Abrams, J.L. Campos // Front. Med. -2020.- No. 6. – Ar.329. doi: 10.3389/fmed.2019.00329

117. Archambeau K. Proactive interference in aging: A model-based study / K. Archambeau, B. Forstmann, L. Van Maanen, W. Gevers // *Psycho Bull Rev.* – 2020.- V. 27.- P. 130–138.
118. Arokiaraj A. S. The impact of a computerized cognitive training on healthy older adults: A systematic review focused on processing speed and attention / A. S. Arokiaraj, R. Khairudin, W. S. W. Sulaiman // *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences.* - 2020. - V.- 10.- No.11.- P.645-685.
119. Aslan A. Individual differences in working memory capacity predict retrieval-induced forgetting / A. Aslan, K.-H.T. Bauml // *J Experimental Psychology Learning, Memory, and Cognition.* - 2011. - V.37. - No.1. - P. 264–269.
120. Assem M. Activity in the fronto-parietal multiple-demand network is robustly associated with individual differences in working memory and fluid intelligence / M. Assem, I.A. Blank, Z. Mineroff, et al. // *Cortex.* – 2020. - V.131.- P.1-16.
121. Au J. Improving fluid intelligence with training on working memory: a meta-analysis / J. Au, E. Sheehan, N Tsai, et al. // *Psychon Bull Rev.* – 2015.- V.22.- No.2.- P. 366-377.
122. Aziz-Zadeh L. Exploring the neural correlates of visual creativity / L. Aziz-Zadeh, S.L. Liew, F. Dandekar // *Soc Cogn Affect Neurosci.* -2013. – V.8.- No.4- P. 475-480.
123. Baas M. A meta-analysis of 25 years of mood-creativity research: Hedonic tone, activation, or regulatory focus? / M. Baas, C. K. W. De Dreu, B. A. Nijstad // *Psychological Bulletin.* - 2008.- V.134.- No.6.- P.779–806.
124. Baer J. Bridging generality and specificity: The amusement park theoretical (APT) model of creativity / J. Baer, J. C. Kaufman // *Roeper Review.* - 2005.- V. 27, No.-3.- P.158–163.
125. Ball K. Advanced Cognitive Training for Independent and Vital Elderly Study Group. Effects of cognitive training interventions with older adults: a randomized controlled trial / K Ball, D.B. Berch, K.F. Helmers, et al. // *JAMA.* 2002.- V.288.-No.18. - P. 2271-2281.

126. Baltes B. B. Flexible and compressed workweek schedules: A meta-analysis of their effects on work-related criteria / B. B. Baltes, T. E. Briggs, J. W. Huff, J. A. Wright, G. A. Neuman // *Journal of Applied Psychology*. - 1999.-V.84-No.4.- P. 496–513.
127. Baltes P.B. Further testing of limits of cognitive plasticity: Negative age differences in a mnemonic skill are robust / P.B. Baltes, R. Kliegl // *Developmental Psychol.* -1992.- V.28.-P. 123-133.
128. Banich M.T. The missing link: the role of interhemispheric interaction in attentional processing / M.T. Banich // *Brain Cogn.* – 1998.- V.36.- No.2.- P.128-157.
129. Barber K. C. Positive emotional reactivity to pleasant social and nonsocial stimuli in social anxiety disorder / K. C. Barber, D. A. Moscovitch // *Emotion*.- 2023.-V.23.- No.5.- P.1306–1316.
130. Bari A. Inhibition and impulsivity: behavioral and neural basis of response control / A. Bari, T.W. Robbins // *Prog. Neurobiol.* - 2013.- V.108.- P.44–79.
131. Barchard K.A. “Does emotional intelligence assist in the prediction of academic success?” / K.A. Barchard // *Educational and Psychological Measurement*. 2003. - V. 63.- No.5.-P.840-858.
132. Bar-On R. The Bar-On Model of Emotional-Social Intelligence (ESI) / R. Bar-On // *Psicothema*. - 2006. - V.18. - P. 13-25.
133. Bar-On R. The impact of emotional intelligence on health and wellbeing / R. Bar-On. *Emotional Intelligence - New Perspectives and Applications*. 2012. <https://doi.org/10.5772/32468>
134. Barreda-Ángeles M. Exploring the effects of 3D visual discomfort on viewers' emotions / M. Barreda-Ángeles, R. Pépion, E. Bosc, P. Le Callet, A. Pereda-Baños // *IEEE international conference on image processing (ICIP)*.-2014.- P. 753-757
135. Barulli D. Efficiency, capacity, compensation, maintenance, plasticity: Emerging concepts in cognitive reserve / D. Barulli, Y. Stern // *Trends Cogn. Sci.* -2013.-V.17.- P. 502–509.

136. Basak C. Differential effects of cognitive training modules in healthy aging and mild cognitive impairment: A comprehensive meta-analysis of randomized controlled trials / C. Basak, S. Qin, M.A. O'Connell // *Psychol Aging*. - 2020. - V.35.-No.2.- P. 220-249.
137. Basten U. Where smart brains are different: a quantitative meta-analysis of functional and structural brain imaging studies on intelligence / U. Basten, K. Hilger, C.J. Fiebach // *Intelligence*. - 2015.- V.51.- P.10–27.
138. Batterham P. J. Fluid intelligence is independently associated with all-cause mortality over 17 years in an elderly community sample: An investigation of potential mechanisms / P. J. Batterham, H. Christensen, A. J. Mackinnon // *Intelligence*. - 2009.- V.37.- No.6. – P.551–560.
139. Batty G.D. IQ in early adulthood and mortality by middle age: cohort study of 1 million Swedish men / G.D. Batty, K.M. Wennerstad, G.D. Smith, et al. // *Epidemiology*. -2009.- V. 20. No.1.- P.100-109.
140. Bauer A.C.M. The potential of immersive virtual reality for cognitive training in elderly / A.C.M. Bauer, G. Andringa // *Gerontology*. -2020.- V. 66.- No. 6.- P.614-623.
141. Baughman F. Cognitive reserve and intelligence: Modulating the effects of damage in ageing dynamical systems / F. Baughman, D. N. Baughman, S. A. Mills // *J. Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. - 2012.- V.34.- No.34.- P.1314-1319.
142. Beaty R.E. Creativity and the default network: A functional connectivity analysis of the creative brain at rest / R.E. Beaty, M. Benedek, R.W. Wilkins, et al. // *Neuropsychologia*. – 2014.- V. 64.- P.92-98.
143. Beaty R. E. Brain networks of the imaginative mind: Dynamic functional connectivity of default and cognitive control networks relates to Openness to Experience / R. E. Beaty, Q. Chen, A. P. Christensen, J. Qiu, P. J. Silvia, D. L. Schacter // *Human Brain Mapping*.- 2018.-V.39.-P. 811-821.

144. Beaty R. E. Brain networks supporting scientific creative thinking / R. E. Beaty, R. A. Cortes, H. M. Merseal, M. M. Hardiman, A. E. Green // *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. - 2023. doi.org/10.1037/aca0000603
145. Beaty R.E. Personality and complex brain networks: The role of openness to experience in default network efficiency / R.E. Beaty, S.B. Kaufman, M. Benedek, et al. // *Hum Brain Mapp*. -2016.-V.37.- No.2.-P.773-779.
146. Beaty R. E. Network neuroscience of creative cognition: mapping cognitive mechanisms and individual differences in the creative brain / R. E. Beaty, P. Seli, D. L. Schacter // *Current Opinion in Behavioral Sciences*. - 2019.-V.27.- P. 22-30.
147. Bechtereva N.P. PET study of brain maintenance of verbal creative activity / N.P. Bechtereva, A.D. Korotkov, S.V. Pakhomov, et al. // *Int J Psychophysiol*. - 2004. - V.53.- No.1.- P.11-20.
148. Beigneux K. Aging effect on visual and spatial components of working memory / K. Beigneux, T. Plaie, M. Isingrini // *Int J Aging Hum Dev*. -2007. - V. 65. -No.4. -P. 301-314.
149. Benedek M. Internally directed attention in creative cognition / M. Benedek. In R. E. Jung & O. Vartanian (Eds.), *The Cambridge handbook of the neuroscience of creativity*: Cambridge University Press. 2018.- P. 180–194.
150. Benedek M. Creativity assessment in neuroscience research / M. Benedek, A. P. Christensen, A. Fink, R. E. Beaty // *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*. - 2019.- V.13.-No.2.- P.218–226.
151. Benedek M. Differential effects of cognitive inhibition and intelligence on creativity / M. Benedek, F. Franz, M. Heene, A.C. Neubauer // *Pers Individ Dif*. -2012.- №4. - P.480-485.
152. Benedek M. Intelligence, creativity, and cognitive control: The common and differential involvement of executive functions in intelligence and creativity / M. Benedek, E. Jauk, M. Sommer, M. Arendasy, A.C. Neubauer // *Intelligence*. -2014. -V.46. -P. 73-83.

153. Bennett I.J. Disconnected aging: cerebral white matter integrity and age-related differences in cognition / I.J. Bennett, D.J. Madden // *Neuroscience*. - 2014. - V.276.- P. 187-205.
154. Bennett P.J. The effects of aging on visual memory: evidence for functional reorganization of cortical networks / P.J. Bennett, A.B. Sekuler, A.R. McIntosh, V. Della-Maggiore // *Acta Psychol (Amst)*. 2001.- V.107.- No. 1-3.- P.249-273.
155. Bergold S. Personality and intelligence interact in the prediction of academic achievement / S. Bergold, R. Steinmayr // *J. Intell.* -2018. -V. 6. - No. 27. doi:10.3390/jintelligence6020027
156. Barton J. What is the best dose of nature and green exercise for improving mental health? A multi-study analysis / J. Barton, J. Pretty // *Environ Sci Technol.* -2010.- V.15.-No.44(10). - P.3947-3955.
157. Berman M.G. The cognitive benefits of interacting with nature / M.G. Berman, J. Jonides, S. Kaplan // *Psychol Sci.* – 2008.- V.19.- No.12.- P.1207-1212.
158. Best J. R. A developmental perspective on executive function / J. R. Best, P.H. Miller // *Child Dev.* -2010. -V.81. -P.1641–1660.
159. Bielak A. A. Intraindividual variability is related to cognitive change in older adults: evidence for within-person coupling / A.A. Bielak A.A., Hultsch D.F., Strauss E., MacDonald S.W., Hunter M.A. // *Psychol. Aging.* -2010. – V.25.- No.3.- P.575-586.
160. Bishop M.C. Pattern recognition and machine learning / M.C. Bishop New York: Springer. 2006. - 738 p.
161. Bissig, D., & Lustig, C. Who benefits from memory training? / D. Bissig, C. Lustig // *Psychological Science.* - 2007.-V.18.- No. 8.- P.720–726.
- Bissonette G.B. Neurophysiology of rule switching in the corticostriatal circuit / G.B. Bissonette, M.R. Roesch // *Neuroscience.* - 2017.- No.345.- P. 64-76.
162. Blanchard-Fields F. Flexible and adaptive socio-emotional problem solving in adult development and aging / F. Blanchard-Fields // *Restorative Neurology and Neuroscience.* - 2009. – V.27.-No.5.- P.539–550.

163. Boelens E. Are emotion regulation strategies associated with visual attentional breadth for emotional information in youth? / E. Boelens, M.L. Van Beveren, R. De Raedt, S. Verbeken, C. Braet // *Front Psychol.* 2021.- V.12.- Ar.637436. doi: 10.3389/fpsyg.2021.637436
164. Boldrini M. Human hippocampal neurogenesis persists throughout aging / M. Boldrini, C.A. Fulmore, A.N. Tartt et al. // *Cell Stem Cell.* 2018. -V. 5.- No.22(4). -P. 589-599.
165. Boot N. Widespread neural oscillations in the delta band dissociate rule convergence from rule divergence during creative idea generation/ N. Boot, M. Baas, E. Mühlfeld, C.K.W. de Dreu, S. van Gaal // *Neuropsychologia.* - 2017.- V.104.- P. 8-17.
166. Bolger M.A. The stability of self-control across childhood / M.A. Bolger, J.P. Wright // *Pers. Individ. Differences.* - 2014. - V. 69. - P. 144–149.
167. Bonnechère B. Brain training using cognitive apps can improve cognitive performance and processing speed in older adults / B. Bonnechère, M. Klass, C. Langley, B.J. Sahakian // *Sci Rep.* -2021. -V.11.-No.1.-Ar. 12313. doi: 10.1038/s41598-021-91867-z.
168. Bonnechère B. The use of commercial computerised cognitive games in older adults: a meta-analysis / B. Bonnechère, C. Langley, B.J. Sahakian // *Sci Rep.* -2020. -V. 10. -№ 1. -P. 15276. doi: 10.1038/s41598-020-72281-3
169. Bonsang E. Behavioral regularities in old age planning / E. Bossing, J. Costa-Font // *Journal of Economic Behavior and Organization.* - 2020. – V.173.-P. 297-300.
170. Borella E. Benefits of training visuospatial working memory in young-old and old-old / E. Borella, B. Carretti, A. Cantarella, et al. // *Dev. Psychol.* 2014. - V. 50. - P. 714–727.
171. Borgers C. Gamma oscillations mediate stimulus competition and attentional selection in a cortical network model / C. Borgers, S. Epstein, N.J. Kopell // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2008.- V.105.- P.18023–18028,

172. Borghesani P.R. The association between higher order abilities, processing speed, and age are variably mediated by white matter integrity during typical aging / P.R. Borghesani, T.M. Madhyastha, E.H. Aylward, et al. // *Neuropsychologia*. -2013.- V.51.-No.8. -P.1435-1444.
173. Borgnis F. Available virtual reality-based tools for executive functions: A systematic review / F. Borgnis, F. Baglio, E. Pedrolì et al. // *Front Psychol.* - 2022.- V.13. Ar.833136. doi: 10.3389/fpsyg.2022.833136.
174. Borst J. P. A step-by-step tutorial on using the cognitive architecture ACT-R in combination with fMRI data / J. P. Borst, J. R. Anderson // *Journal of Mathematical Psychology*. - 2017.- V.76(Part B).-P.94–103.
175. Borst J. P. Using data-driven model-brain mappings to constrain formal models of cognition / J. P. Borst, M. Nijboer, N.A. Taatgen, H. van Rijn, J.R. Anderson // *PLoS One*. -2015. -V.10. - No.3. -Ar. e0119673. doi: 10.1371/journal.pone.0119673.
176. Bower I. Impact of built environment design on emotion measured via neurophysiological correlates and subjective indicators: A systematic review / I. Bower, R. Tucker, P.G. Enticott // *Journal of Environmental Psychology*. - 2019.- V.66.- Ar. 101344
177. Bourguignon N.J. Encoding of novel verbal instructions for prospective action in the lateral prefrontal cortex: evidence from univariate and multivariate functional magnetic resonance imaging analysis / N.J. Bourguignon, S. Braem, E. Hartstra, J. De Houwer, M. Brass // *J. Cogn. Neurosci.* -2018. -V.30. -P. 1170–1184.
178. Boccia M. Where do bright ideas occur in our brain? Meta-analytic evidence from neuroimaging studies of domain-specific creativity / M. Boccia, L. Piccardi, L. Palermo, R. Nori, M. Palmiero // *Front Psychol.* 2015.- V.6.- Ar.1195. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01195
179. Brass M. Following new task instructions: Evidence for a dissociation between knowing and doing / M. Brass, B. Liefvooghe, S. Braem, J. De Houwer // *Neurosci. Biobehav. Rev.* - 2017. - V.81. - P. 16–28.

180. Bråthen A.C.S. Multimodal cortical and hippocampal prediction of episodic-memory plasticity in young and older adults / A.C.S. Bråthen, A-MG. de Lange D.A. Rohani, M.H. et al. // *Hum Brain Mapp.* - 2018. -V.39. - No.11. P.4480–4492.
181. Bratsberg, B. Flynn effect and its reversal are both environmentally caused / B. Bratsberg, O. Rogeberg // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* - 2018.-V.115. – No.26. - P. 6674–6678.
182. Brave T.S. The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework / T.S. Brave // *Trends Cogn. Sci.* -2012.- V.16. - P.106–113.
183. Braver T.S. Context processing in older adults: evidence for a theory relating cognitive control to neurobiology in healthy aging / T.S. Braver, D.M. Barch, B.A. Keys, et al. // *J Exp Psychol Gen.* -2001.- V.130.- No.4.- P.746-63.
184. Brehmer Y. Working-memory training in younger and older adults: training gains, transfer, and maintenance / Y. Brehmer, H. Westerberg, L. Bäckman // *Front Hum Neurosci.* -2012.- V.6.- Ar.63. doi: 10.3389/fnhum.2012.00063.
185. Breslau N. Intelligence and other predisposing factors in exposure to trauma and posttraumatic stress disorder: a follow-up study at age 17 years / N. Breslau, V.C. Lucia, G.F. Alvarado // *Arch Gen Psychiatry.* - 2006.- V.63. - No.11.- P.1238-1245.
186. Briley P.M. Development of human electrophysiological brain networks / P.M. Briley, E.B. Liddle, M.J Groom et al. // *J Neurophysiol.* – 2018.- V.120.- No.6.- P. 3122-3130. doi: 10.1152/jn.00293.2018
187. Briley D. A. Genetic and environmental continuity in personality development: A meta-analysis / D. A. Briley, E. M. Tucker-Drob // *Psychological Bulletin.* - 2014.-V.140.- No.5.-1303–1331.
188. Brockmole J.R. Age-related change in visual working memory: a study of 55,753 participants aged 8-75 / J.R. Brockmole, R.H. Logie // *Front Psychol.* 2013 .- V.4.- Ar. 12. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00012.
189. Brooks C.J. Audiovisual temporal perception in aging: The role of multisensory integration and age-related sensory loss / C.J. Brooks, Y.M. Chan,

- A.J. Anderson, A.M. McKendrick // *Front. Hum. Neurosci.*, 2018.- V.12. - Ar.192,
190. Brooks S. J. The role of working memory for cognitive control in anorexia nervosa versus substance use disorder / S. J. Brooks, S. G. Funk, S. Y. Young, H. B. Schiöth // *Frontiers in Psychology*. -2017.-V.8.-Ar.1651. Doi:10.3389/fpsyg.2017.01651
191. Brooks S.J. Review of the neural processes of working memory training: Controlling the impulse to throw the baby out with the bathwater /S.J. Brooks, R. Mackenzie-Phelan,J.Tully, H.B. Schiöth // *Front. Psychiatry*. - 2020.-V.11.- Ar.512761. doi: 10.3389/fpsyt.2020.512761
192. Brosnan M. Evidence accumulation rate moderates the relationship between enriched environment exposure and age-related response speed declines / M. Brosnan, D.J. Pearce, M.H. O'Neill, et al. // *J Neurosci*. -2023.- V.43.- No.37.- P.6401-6414.
193. Brugada-Ramentol V. Enhance VR: A multisensory approach to cognitive training and monitoring / V. Brugada-Ramentol, A. Bozorgzadeh, H. Jalali // *Front. Digit. Health*. -2022.- V.4.- Ar.916052. doi: 10.3389/fdgth.2022.916052
194. Bullock W. A. Eysenck's arousal theory of introversion- extraversion: A converging measures investigation / W. A. Bullock, K. Gilliland // *Journal of Personality and Social Psychology*. - 1993.-V.64.-No. 1.- P.113–123.
195. Buitenweg J.I.V. Cognitive flexibility training: A large-scale multimodal adaptive active-control intervention study in healthy older adults / J.I.V. Buitenweg, R.M S. van de Ven Prinssen, J.M.J. Murre, K.R. Ridderinkhof // *Front Hum Neurosci*. -2017.- V.11.- Ar.529. doi: 10.3389/fnhum.2017.00529.
196. Bullmore E. Complex brain networks: graph theoretical analysis of structural and functional systems / E. Bullmore, O. Sporns // *Nat Rev Neurosci*. -2009. - V.10. -No.3. -P.186-198. doi: 10.1038/nrn2575.
197. Burbaud P. A functional magnetic resonance imaging study of mental subtraction in human subjects / P. Burbaud, O. Camus, D. Guehl, et al. // *Neurosci Lett*. -1999.- V.273.- No.3.- P.195-199.

198. Burgaleta M. Subcortical regional morphology correlates with fluid and spatial intelligence / M. Burgaleta, P.A. MacDonald, K Martínez // *Hum Brain Mapp.* -2014.- V.35. -No.5.- P.1957-1968.
199. Burke S. Neural plasticity in the ageing brain / S. Burke, C. Barnes // *Nat Rev Neurosci.* -2006.- № 7. -P. 30-40.
200. Burke D. M. Language and aging / D. M. Burke, M. A. Shafto. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *The handbook of aging and cognition* Psychology Press. - 2008. -P. 373–443.
201. Cacioppo J. T. Could an aging brain contribute to subjective well-being? The value added by a social neuroscience perspective / J. T. Cacioppo, G. G. Berntson, A. Bechara. In A. Todorov, S.Fiske, D. Prentice (Eds.), *Social Neuroscience: Toward Understanding the Underpinnings of the Social Mind*. pp. New York: Oxford University Press. 2011.-P. 249-262.
202. Cahn-Weiner D.A. Cognitive and neuroimaging predictors of instrumental activities of daily living / D.A. Cahn-Weiner, S.T. Farias, L. Julian, et al. // *J Int Neuropsychol Soc.* - 2007.-V.13.-No.5.-P.747-757.
203. Canolty R.T. The functional role of cross-frequency coupling / R.T. Canolty, R.T. Knight // *Trends Cogn Sci.*-2010.-V.14.-No.11.- P. 506-515.
204. Capaldi C. A. Flourishing in nature: A review of the benefits of connecting with nature and its application as a wellbeing intervention / C. A. Capaldi, H.-A. Passmore, E. K. Nisbet, et al. // *Intern J Wellbeing.* – 2015.-V.5.- No.4.-Ar. 1.
205. Capao K.A. Predicting academic performance with intelligence, study habits and motivation factors using naïve bayes algorithm / K.A. Capao, A.D. Cantara, A.M. Ceniza, et al. // *International J. Engineering Research & Technology (IJERT)*. 2016. -V.5.- No.3.-P.182-185.
206. Caprara M. Self-efficacy beliefs in managing positive emotions: Associations with positive affect, negative affect, and life satisfaction across gender and ages / M. Caprara, M. Gerbino, M.E. Mebane, I.M. Ramirez-Uclés // *Front Hum Neurosci.* - 2022.- V.16.-Ar. 927648. doi: 10.3389/fnhum.2022.927648.

207. Carstensen L. L. Taking time seriously: A theory of socioemotional selectivity / L. L. Carstensen, D. M. Isaacowitz, S. T. Charles // *American Psychologist*. - 1999.-V.54.-No.3. - P. 165–181.
208. Cassavaugh N. D. Transfer of computer-based training to simulated driving in older adults / N. D. Cassavaugh, A. F. Kramer // *Applied Ergonomics*.- 2009.- V.40.- No.5.-P.943–952.
209. Cavanagh J. Frontal midline theta reflects anxiety and cognitive control: Meta-analytic evidence / J. Cavanagh, A.J. Shackman // *J. Physiol Paris*. 2015. -V.109.- P. 3–15.
210. Cespón J. Interventional programmes to improve cognition during healthy and pathological ageing: cortical modulations and evidence for brain plasticity / J. Cespón, C. Miniussi, M.C. Pellicciari // *Ageing Res Rev*.- 2018.-V.43.-P.81–98.
211. Chaku N. Developmental Trajectories of Executive Functioning and Puberty in Boys and Girls / N. Chaku, L.T. Hoyt // *J Youth Adolesc*. -2019.- V.48.- No. 7.-1365-1378.
212. Chamorro-Premuzic T. Intellectual competence and academic performance: Preliminary validation of a model / T. Chamorro-Premuzic, A. Arteche // *Intelligence*. 2008. -V.36. - No. 6. -P.564–573.
213. Chamorro-Premuzic T. Personality and intelligence: The relationship of Eysenck's Giant Three with verbal and numerical ability / T. Chamorro-Premuzic, A. Furnham, K. Petrides // *Journal of Individual Differences*.- 2006.- V.27.-No.3.-P.147–150.
214. Chamorro-Premuzic, T., & Furnham, A. Personality, intelligence and approaches to learning as predictors of academic performance / T. Chamorro-Premuzic, A. Furnham // *Personality and Individual Differences*.- 2008.-V.44.- P.1596-1603.
215. Chan L.P.P. A review of virtual reality technology in exercise training for older adults / L.P.P. Chan, Y. Cheng, J.Y.H. Ng // *J Endocrinol Thyroid Res*. - 2022.-V.6.-No.4.- Ar.555694. doi: 10.19080/JETR.2022.06.555694

216. Chan H.L. Challenges and future perspectives on electroencephalogram-based biometrics in person recognition / H.L. Chan, Kuo P.C., C. Y. Cheng, Y.S. Chen // *Front. Neuroinform.*- 2018.-V.12.-Ar.66.
217. Chapman S.B. Enhancing innovation and underlying neural mechanisms via cognitive training in healthy older adults / S.B. Chapman, J.S. Spence, S. Aslan, M.W. Keebler // *Front Aging Neurosci.* -2017.- V.9.-Ar. 314. doi: 10.3389/fnagi.2017.00314.
218. Charles S.T. Social and emotional aging / S.T. Charles, L.L. Carstensen // *Annu Rev Psychol.* 2010.-V.61.-P.383-409.
219. Charles S. T. Age differences in affective well-being: Context matters / S. T. Charles, J. R. Piazza // *Social and Personality Psychology Compass.*- 2009.-V.3. - No.5. - P.711–724.
220. Chein J. M. Working memory and insight in verbal problems: Analysis of compound remote associates / J. M. Chein, R. W. Weisberg // *Memory & Cognition.* - 2014.-V.42.-No.1.-P.67–83.
221. Chen H. The flexibility of cognitive reserve in regulating the frontoparietal control network and cognitive function in subjects with white matter hyperintensities / H. Chen, H. Zhu, L. Huang // *Behav Brain Res.*-2022.- V.425.- Ar.113831. doi: 10.1016/j.bbr.2022.113831
222. Chen Q. Decreased inter-hemispheric interactions but increased intra-hemispheric integration during typical aging / Q. Chen, Y. Xia, K. Zhuang // *Aging (Albany NY).* 2019.- V.11.-No. 22.-P.10100-10115.
223. Christiana R. W. A Scoping review of the health benefits of nature-based physical activity / R. W. Christiana, G. M. Besenyi, J. A. Gustat // *Journal of Healthy Eating and Active Living.* - 2021.-V.1.-No.3.-P.154–172.
224. Chiu H. L. The effect of cognitive-based training for the healthy older people: a meta-analysis of randomized controlled trials / H. L. Chiu, H. Chu, J. C. Tsai // *PLoS One.* -2017. -V. 12.- Ar. e0176742. doi: 10.1371/journal.pone.0176742

225. Ciarrochi J. Emotional intelligence moderates the relationship between stress and mental health / J. Ciarrochi, F. P. Dean, S. Anderson // *Personality and Individual Differences*. - 2002.- V.32.-No.2.-P.197–209.
226. Choleris E. Sex differences in the brain: Implications for behavioral and biomedical research / E. Choleris, L. Galea, F. Sohrabji, K. M. Frick // *Neuroscience and biobehavioral reviews*. - 2018.- V.85.- P.126–145.
227. Christakou A. Prefrontal cortical–ventral striatal interactions involved in affective modulation of attentional performance: Implications for corticostriatal circuit function / A. Christakou, T.W. Robbins, B.J. Everitt // *J Neurosci*. -2004.-V. 24. -No.4. -P.773-778.
228. Clapham M. M. The effects of affect manipulation and information exposure on divergent thinking / M. M. Clapham // *Creativity Research Journal*.- 2001.- V.13.-No.3–4.-P.335–350.
229. Clayton M. S. The roles of cortical oscillations in sustained attention /M.S. Clayton, N. Yeung, C.R. Kadosh // *Trends Cogn Sci*.- 2015. - V.19. - No.-4.- P.188-195.
230. Cloninger C. R. Completing the psychobiological architecture of human personality development: Temperament, character and coherence. In U. M. Staudinger, U. Lindenberger (Eds.), *Understanding human development: Dialogues with lifespan psychology*. Kluwer Academic Publishers. 2003.- 159–181.
231. Cohen S. Positive affect and health / S. Cohen, S. D. Pressman // *Current Directions in Psychological Science*. - 2006. -V.15.- No.3.- P. 122–125.
232. Colautti L. The role of cognition in divergent thinking: Implications for successful aging / L. Colautti, V.M. Borsa, G. Fusi // *Brain Sci*. -2023.- V.13.- No.10.-Ar.1489. doi: 10.3390/brainsci13101489

233. Collette F. Specificity of inhibitory deficits in normal aging and Alzheimer's disease / F. Collette, C. Schmidt, C. Scherrer // *Neurobiol Aging*. -2009.- V.30.- No.6. - P.875-889.
234. Colombo B. The relationships between cognitive reserve and creativity. A study on American aging population / B. Colombo, A. Antonietti, B. Daneau // *Front Psychol*. - 2018.- V.9.-Ar.764. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00764.
235. Colombo D. Biased affective forecasting: A potential mechanism that enhances resilience and well-being / D. Colombo, J. Fernández-Álvarez, C. Suso-Ribera // *Front Psychol*. -2020.- V.11.-Ar.1333. doi: 10.3389/fpsyg.2020.01333.
236. Conti G. Understanding the early origins of the education–health gradient: A framework that can also be applied to analyze gene–environment interactions / G. Conti, Heckman J. J. // *Perspectives on Psychological Science*. - 2010.-V.5.- No.5. P.585–605.
237. Corazon S.S. Psycho-physiological stress recovery in outdoor nature based interventions: a systematic Review of the past eight years of research / S.S. Corazon, U. Sidenius, D.V. Poulsen // *Int J Environ Res Public Health*. - 2019.- V.16.-No.10.-Ar.1711. doi.org/10.3390/ijerph16101711
238. Corbett A. The effect of an online cognitive training package in healthy older adults: an online randomized controlled trial / A. Corbett, A. Owen, A. Hampshire, et al. // *J. Am. Med. Dir. Assoc*. - 2015. -No. 16. -P. 990–997.
239. Corlier F.W. Principal component analysis suggests multiple dimensions of memory inhibition that are differentially affected by age / F.W. Corlier, T.S. Eich // *Frontiers in Psychology*. - 2023 - V.13. - Ar. 1020915. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.1020915
240. Cornblath E.J. Emotional imagery: assessing pleasure and arousal in the brain's reward circuitry / E.J. Cornblath, E. Tang, G.L. Baum et al. // *Hum Brain Mapp*. 2010.- V.31.-No. 9.-1446-1457.

241. Cowan N. Lifespan development of visual working memory: When is feature binding difficult? / N. Cowan, M. Naveh-Benjamin, A. Kilb, J.S. Saults // *Developmental Psychology*. -2006.- V. 42.-P.1089–1102.
242. Coyne M. A. The stability of self-control across childhood / M. A. Coyne, J. P. Wright // *Pers. Individ. Differences*. -2014. -V.69. -P. 144–149.
243. Coyne M.A. Sex differences in the stability of self-Regulation across childhood / M.A. Coyne, J.C. Vaske, D.L. Boisvert et al. // *J. Dev. Life Course Criminology*. -2015. -V.1.-No. 4. doi: 10.1007/s40865-015-0001-6.
244. Cragg L. When is working memory important for arithmetic? The impact of strategy and age / L. Cragg, S. Richardson, P.J. Hubber // *PLoS One*. - 2017.- V.12.-No.12.-e0188693. doi: 10.1371/journal.pone.0188693.
245. Craik F.I. Memory encoding and aging: a neurocognitive perspective / F.I. Craik, N.S. Rose // *Neurosci Biobehav Rev*. -2012. -V.36. -No. 7. -P.1729-1739.
246. Crowell C.A. Older adults benefit from more widespread brain network integration during working memory / C.A. Crowell, S.W. Davis, L Beynel, et al. // *Neuroimage*. - 2020. - V.218. - Ar.116959. doi: 10.1016/j.neuroimage.2020.116959.
247. Cumming E. and Henry W. *Growing Old: The Process of Disengagement*. Basic Books, New York: 1961
248. Czerwinski M. A diary study of task switching and interruptions / M. Czerwinski, E. Horvitz, S. Wilhite // *In Proceedings of the Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications*. - 2004. -P.175–182.
249. Davenport T. The potential for artificial intelligence in healthcare / T. Davenport, R. Kalakota // *Future Health J*. -2019.- V.6.-No.2.-P.94-98.
250. Davis, M. A. Understanding the relationship between mood and creativity: A meta-analysis // *Organizational Behavior and Human Decision Processes*.-2009.- V.108.-No.1.-P.25–38.

251. Darowski E.S. Age-related differences in cognition: the role of distraction control / E.S. Darowski, E. Helder, R.T. Zacks // *Neuropsychology*. 2008.- V.22.- No.5.-P.638-644.
252. Deary I.J. Intelligence / I.J. Deary // *Annu Rev Psychol*. -2012.-V.63.-P.453-482.
253. Deary I.J. Intelligence and education: Causal perceptions drive analytic processes and therefore conclusions / I.J. Deary, W. Johnson // *International J. Epidemiology*. - 2010. -V.39. -No.5.- P.1362-1369.
254. Deary I.J. Intelligence and educational achievement / I.J. Deary, S. Strand, P. Smith, C. Fernandez // *Intelligence*. - 2007. -V.35. -P.13–21.
255. De Dreu C.K. Working memory benefits creative insight, musical improvisation, and original ideation through maintained task-focused attention / C.K. De Dreu, B.A. Nijstad, M. Baas et al. // *Pers Soc Psychol Bull*. -2012.- V.38.-No.5.-P.656-669.
256. De Groot A. D., Gobet F. Perception and memory in chess: Heuristics of the professional eye. Assen: Van Gorcum. 1996.
257. Della Sala S. Pattern span: a tool for unwelding visuo-spatial memory / S. Della Sala, C. Gray, A. Baddeley et al. // *Neuropsychologia*. -1999. -V. 37.- No.10.-P.1189-1199.
258. Delorme A. EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis / A. Delorme, S. Makeig // *Journal of Neuroscience Methods*. – 2004 – V. 134. – No. 1. – P. 9-21
259. Dempster F. N. Interference and inhibition in cognition and behavior: Unifying themes for educational psychology / F. N. Dempster, A. J. Corkill // *Educational Psychology Review*. - 1999.- V.11.-No.1.-P. 1–88.
260. DeSteno D. Affective science and health: the importance of emotion and emotion regulation / D. DeSteno, J.J. Gross, L. Kubzansky // *Health Psychol*. - 2013.- V.32.-No. 5.-P.474-486.
261. de Vries I.E.J. Priority switches in visual working memory are supported by frontal delta and posterior alpha interactions / I.E.J. de Vries, J. van Driel,

- M. Karacaoglu, C.N.L. Olivers // *Cereb. Cortex.* - 2018.-V.28.-No.11.-P. 4090–4104.
262. Dehaene S. Arithmetic and the brain / S. Dehaene, N. Molko, L. Cohen, A.J. Wilson // *Curr Opin Neurobiol.* -2004.- V.14.-No.2.-P.218-224.
263. Della Sala S. Pattern span: a tool for unwelding visuo-spatial memory / S. Della Sala, C. Gray, A. Baddeley, et al. // *Neuropsychologia.* -1999.- V.37.-No.10.-P.1189-99.
264. Demanet J. There is more into ‘doing’ than ‘knowing’: the function of the right inferior frontal sulcus is specific for implementing versus memorising verbal instructions / Demanet J., Liefoghe B., Hartstra E., et al. // *Neuroimage* - 2016. -V.141. -P. 350–356.
265. Dempster F. N. Interference and inhibition in cognition and behavior: Unifying themes for educational psychology / F. N. Dempster, A. J. Corkill // *Educational Psychology Review.* - 1999.-V.11.-No.1.- P.1–88.
266. Depue B.E. A neuroanatomical model of prefrontal inhibitory modulation of memory retrieval / B.E. Depue // *Neurosci Biobehav Rev.* -2012.-V.3.-No. 6(5). - P.1382-1399.
267. De Vries A. W. Understanding motivations and player experiences of older adults in virtual reality training / A. W. De Vries, J. H. Van DieËen, V. Van Den Abeele, S. M. Verschueren // *Games for Health Journal.* -2018.-V.7.-No.6.-P.369–376.
268. Diamond A. Executive Functions / A. Diamond // *Annu. Rev. Psychol.* -2013. -V. 64. -P. 35–68.
269. Diamond B. Assessing the determinants and stability of self-control into adulthood / B. Diamond // *Criminal Justice and Behavior.* -2016. -V.43. -No.7. -P. 951–968.
270. Dickens W.T. Heritability estimates versus large environmental effects: The IQ paradox resolved / W.T. Dickens, J.R. Flynn // *Psychological Review.* - 2001- V.108.-P.346–369

271. Diener E. Subjective well-being: Three decades of progress / E. Diener, E. M. Suh, R. E. Lucas, Smith H. L. // *Psychological Bulletin*.- 1999.-V.125.-No.2.-P.276–302.
272. Dietrich A. The cognitive neuroscience of creativity / A. Dietrich // *Psychonom. Bull. Rev.* -2004. -V.6.-P.1011–1026.
273. Dimitriadis S.I. What does delta band tell us about cognitive processes: a mental calculation study / S.I. Dimitriadis, N.A. Laskaris, T.V.M. Vourkas, S. Micheloyannis // *Neuroscience Letters*. - 2010.-V.483.-P.11-15.
274. Dipoppa M. Flexible frequency control of cortical oscillations enables computations required for working memory / M. Dipoppa, B.S. Gutkin // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. - 2013. -V.110.-P.12828–12833.
275. Dolcos F. Hemispheric asymmetry and aging: right hemisphere decline or asymmetry reduction / F. Dolcos, H.J. Rice, R. Cabeza // *Neurosci. Biobehav. Rev.* -2002.- V.26.-No.7.-P.819–825.
276. Dores A. R. Amygdala activation in response to 2D and 3D emotion-inducing stimuli / A. R. Dores, F. Barbosa, L. Monteiro, et al. // *PsychNology Journal*.- 2014.-V.12.-No.1-2.-P.29 – 43.
277. Dozio N. Development of an affective database made of interactive virtual environments / N. Dozio, F. Marcolin, G.W. Scurati, et al. // *Scientific Reports*.- 2021.-Ar.11.
278. Duch W. Cognitive Architectures: Where do we go from here? / W. Duch, R. Oentaryo, M. Pasquier // *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications Conference: Artificial General Intelligence*. -2008. -V.171. -P. 122-136.
279. Duda B.M. Functional brain changes associated with cognitive training in healthy older adults: A preliminary ALE meta-analysis / B.M. Duda, L.H. Sweet // *Brain Imaging Behav.* 2020. - V.14 -№ 4. -P. 1247-1262.
280. Duncan J. Integrated intelligence from distributed brain activity / J. Duncan, M. Assem, S. Shashidhara // *Trends Cogn Sci.* -2020.- V.24.-No.10.-P. 838-852.
281. Dunst B. Neural efficiency as a function of task demands / B. Dunst, M. Benedek, E.B. Jauk et al. // *Intelligence*. 2014.- V.42.-No.100.-P.22-30.

282. Dutton, E. The negative Flynn Effect: A systematic literature review/ E. Dutton, D. van der Linden, R. Lynn // *Intelligence*. - 2016.-V.59.-P.163–169.
283. Eckert M.A. Slowing down: age-related neurobiological predictors of processing speed / M.A. Eckert // *Focused Rev.* 2011.- doi: 10.3389/fnins.2011.00025.
284. Ellamil M. Evaluative and generative modes of thought during the creative process / M. Ellamil, C. Dobson, M. Beeman, K. Christoff // *Neuroimage*. - 2012.- V.59.-No.2.-P.1783-1794.
285. Engelhardt L.E. The neural architecture of executive functions is established by middle childhood / L.E.K. Engelhardt, P. Harden, E.M. Tucker-Drob, J. A. Church // *Neuroimage*. -2019. -V.185. -P.479–489.
286. El-Sayes J. Exercise-induced neuroplasticity: A mechanistic model and prospects for promoting plasticity / J. El-Sayes, D. Harasym, C.V. Turco et al. // *The Neuroscientist*. -2018. -V. 25. -№ 1. -P. 65-85.
287. Engvig A. Effects of memory training on cortical thickness in the elderly/ A. Engvig, A.M. Fjell, L.T Westlye et al.// *Neuroimage*. -2010.- V.52.-No.4.-P.1667-1676.
288. Engvig A. Memory training impacts short-term changes in aging white matter: a longitudinal diffusion tensor imaging study/ A. Engvig, A.M. Fjell, L.T Westlye et al. // *Hum Brain Mapp*. -2012.- V.33.-No.10.-P.2390-2406.
289. Erikson J. Cancer centers, hospitals using gardens to help patients heal / J. Erikson // *Oncology Times*.- 2006.- V.28 -No.8 .- P.12-14.
290. Eriksson M. Differences between girls and boys in emerging language skills: Evidence from 10 language communities / M. Eriksson, P. B. Marschik, T. Tulviste, et al. // *British Journal of Developmental Psychology*.- 2012.- V. 30.-No. 2.-P. 326–343.
291. Erten-Lyons D. Neuropathologic basis of age-associated brain atrophy / D. Erten-Lyons, H.H. Dodge, R. Woltjer, et al. // *JAMA Neurol*. -2013.- V.70.-No.5.-P.616-622.

292. Estrada M. The relation between learning styles according to the whole brain model and emotional intelligence: A study of university students / M. Estrada, D. Monferrer, M.A. Moliner // *Estudios sobre Educación*. – 2019. - V.36. - P. 85 - 111
293. Evans J. S. B. T. Dual process theory: Perspectives and problems. In W. De Neys (Ed.). *Dual process theory 2.0* Routledge/Taylor & Francis Group. 2018. - P. 137–155.
294. Everaert T. Automatic motor activation by mere instruction / T. Everaert, M. Theeuwes, B. Liefoghe, J. De Houwer // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2014. -V.14. -P. 1300–1309.
295. Eysenck S.B. A revised version of the Psychoticism scale / S.B. Eysenck, H.J. Eysenck, P. Barrett // *Personality and Individual Differences*. -1985.-V.6.-P.21-29.
296. Falck R.S. Impact of exercise training on physical and cognitive function among older adults: a systematic review and meta-analysis / R.S. Falck, J.C. Davis, J.R. Best // *Neurobiol Aging*. - 2019.-V.79.-119-130.
297. Fales C.L. Altered emotional interference processing in affective and cognitive-control brain circuitry in major depression / C.L. Fales, D.M. Barch, M.M. Rundle, et al. // *Biol Psychiatry*. -2008.- V.63.- No.4.-P.377-384.
298. Fan J. Testing the efficiency and independence of attentional networks / J. Fan, B.D. McCandliss, T. Sommer, et al. // *J Cogn Neurosci*. 2002.-V.14.-No.3.- P.340-347.
299. Faraza S. Dorsolateral prefrontal functional connectivity predicts working memory training gains / S. Faraza, J. Waldenmaier, M. Dyrba, et al.// *Front Aging Neurosci*. -2021. -No.13. Ar. 592261. Doi:10.3389/fnagi.2021.592261
300. Faw B. Prefrontal executive committee for perception, working memory, attention, longterm memory, motor control, and thinking: A tutorial review / B. Faw // *Consciousness and Cognition*. -2003.- V.12.-P. 83–139.

301. Feist G. J. A meta-analysis of personality in scientific and artistic creativity / G. J. Feist // *Personality and Social Psychology Review*.- 1998.-V.2.- No.4.- P. 290–309.
302. Feng Q. Verbal creativity is correlated with the dynamic reconfiguration of brain networks in the resting state / Q. Feng, L. He, W. Yang // *Front Psychol*. 2019.- V.10.-Ar.894. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00894.
303. Fernandez-Baizan C.J.L. Spatial memory in young adults: Gender differences in egocentric and allocentric performance / C.J.L. Fernandez-Baizan, A.M. Mende // *Behavioural Brain Research*.- 2019.-V.359.- 694-700
304. Festa F. Move your body, boost your brain: The positive impact of physical activity on cognition across all age groups / F. Festa, S. Medori, M. Macrì // *Biomedicines*. 2023.- V.11.- No.6.- Ar.1765. doi: 10.3390/biomedicines11061765.
305. Filevich E. Intentional inhibition in human action: The power of ‘no’ / E. Filevich, S. Kühn, P. Haggard // *Neurosci. Biobehav. Rev.* -2012. -V. 36. - P. 1107–1118.
306. Fink A. The creative brain: Brain correlates underlying the generation of original ideas / A. Fink, M. Benedek - In O. Vartanian, A. S. Bristol, & J. C. Kaufman (Eds.), *Neuroscience of creativity: Boston Review*. 2013.- P. 207–231.
307. Fink A. EEG alpha power and creative ideation / A Fink, M. Benedek // *Neurosci Biobehav Rev.* -2014. -V.44.-No.100.-P.111-123.
308. Fink A. The creative brain: investigation of brain activity during creative problem solving by means of EEG and FMRI / A. Fink, R.H. Grabner, M. Benedek // *Hum Brain Mapp.* -2009.- V.30.-No.3.-P.734-748.
309. Fink A. Eysenck meets Martindale: The relationship between extraversion and originality from the neuroscientific perspective/ // *Personality and Individual Differences.* - 2008.-V.44.-No.1.-P.299–310.
310. Finke R.A., Ward T.B., Smith S.M. *Creative Cognition: Theory, Research, and Application*. Cambridge: The MIT Press. 1992

311. Fischer N.L. Frontal alpha asymmetry and theta oscillations associated with information sharing intention / N.L. Fischer, R. Peres, M. Fiorani // *Front. Behav. Neurosci.*- 2018.-V.12.-Ar.166.
312. Finn P.R. The Effects of Working Memory versus Adaptive Visual Search Control Training on Executive Cognitive Function / P.R. Finn, L. Nemes, A. Bailey A et al.// *J Cogn Enhanc.* -2022.- V.6.-No.3.-P.327-339.
313. Fling B.W. Age differences in interhemispheric interactions: callosal structure, physiological function, and behavior / B.W. Fling, S. J. Peltier, J. Bo, et al. // *Frontiers in Neuroscience.* - 2011.- V. 5.- Ar.38.
314. Floyd M. Effects of memory training on the subjective memory functioning and mental health of older adults: A meta-analysis / M. Floyd, F. Scogin// *Psychology and Aging.*-1997.- V.12.-No.1.-P.150–161.
315. Flynn J. R. Massive IQ gains in 14 nations: What IQ tests really measure / J.R. Flynn // *Psychological Bulletin.*-1987.-V.101.-No.2.-P.171–191.
316. Flynn J. R. Requiem for nutrition as the cause of IQ gains: Ravens gains in Britain 1938–2008 / J.R. Flynn // *Economics and Human Biology.*-2009.- V. 7.- P. 18–27.
317. Flynn J. R. IQ decline and Piaget: Does the rot start at the top? / J.R. Flynn, M. Shayer // *Intelligence.*- 2018.-V. 66 (C).-P.112-121.
318. Fonteyne L. Program-specific prediction of academic achievement on the basis of cognitive and non-cognitive factors / L. Fonteyne, W. Duyck, F. De Fruyt // *Learn. Individ. Differ.* -2017. -V. 56. -P.34–48.
319. Foos P. W. Adult age differences in divergent thinking: It's just a matter of time / P. W. Foos, D. Boone // *Educational Gerontology.*-2008.- V.34.- No.7.- P.587–594.
320. Ford R. M. Retrieval-induced forgetting: A developmental study / R.M. Ford, S. Keating, R. Patel // *British Journal of Developmental Psychology.* - 2004.- V.22.-P. 585-603

321. Foster P.S. The ruff figural fluency test: heightened right frontal lobe delta activity as a function of performance / P.S. Foster, J.B. Williamson, D.W. Harrison // *Arch. Clin. Neuropsychol.* 2005.- V.20.-P.427–434.
322. Fox M.D. The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks / M.D. Fox, A.Z. Snyder, J.L. Vincent, et al. // *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2005.-V.102.-No.27.- P.9673-9678.
323. Fransson P. The functional architecture of the infant brain as revealed by resting-state fMRI / P. Fransson, U. Aden, M. Blennow, H. Lagercrantz // *Cerebral Cortex.*-2011.-V.21.-No.1.-P. 145-154.
324. Fredrickson B. L. Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires / B.L. Fredrickson, C. Branigan // *Cognition and Emotion.* - 2005.-V. 19.-No.3.-P.313–332.
325. Freund P. A. A multivariate, multilevel analysis of the relationship between cognitive abilities and scholastic achievement / P.A. Freund, H. Holling, F. // *Journal of Individual Differences.* - 2007. -V.28. -№4. -P.188–197.
326. Friedman N. P. Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure / N.P. Friedman, A. Miyake // *Cortex.* -2017.- V.86.-P.186-204.
327. Fries P. Neuronal gamma-band synchronization as a fundamental process in cortical computation/ P. Fries // *Annu. Rev. Neurosci.*- 2009. -V.32.-P.209-924,
328. Frith E. Intelligence and creativity share a common cognitive and neural basis / E. Frith, D.B. Elbich, A.P. Christensen, et al. // *Journal of Experimental Psychology: General.* - 2021.- V. 150.-No.4.-P. 609–632.
329. Frith E. A Review of Experimental Research on Embodied Creativity: Revisiting the Mind–Body Connection / E. Frith, S.E. Miller, P.D. Loprinzi// *The Journal of Creative Behavior.* - 2020.-V. 54.-No.4.-P. 767-798.
330. Fu L. The effect of cognitive training in older adults: Be aware of CRUNCH / L. Fu, R.P.C. Kessels, J.H.R. Maes // *Aging, Neuropsychology, and Cognition.*- 2020.-V. 27.-No.6.-P. 949–962.

331. Furo S. An enhanced self-organizing incremental neural network for online unsupervised learning / S. Furo, T. Ogurab, O. Hasegawab // *Neural Networks*, 2007. - P. 893-903.
332. Furnham A. Personality and intelligence as predictors of creativity / A. Furnham, V. Bachtiar // *Personality and Individual Differences*. - 2008.- V. 45.- No. 7. - P. 613–617.
333. Gajda A. Creativity and academic achievement: A meta-analysis / A. Gajda, M. Karwowski, R.A. Beghetto // *Journal of Educational Psychology*. -2017. - V.109.- P. 269–299.
334. Gajos J. M. The development of self-control from kindergarten to fifth grade: The effects of neuropsychological functioning and adversity/ J. Gajos, K. M. Beaver // *Early Child Development and Care*. - 2016. -V.186. No.10. -P.1571–1583.
335. Gao W. Neural correlations between cognitive deficits and emotion regulation strategies: understanding emotion dysregulation in depression from the perspective of cognitive control and cognitive biases / W. Gao, Y. Xin Yu , Y. JiaJin // *Psychoradiology*.- 2022.-V.2.-No.3.-P. 86–99.
336. Gates N.J. Computerised cognitive training for maintaining cognitive function in cognitively healthy people in midlife / N.J. Gates, R A.Wutjes, M. Di. Nisio, et al. // *Cochrane Database Syst Rev*. - 2019.- V.3.- No.3.- Ar. CD012277. doi:10.1002/14651858.cd012278.
337. Gayda M. Cognitive function in patients with stable coronary heart disease: Related cerebrovascular and cardiovascular responses / M. Gayda, V. Gremeaux, L. Bherer, et al. // *PLoS One*. -2017. -V.12. -№9. -Ar. e0183791.
338. Gazzaley A. Age-related top-down suppression deficit in the early stages of cortical visual memory processing / A. Gazzaley, W. Clapp, J. Kelley // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. - 2008. - V.105.- P.13122–13126.

339. Germain S. Dissociation of perceptual and motor inhibitory processes in young and elderly participants using the Simon task / S. Germain, F. Collette // J Int Neuropsychol Soc. - 2008.- V.14.-No.6.-P. 1014-1021.
340. Gerver C.R. Memory and creativity: A meta-analytic examination of the relationship between memory systems and creative cognition / C.R. Gerver, J.W. Griffin, N.A. Dennis, R.E. Beaty // Psychon Bull Rev. -2023.- doi: 10.3758/s13423-023-02303-4.
341. Giedd, J. N. Review: magnetic resonance imaging of male/female differences in human adolescent brain anatomy / J.N. Giedd, A. Raznahan, K.L. Mills, R. K. Lenroot // Biol. Sex Differ. 2012- V.3.-Ar. 19. doi: 10.1186/2042-6410-3-19
342. Gobet F. Chunking Models of Expertise: Implications for Education / F. Gobet // Appl. Cognit. Psychol. -2005. -V.19. -P.183–204.
343. Gobet F. Chunking mechanisms in human learning / F. Gobet, P. C. R. Lane, S. Croker, et al. // Trends in Cognitive Sciences. -2001.- V.5.- P. 236–243.
344. Gobet F. Chunks, schemata, and retrieval structures: Past and current / F. Gobet, P.C.R. Lane, M. Lloyd-Kelly // Computational Models Front Psychol. 2015. -V.6.- Ar.1785. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01785
345. Gobet F. Five seconds or sixty? Presentation time in expert memory/ F. Gobet, H. A. Simon // Cognitive Science. - 2000.- V.24.- No.4.- P. 651–682.
346. Gobet F. Cognitive training: A field in search of a phenomenon / F. Gobet, G. Sala // Perspectives on Psychological Science. - 2023.- V.18.- No.1.-P.125–141.
347. Goghari V.M. Attitudes and beliefs toward computerized cognitive training in the general population / V.M. Goghari, D.S. Krzyzanowski, S. Yoon, et al. // Front Psychol. 2020. -No.11. -Ar.503. DOI:10.3389/fpsyg.2020.00503
348. Goldsmith H.H. Developmental Neuroscience Perspectives on Emotion Regulation / H.H. Goldsmith, S.D. Polla, R.J. Davidson// Child Dev Perspect. - 2008.- V.2.-No.3.-P. 132-140.
349. Gonzalez-Burgos L. Cognitive compensatory mechanisms in normal aging: a study on verbal fluency and the contribution of other cognitive functions / L.

- Gonzalez-Burgos, J.A. Hernández-Cabrera, E. Westman, et al. // *Aging* (Albany NY). -2019.- V.11.- No.12.- P. 4090-4106.
350. González-García C. Attentional prioritization reconfigures novel instructions into action-oriented task sets / C. González-García, S. Formica, B. Liefoghe, M. Brass // *Cognition*. - 2020.- V.194. -Ar. 104059. Doi: 10.1016/j.cognition.2019.104059
351. González-García C. Frontoparietal action-oriented codes support novel instruction implementation / C. González-García, S. Formica, D. Wisniewski, M. Brass // *NeuroImage*. -2021. -226. - Ar. 117608
352. González-García C. Task-specific preparatory neural activations in low-interference contexts / C. González-García, E. Mas-Herrero, R. de Diego-Balaguer, M. Ruz // *Brain Struct. Funct.* -2016. -V.221. No.8. -P.3997-4006.
353. Gralewski J. Creativity and school grades: A case from Poland / J. Gralewski, M. Karwowski // *Thinking Skills and Creativity*. - 2012.-V.7. -P. 198–208.
354. Grässler B. Effects of different training interventions on heart rate variability and cardiovascular health and risk factors in young and middle-aged adults: A systematic review / B. Grässler, B. Thielmann, L. Böckelmann, A. Hökelmann // *Front Physiol*. -2021. -№ 12. -Ar. 657274. Doi:10.3389/fphys.2021.657274
355. Greenwood P.M. The frontal aging hypothesis evaluated / P.M. Greenwood // *J Int Neuropsychol Soc.*- 2000.- V. 6.-No. 6.- P.705-726.
356. Greenwood P. Functional plasticity in cognitive aging: Review and hypothesis / P. Greenwood // *Neuropsychology*. - 2007.- V. 21.- P. 657–673.
357. Greenwood P.M. Neuronal and cognitive plasticity: A neurocognitive framework for ameliorating cognitive aging / P.M. Greenwood, R. Parasuraman // *Frontiers in Aging Neuroscience*. - 2010.- V. 2.-P. 1-14.
358. Gregoriou G.G. Oscillatory synchrony as a mechanism of attentional processing / G.G. Gregoriou, S. Paneri, P. Sapountzis // *Brain Res*. -2015.-V. 1626.-P.165-182.
359. Grégoire S. The synergy of working memory and inhibitory control: Behavioral, pharmacological and neural functional evidences / S. Grégoire, M.

- Rivalan, C. Le Moine, F. Dellu - Hagedorn// *Neurobiology of Learning and Memory*. - 2012.- V.97.-P.202–212.
360. Gross J. J. The emerging field of emotion regulation: An integrative review / J. J. Gross // *Review of General Psychology*. - 1998.-V. 2.- No.3.- P. 271–299.
361. Gu D. Concordance and discordance of self-rated and researcher-measured successful aging: subtypes and associated factors / D. Gu, Q. Feng, J. Sautter// *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*.-2017.-V.72.-No.2.-P. 214–227.
362. Guerra-Bustamante J. Emotional intelligence and psychological well-being in adolescents / J. Guerra-Bustamante, B. León-Del-Barco, R. Yuste-Tosina // *Int J Environ Res Public Health*. -2019.- V.16.- No.10.- Ar.1720. doi: 10.3390/ijerph16101720.
363. Guignard J.H. Relationships between intelligence and creativity in gifted and non-gifted children / J.H. Guignard, S. Kermarrec, S. Tordjman // *Learn. Individ. Differ*. -2016. -V.52. -P. 209–215.
364. Gulbinaite R. Fronto-parietal network oscillations reveal relationship between working memory capacity and cognitive control / R. Gulbinaite, H. van Rijn, M.X. Cohen// *Frontiers in Human Neuroscience*. - 2014.- V. 8.- Ar. 761. doi: 10.3389/fnhum.2014.00761
365. Guilford J. P. The one-way relation between creative potential and IQ / J.P. Guilford, P.R. Christensen // *The Journal of Creative Behavior*. - 1973.- V.7.- No.4.- 247–252.
366. Günther V.K. Long-term improvements in cognitive performance through computer-assisted cognitive training: a pilot study in a residential home for older people / V.K. Günther, P. Schäfer, B.J. Holzner, G.W. Kemmler//*Aging Ment Health*. - 2003. - V.7.- No.3.- P. 200-206.
367. Gur R.E. Sex differences in network controllability as a predictor of executive function in youth / R.E. Gu, F. Pasqualetti, T.D. Satterthwaite, D.S. Bassett // *Neuroimage*. -2019.- V. 188.- P.122-134.
368. Guye S. Do individual differences predict change in cognitive training performance? A latent growth curve modeling approach / S. Guye, C. De

- Simoni, C.C. von Bastian // *Journal of Cognitive Enhancement*. - 2017.- V.1.- No.4. – doi: 10.1007/s41465-017-0049-9
369. Habib R. Hemispheric asymmetries of memory: the HERA model revisited / R. Habib, L. Nyberg, E. Tulving // *Trends Cogn. Sci.* -2003.-V. 7.- No.6.- P. 241–245.
370. Hacker C. D. Frequency-specific electrophysiologic correlates of resting state fMRI networks/C.D. Hacker, A.Z. Snyder, M. Pahwa M, et al. // *Neuroimage*. - 2017.- V.149.- P. 446-457.
371. Hackman D.A. Socioeconomic status and the brain: mechanistic insights from human and animal research / D.A. Hackman, M.J. Farah, M.J. Meaney// *Nat Rev Neurosci*. -2010.- V.11.- No.9.- P. 651-659.
372. Hahm J. Cortical correlates of creative thinking assessed by the figural Torrance Test of Creative Thinking / J. Hahm, K.K. Kim, S.H. Park // *Neuroreport*. -2019.- V.30.- No.18.-P. 1289-1293.
373. Haier R. J. The parieto-frontal integration theory: Assessing intelligence from brain images. / R.J. Haier, R. E. Jung - In D. P. Flanagan & E. M. McDonough (Eds.), *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* / The Guilford Press. 2018.- P. 219–224.
374. Haier R. J. Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission tomography / R. J. Haier, B.V. Siegel, K.H. Nuechterlein, et al. // *Intelligence*. - 1988.- V. 12.- No. 2.- P. 199–217
375. Halpern D.F. *Sex Differences in Cognitive Abilities*. Publisher: Routledge; 4 edition. 2011.
376. Halpern D. F. The science of sex differences in science and mathematics / D.F. Halpern, C.P. Benbow, D.C. Geary, et al. // *Psychological science in the public interest: a journal of the American Psychological Society*. - 2007.- V. 8.- No.1.- P.1–51.

377. Hansenne M. Creativity, emotional intelligence, and school performance in children / M. Hansenne, J. Legarnd // *International Journal of Educational Research*.-2012.- V.53.- 264-268.
378. Hamilton M. Proactive interference and the development of working memory / M. Hamilton, A. Ross, E. Blaser, Z. Kaldy // *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci*. -2022.- V. 13.- No. 3.- Ar. e1593. doi: 10.1002/wcs.1593.
379. Harada C.N. Normal Cognitive Aging / C.N. Harada, N.M.C. Love, K.L. Triebel // *Clin Geriatr Med*.- 2013.- V. 29.- P. 737–752
380. Harmony T. The functional significance of delta oscillations in cognitive processing / T. Harmony // *Front. Integr. Neurosci*. - 2013.-V.7.-Ar. 83.
381. Harness A. Sex differences in working memory /A. Harness, L. Jacot, S. Scherf, et al. // *Psychol Rep*. -2008. -V. 103.- No.1. -P.214-218.
382. Hartstra E. The implementation of verbal instructions: Dissociating motor preparation from the formation of stimulus–response associations / E. Hartstra, F. Waszak, M. Brass // *Neuroimage*. -2012. -V.63. -P. 1143–1153.
383. Hartig, T. The need for psychological restoration as a determinant of environmental preferences / T. Hartig, H. Staats // *Journal of Environmental Psychology*. - 2006.- V. 26.- No.3.- P. 215–226.
384. Harvey P.D. Combining training leads to better results: Implications for clinical delivery of computerized cognitive and social cognitive training / P.D. Harvey // *Schizophr Res*. -2018.- V. 202.-P. 48-49.
385. Hasher L. Inhibitory control over no-longer-relevant information: Adult age differences / L. Hasher, M.B. Quig, C.P. May // *Memory & Cognition*. - 1997.- V. 25.- P. 286–295.
386. Hasher L. Age and inhibition / L. Hasher, E.R. Stoltzfus, R.T. Zacks, B. Rypma // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. - 1991.-V. 17.- No.1.- P.163–169.
387. Hasher L. Inhibitory control, circadian arousal, and age / L. Hasher, R.T. Zacks, C.P. May - In D. Gopher & A. Koriat (Eds.), *Attention and performance*

XVII: Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application
The MIT Press. 1999.- P. 653–675.

388. Hausman H.K. The role of resting-state network functional connectivity in cognitive aging / H.K. Hausman, A. O’Shea, J.N. Kraft et al. // *Front Aging Neurosci.* -2020.- V.12.- Ar. 177. Doi:10.3389/fnagi.2020.00177.
389. Healey M.K. The role of suppression in resolving interference: evidence for an age-related deficit / M.K. Healey, L. Hasher, K.L. Campbell // *Psychol Aging.* - 2013.- V.28.- No.3.- 721-728.
390. Heckner M.K. The aging brain and executive functions revisited: Implications from meta-analytic and functional-connectivity evidence / M.K. Heckner, E.C. Cieslik, S.B. Eickhoff et al. // *J Cogn Neurosci.* -2021.- V.33.- No.9.- P. 1716-1752.
391. Hedden T. Multiple brain markers are linked to age-related variation in cognition / T. Hedden, A.P. Schultz, A. Rieckmann // *Cereb Cortex.* -2016. - V.26. - P.1388–1400.
392. Heinonen J. Default mode and executive networks areas: Association with the serial order in divergent thinking / J. Heinonen, J. Numminen, Y. Hlushchuk // *PLoS ONE.* - 2016.- V.11.- No.9.- Ar. e0162234. doi: 10.1371/journal.pone.0162234
393. Heinzl S. Neural correlates of training and transfer effects in working memory in older adults / S. Heinzl, R.C. Lorenz, P. Pelz, et al. // *Neuroimage.* -2016. -№ 134. -P. 236-249.
394. Helmbold N. Processing of temporal and nontemporal information as predictors of psychometric intelligence: a structural-equation-modeling approach / N. Helmbold, S. Troche, T. Rammsayer // *J Pers.* 2007. -V.75. -№5. -P.985-1006.
395. Hemmingsson T. Cognitive ability in adolescence and mortality in middle age: a prospective life course study / T. Hemmingsson, B. Melin, P. Allebeck, I. Lundberg // *J Epidemiol Community Health.* -2009.- V.63.- No.9.-P. 697-702.

396. Hendershot C. S. Randomized trial of working memory training as an adjunct to inpatient substance use disorder treatment / C.S. Hendershot, J.D. Wardell, J. Vandervoort, et al. // *Psychology of Addictive Behaviors*. - 2018.- V. 32.- No. 8.- P. 861–872.
397. Hendrickson D.E. The biological basis of individual differences in intelligence / D.E. Hendrickson, A.E. Hendrickson // *Pers Individ Diff*.- 1980.- No. 1.- P. 3–33.
398. Herrmann C. S. Shaping intrinsic neural oscillations with periodic stimulation / C.S. Herrmann, M.M. Murray, S. Ionta et al. // *Journal of Neuroscience*.- 2016.- V. 36.- No. 19.- P. 5328-5337.
399. Hertzog C. Age differences in the structure of intelligence Influences of information processing speed / C. Hertzog, M.K. Bleckley// *Intelligence*.- 2001.- V. 29.- P. 191-217.
400. Higuera-Trujillo J.L. Psychological and physiological human responses to simulated and real environments: A comparison between Photographs, 360° Panoramas, and Virtual Reality / J.L. Higuera-Trujillo, J Lypez-Tarruella Maldonado, C. Llinares Mill6n // *Appl. Ergon*. – 2016.- V. 65.- P. 398–409.
401. Hogan M.J. Cerebellar brain volume accounts for variance in cognitive performance in older adults / M.J. Hogan, R.T. Staff, B.P. Bunting, et al. // *Cortex*. -2011.- V.47.- P. 441-450.
402. Holden L.J. Nature in the learning environment: Exploring the relationship between nature, memory, and mood / L.J. Holden, T. Mercer // *Ecopsychology*.- 2014.- V. 6.- Ar.4 doi.org/10.1089/eco.2014.0034
403. Hooda D. Social intelligence as a predictor of positive psychological health / D. Hooda, N.R. Sharma, A. Yadava // *Journal of the Indian Academy of Applied Psychology*. - 2009.- V.35.- No.1.- P.143–150.
404. Howard C.J. Visual spatial attention and spatial working memory do not draw on shared capacity-limited core processes / C.J. Howard, R. Pole, P. Montgomer, et al. // *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. - 2020. - V-. 73. -№ 5. -P. 799-818.

405. Howard-Jones P.A. Semantic divergence and creative story generation: an fMRI investigation / P.A. Howard-Jones, S.J. Blakemore, E.A. Samuel // *Brain Res Cogn Brain Res.* -2005.- V.25.- No.1.- P. 240-250.
406. Hoyau E. Aging Modulates the Hemispheric Specialization during Word Production / E. Hoyau, N. Boudiaf, E. Cousin et al. // *Front Aging Neurosci.* - 2017.- V. 9.- Ar.125. doi: 10.3389/fnagi.2017.00125
407. Huang C.C. Extensive cortical connectivity of the human hippocampal memory system: Beyond the "What" and "Where" Dual Stream Model / C.C. Huang, E.T. Rolls, C.H. Hsu, et al. // *Cereb Cortex.* -2021.- V.31.- No.10.- P. 4652-4669.
408. Huang K-T. Exergaming executive functions: An immersive virtual reality-based cognitive training for adults aged 50 and older / K-T. Huang // *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking.* - 2020.- V.23.- No.3.- P.143–149.
409. Huepe D. Fluid intelligence and psychosocial outcome: from logical problem solving to social adaptation / D. Huepe, M. Roca, N. Salas, et al. // *PLoS One.*- 2011.- V.6.- No.9.- e24858. doi: 10.1371/journal.pone.0024858
410. Huynh Q. Exposure to public natural space as a protective factor for emotional well-being among young people in Canada / Q. Huynh, W. Craig, I. Janssen, et al. // *BMC Public Health.*- 2013.- V. 13.- Ar. 407. doi: 10.1186/1471-2458-13-407
411. Hülür G. Cognitive dedifferentiation with increasing age and proximity of death: Within-person evidence from the Seattle Longitudinal Study / G. Hülür, N. Ram, S.L. Willis, et al. // *Psychology and Aging.* 2015.- Advance online publication. doi:10.1037/a0039260
412. Iliadou P. A comparison of traditional and serious game-based digital markers of cognition in older adults with mild cognitive impairment and healthy controls / P. Iliadou, L. Paliokas, S. Zygouris, et al. // *J Alzheimers Dis.* -2021.- V. 79. No.4.-P.1747-1759.

413. Ivcevic, Z. Emotions and creativity: From process to person and product. / Z. Ivcevic, J. Hoffmann - In J. C. Kaufman & R. J. Sternberg (Eds.), *The Cambridge handbook of creativity* Cambridge University Press. 2019.- P. 273–295.
414. Iwata Y. Benefits of group walking in forests for people with significant mental ill-health / Y. Iwata, J.J. Brophy, D. Roddy, A. Dhubhain // *Ecopsychology* .- 2016.- V.8.- No.1.- P.16-26
415. Jackson J.D. White matter integrity and reaction time intraindividual variability in healthy aging and early-stage Alzheimer disease / J.D. Jackson, D.A. Balota, J. M. Duchek, D. Heada // *Neuropsychologia*. -2012.- V. 50.- P. 357– 366.
416. Jaeggi S.M. Improving fluid intelligence with training on working memory / S.M. Jaeggi, M. Buschkuhl, J. Jonides, W.J. Perrig // *Proc Natl Acad Sci U S A*. -2008.- V.105.- No.19.- P.6829-6833.
417. Janssen A. What is a cognitive ontology, anyway? / A. Janssen, C. Klein, M. Slors // *Philosophical Explorations*.- 2017.- V.20.- No.2.- P.123-128.
418. Jäncke L. Sex/gender differences in cognition, neurophysiology, and neuroanatomy / L. Jäncke 2018.- Research 7 - F1000 Faculty Rev-805. doi:10.12688/f1000research.13917.1
419. Jauk E. The relationship between intelligence and creativity: New support for the threshold hypothesis by means of empirical breakpoint detection / E. Jauk, M. Benedek M., B. Dunst, A.C. Neubauer // *Intelligence*. -2013. -V.41. -№.4. - P.212-221.
420. Jonides J. Brain mechanisms of proactive interference in working memory / J. Jonides, D.E. Nee // *Neuroscience*. -2006.-V.139.- No.1.- P.181-193.
421. Idowu M.I. Executive function abilities in cognitively healthy young and older adults—A cross-sectional study / M.I. Idowu, A.J. Szameitat // *Front. Aging Neurosci.* – 2023.- V.15.- Ar. 976915. doi: 10.3389/fnagi.2023.976915
422. Jensen O. Cross-frequency coupling between neuronal oscillations / O. Jensen, L.L. Colgin // *Trends Cogn. Sci.* – 2007.- V.11.- P. 267–269.

423. Johnson E.L. Bidirectional frontoparietal oscillatory systems support working memory / Johnson, C.D. Dewar, A.K. Solbakk, et al. // *Curr Biol.*- 2017.- V. 27.- No.-12. - P. 1829–1835.
424. Jones D.T. Executive Dysfunction and the Prefrontal Cortex / D.T. Jones, J. Graff-Radford // *Continuum (Minneap Minn).* – 2021.-V.27.- No.6.- P.1586-1601.
425. Jones G. Linking working memory and long-term memory: A computational model of the learning of new words / G. Jones, F. Gobet, J. M. Pine // *Developmental Science.* -2007. -V.10. -No. 6. -P.853–873.
426. Jones G. Computer simulations of developmental change: The contributions of working memory capacity and long-term knowledge / G. Jones, F. Gobet, J. M. Pine // *Cognitive Science.* -2008. -V.32. -No.7. -P. 1148–1176.
427. Jones R. Automated intelligent pilots for combat flight simulation / R. M. Jones, J.E. Laird, P.E. Nielsen, et al. // *AI Magazine.* -1999. -V. 20.- No. 1. - P.27-42.
428. Jung M. Virtual reality cognitive intervention for heart failure: CORE study protocol / M. Jung, L.G. Apostolova, D.K. Moser // *Alzheimers Dement (NY).* – 2022.-V.8.- No.1.- Ar. e12230. doi: 10.1002/trc2.12230.
429. Jung R.E. The parieto-frontal integration theory (P_FIT) of intelligence: converging neuroimaging evidence / R.E. Jung, R.J. Haier // *Behav. Brain Sci.* - 2007. -V.30.- No.2.- 135-154.
430. Jung-Beeman M. Neural activity when people solve verbal problems with insight / M. Jung-Beeman, E.M. Bowden, J. Haberman, et al. // *PLoS Biol.* - 2004.- V.2.-4.-E97. doi: 10.1371/journal.pbio.0020097
431. Kahneman D. A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality / D. Kahneman // *American psychologist.* - 2003. -V.58. -No.9. -P. 697-720.
432. Kanazawa S. General intelligence as a domain-specific adaptation / S. Kanazawa // *Psychological Review.*- 2004. – V.111.-No.2.-P.512–523.

433. Kanazawa S. Why is intelligence associated with stability of happiness? / S. Kanazawa // *British Journal of Psychology*. - 2014. - V.105. - No.3. - P.316–337.
434. Kane M. J. The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective / M.J. Kane, R.W. Engle // *Psychonomic Bulletin & Review*. - 2002. - V. 9. - No.4. - 637–671.
435. Kang J.M. Effect of cognitive training in fully immersive virtual reality on visuospatial function and frontal-occipital functional connectivity in predementia: Randomized controlled trial / J.M. Kang, N. Kim, S.Y. Lee, et al. // *J Med Internet Res*. -2021.-V.23.-No.5.- e24526. doi: 10.2196/24526
436. Kappe R. Predicting academic success in higher education: what's more important than being smart? / R. Kappe, H. van der Flier // *Eur. J. Psychol. Educ.* -2012.- V.27. -P.605–619.
437. Karama S. Positive association between cognitive ability and cortical thickness in a representative US sample of healthy 6 to 18 year-olds / S. Karama, Y. Ad-Dab'bagh, R. J. Haier, et al.// *Intelligence*. - 2009.- V. 37.- No. 2.-P. 145-155.
438. Karbach J. Training-induced cognitive and neural plasticity /J. Karbach, T. Schubert // *Front Hum Neurosci*. - 2013. - V.7. - Ar.48. doi: 10.3389/fnhum.2013.00048
439. Karpicke J.D. Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping / J. D. Karpicke, J.B. Blunt // *Science*. – 2011.- V.331.- P.772–775. 10.1126/science.1199327
440. Karnowski M. Is creativity without intelligence possible? A necessary condition analysis / M. Karnowski, J. Dul, J. Gralewski // *Intelligence*. - 2016. - V.57.- P. 105–117.
441. Katus T. Multiple foci of spatial attention in multimodal working memory / T. Katus, M. Eimer // *Neuroimage*. -2016. -№ 142.- P. 583-589.

442. Katz B. Differential effect of motivational features on training improvements in school-based cognitive training / B. Katz, S. Jaeggi, M. Buschkuhl // *Front Hum Neurosci.* -2014.-V.8.- Ar.242. doi: 10.3389/fnhum.2014.00242.
443. Kaufman A.S. Age changes on tests of fluid and crystallized ability for women and men on the Kaufman Adolescent and Adult Intelligence Test (KAIT) at ages 17-94 years / A.S. Kaufman, J.L. Horn // *Arch Clin Neuropsychol.* -1996.-V.11.- No.2.- P. 97-121.
444. Kaufmann G. When good is bad and bad is good: Mood, bipolarity, and creativity / G. Kaufmann, A. Kaufmann - In J. C. Kaufman (Ed.), *Creativity and mental illness: Cambridge University Press.* 2014.- P. 205–235
445. Kemper S. Language decline across the life span: Findings from the nun study / S. Kemper, L.H. Greiner, J.G. Marquis, et al. // *Psychology and Aging.* 2001.- V. 16.- P. 227–239.
446. Kersey A.J. Gender similarities in the brain during mathematics development / A.J. Kersey, K.D. Csumitta, J.E. Cantlon // *Sci. Learn.*- 2019.- V. 4.- Ar. 19. doi: 10.1038/s41539-019-0057-x
447. Kelly M.E. The impact of social activities, social networks, social support and social relationships on the cognitive functioning of healthy older adults: a systematic review / M.E. Kelly, H. Duff, S. Kelly, et al. // *Syst Rev.* 2017. - No.6. – Ar. 259. DOI: 10.1186/s13643-017-0632-2
448. Kelmanov A.V. NP-Difficulty of some Euclidean problems of partitioning a finite set of points / A.V. Kelmanov, A.V. Pyatkin // *J. Computational Mathematics and Mathematical Physics.* -2018. -V. 58. -No.5. -P.852-856.
449. Kennerley S.W., Walton M.E. Decision making and reward in frontal cortex / S.W. Kennerley, M.E. Walton // *Behav Neurosci.*- 2011.- V.125.- No.3.- P. 297–317.
450. Kenett Y. N. Going the extra creative mile: The role of semantic distance in creativity—Theory, research, and measurement / Y. N. Kenett- In R. E. Jung & O. Vartanian (Eds.), *The Cambridge handbook of the neuroscience of creativity: Cambridge University Press.* 2018.- P. 233-248.

451. Kenett Y.N. Flexibility of thought in high creative individuals represented by percolation analysis / Y.N. Kenett, O. Levy, D.Y. Kenett et al. // Proc Natl Acad Sci U S A. -2018.- V.115.- No. 5.- P. 867-872.
452. Keniger L.E. What are the benefits of interacting with nature? / L.E. Keniger, K.J. Gaston, K.N. Irvine, R.A. Fuller // Int J Environ Res Public Health. -2013.- V.10.- No.3.-P.913-935.
453. Khalil R. The link between creativity, Cognition, and creative drives and underlying neural mechanisms / R. Khalil, B. Godde, A.A. Karim // Front Neural Circuits. -2019.- V.13.- Ar.18. doi: 10.3389/fncir.2019.00018
454. Kievit R.A. The neural determinants of age-related changes in fluid intelligence: a pre-registered, longitudinal analysis in UK Biobank / R.A. Kievit, D. Fuhrmann, G.S. Borgeest, et al.// Wellcome Open Res. -2018.- V.3.- Ar. 38. doi: 10.12688/wellcomeopenres.14241.2
455. Kim K. H. The relationship between creativity and intelligence / K.H. Kim, B. Cramond, J. VanTassel-Baska - In: The Cambridge Handbook of Creativity, Ed. J.C. Kaufman, R.J. Sternberg. 2018. -P. 395–412.
456. Kim N.Y. Neural correlates of workload transition in multitasking: An ACT-R model of hysteresis effect / N.Y. Kim, R. House, M.H. Yun M, C.S. Nam // Front Hum Neurosci. -2019. -V.12. -Ar. 535. doi: 10.3389/fnhum.2018.00535.
457. Kiss M. The Relationship between intelligence, emotional intelligence, personality styles and academic success / M. Kiss, Á. Kotsis, A.I. Kun // Business Education & Accreditation. -2014. -V. 6. -No.2. -P.23-34.
458. Kiyonaga A. Working memory as internal attention: toward an integrative account of internal and external selection processes / A. Kiyonaga, T. Egner // Psychon Bull Rev.- 2013. -V. 20.- № 2.- P. 228-42.
459. Klein C. Cognitive ontology and region- versus network-oriented analyses source // Philosophy of Science. 2012.- V.79.- No.5.- P. 952-960.
460. Klimesch W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information / W. Klimesch // Trends Cogn Sci.2012.- V.16.- P. 606–617.

461. Klimova B. Computer-based cognitive training in aging / B. Klimova // *Frontiers in Aging Neuroscience*. -2016. -V. 8.- Ar.313. doi: 10.3389/fnagi.2016.00313
462. Knights E. Does hemispheric asymmetry reduction in older adults in motor cortex reflect compensation? / E. Knights, A.M. Morcom, R.N. Henson // *J Neurosci*. 2021.- V.41.- No.45.- P.9361-9373.
463. Knyazev G.G. EEG delta oscillations as a correlate of basic homeostatic and motivational processes / G.G. Knyazev // *Neurosci Biobehav Rev*.- 2012.- V.36.- No.1.- P. 677-95.
464. Koch K. Gender differences in the cognitive control of emotion: An fMRI study / K. Koch, K. Pauly, T. Kellermann, et al. // *Neuropsychologia*. -2007.- V.45.- No.12.- P.2744-2754.
465. Kolb B. Principles of plasticity in the developing brain / B. Kolb, A. Harker, R. Gibb // *Dev Med Child Neurol*. -2017.- V. 59- No.12.- P.1218-1223.
466. Korpela K. M. Nature Walks as a Part of Therapeutic Intervention for Depression / K. M. Korpela, E. Stenga^ord, P. Jussila // *Ecopsychology*. - 2016.- V. 8.- No.1. doi: 10.1089/eco.2015.0070
467. Kosslyn S. M. Mental images and the brain / S.M. Kosslyn // *Cognitive Neuropsychology*. - 2005.- V. 22.- No. 3-4. P. 333–347.
468. Kounios J. The cognitive neuroscience of insight / J. Kounios, M. Beeman // *Annu Rev Psychol*. -2014.- V.65.- P.71-93.
469. Kopell N. Are different rhythms good for different functions? / N. Kopell, M.A. Kramer, P. Malerba, M.A. Whittington // *Front. Hum. Neurosci*. - 2010.- V. 4.- Ar.187.
470. Kotseruba I. A review of 40 years of cognitive architecture research: Focus on perception, attention, learning and applications / I. Kotseruba, J.K. Tsostsos// *arXiv preprint: 1610.08602*. 2016. doi:10.48550/arXiv.1610.08602
471. Kruse J.A. Changes of creative ability and underlying brain network connectivity throughout the lifespan / J.A. Kruse, C.S. Martin, N. Hamlin et al. // *Brain Cogn*. -2023.- V. 168.- Ar.105975. doi: 10.1016/j.bandc.2023.105975.

472. Kretzschmar A. The relation of personality and intelligence-what can the Brunswik symmetry principle tell us? / A. Kretzschmar, M. Spengler, A.L. Schubert et al. // *J Intell.* -2018.- V.6. -No.3.- Ar. 30. doi: 10.3390/jintelligence6030030.
473. Kueider A.M. Computerized cognitive training with older adults: a systematic review / A.M. Kueider, J.M. Parisi, A.L. Gross, G.W. Rebok // *PLoS One.* - 2012.- V.7.- No.7.- Ar. e40588. doi: 10.1371/journal.pone.0040588.
474. Kuhl B. A. Fidelity of neural reactivation reveals competition between memories / B.A. Kuhl, J. Rissman, M.M. Chun, A.D. Wagner // *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* - 2011.- V. 108.- No.14.- P.5903–5908.
475. Kuhl P, Rivera-Gaxiola M. Neural substrates of language acquisition /P. Kuhl, M. Rivera-Gaxiola // *Annu Rev Neurosci.* -2008.- V.31.- P.511-534.
476. Laidra K. Personality and intelligence as predictors of academic achievement: A cross-sectional study from elementary to secondary school / K. Laidra, H. Pullmann, J. Allik // *Personality and Individual Differences.* - 2007. V. 42.- P. 441–451.
477. Lambrey S. Gender differences in the use of external landmarks versus spatial representations updated by self-motion / S. Lambrey, A. Berthoz // *Journal of Integrative Neuroscience.* - 2007.- V. 6, 379–401.
478. Lampit A. Computerized cognitive training in cognitively healthy older adults: a systematic review and meta-analysis of effect modifiers / A. Lampit, H. Hallock, M. Valenzuela // *PLoS Med.* – 2014.- V.11.- No.11.- Ar. e1001756. doi: 10.1371/journal.pmed.1001756.
479. Lane P.C.R. Attention Mechanisms in the CHREST Cognitive Architecture / P.C.R. Lane, F. Gobet, R.L. Smith - In: Paletta, L., Tsotsos, J.K. (eds) *Attention in Cognitive Systems.* WAPCV 2008. Lecture Notes in Computer Science: Springer, Berlin. 2009. -V. 5395.
480. Lebiere C. The SAL integrated cognitive architecture / C. Lebiere, R. O'Reilly, D. Jilk et al. - In A. Samsonovich (Ed.), *Biologically inspired cognitive*

- architectures: Papers from the AAAI 2008 Fall Symposium Menlo Park, CA: AAAI Press. 2009. P. 98–104.
481. Lang P. J., Bradley M. M., Cuthbert B. N. International Affective Picture System (IAPS). APA PsycTests. 2005. doi.org/10.1037/t66667-000
482. Lasaponara S. Scoping review of cognitive training in neurodegenerative diseases via computerized and virtual reality tools: What we know so far / S. Lasaponara, F. Marson, F. Doricchi, M.A. Cavallo // *Brain Sci.* - 2021. - V. 11. - № 5. - P. 528. doi: 10.3390/brainsci11050528
483. Lauenroth A. Influence of combined physical and cognitive training on cognition: a systematic review / A. Lauenroth, A.E. Ioannidis, B. Teichmann // *BMC Geriatr.* -2016.-V.16.- Ar.141. doi: 10.1186/s12877-016-0315-1
484. Laureiro-Martinez D. Time perspective and age: A review of age associated differences / D. Laureiro-Martinez, C.A. Trujillo, J. Unda // *Front. Psychol.* – 2017.- V. 8.- Ar.101. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00101
485. Laver G.D. Why do semantic priming effects increase in old age? A meta-analysis / G.D. Laver, D.M. Burke // *Psychol Aging.* -1993.- V.8.- No.1.- P. 34-43.
486. Lawlor-Savage L. Dual N-Back working memory training in healthy adults: A randomized comparison to processing speed training / L. Lawlor-Savage, V.M. Goghari // *PLoS ONE.* - 2016. -V. 11. - № 4. – Ar. e0151817. doi: 10.1371/journal.pone.0151817
487. Lebiere C. The SAL integrated cognitive architecture / C. Lebiere, R. O'Reilly, D. Jilk. - In A. Samsonovich (Ed.), *Biologically inspired cognitive architectures: Papers from the AAAI 2008 Fall Symposium.* Menlo Park, CA: AAAI Press. 2008.- P.98-104.
488. Lechuga M. T. Age differences in memory control: evidence from updating and retrieval-practice tasks / M.T. Lechuga, V. Moreno, S. Pelegrina // *Acta Psychol (Amst).* -2006.- V. 123.- No.3.- P.279-298.
489. Lee A.C. The hippocampus and visual perception /A.C. Lee, L.K. Yeung, M.D. Barense // *Front Hum Neurosci.* - 2012. - No.6. - Ar.91.

DOI:10.3389/fnhum.2012.00091

490. Lee C. S. The cognitive underpinnings of creative thought: A latent variable analysis exploring the roles of intelligence and working memory in three creative thinking processes / C.S. Lee, D.J. Therriault // *Intelligence*. - 2013.- V.41.- No.5.- P. 306–320.
491. Lee M. Psychological effects of green experiences in a virtual environment: A systematic review/ M. Lee, E. Kim, J. Choe et al. // *Forests*. - 2022.- V. 13.- Ar. 1625. Doi:10.3390/f13101625
492. Lee T.S. A brain-computer interface based cognitive training system for healthy elderly: a randomized control pilot study for usability and preliminary efficacy / T.S. Lee, S.J. Goh, S.Y. Quek et al. // *PLoS One*. -2013.- V. 8. -№ 11. -Ar. e79419. Doi: 10.1371/journal.pone.0079419
493. Lehman J. F. A Gentle Introduction to Soar, An Architecture for Human Cognition / J.F. Lehman, J. E. Laird, P. Rosenbloom // *An Invitation to Cognitive Science*. MIT Press. 2006. -V. 4.
494. Lenartowicz A. Towards an ontology of cognitive control / A. Lenartowicz, D.J. Kalar, E. Congdon, R.A. Poldrack // *Topics in Cognitive Science*.- 2010.- V.2.- No.4.-P. 678-692.
495. Levinson D.B. The persistence of thought: evidence for a role of working memory in the maintenance of task-unrelated thinking / D.B. Levinson, J. Smallwood, R.J. Davidson // *Psychol Sci*. -2012 .- V.23.- No. 4.- P.375-380.
496. Li W. Brain structure links trait creativity to openness to experience / W. Li, X. Li, L. Huang et al. // *Soc Cogn Affect Neurosci*. -2015.- V.10.- No.2.- P.191-198.
497. Li W. The association between resting functional connectivity and visual creativity / W. Li, J. Yang, O. Zhang, et al. // *Sci Rep*. – 2016.- V. 6.- Ar. 25395. Doi: 10.1038/srep25395
498. Li Y. Large-scale reconfiguration of connectivity patterns among attentional networks during context-dependent adjustment of cognitive control / Y. Li, Y. Wang, F. Yu, A. Chen // *Hum Brain Mapp*. -2021. -V.42. -P. 3821–3832.

499. Lin H. Neuroeconomic Framework for Creative Cognition / H. Lin, O. Vartanian // *Perspect Psychol Sci.* - 2018.- V.13.- No.6.- P. 655-677.
500. Lindberg S. M. New trends in gender and mathematics performance: A meta-analysis / Lindberg, S. M., Hyde, J. S., Petersen, J. L., Linn, M. C. // *Psychological Bulletin.* - 2010.-V.136.- No.6.- P. 1123–1135.
501. Lindenberger U. Brain plasticity in human lifespan development: The exploration–selection–refinement model / U. Lindenberger, M. Lövdén // *Annual Review of Developmental Psychology.* 2019.- V. 1.- P. 197-222.
502. Liszio S. The relaxing effect of virtual nature: immersive technology provides relief in acute stress situations / S. Liszio, L. Graf, M. Masuch // *Annu Rev Cyberther Telemed.*- 2018.-V. 16.- P.87-93.
503. Lithari C. Are females more responsive to emotional stimuli? A neurophysiological study across arousal and valence dimensions / C. Lithari, C.A. Frantzidis, C. Papadelis et al. // *Brain Topogr.* 2010.- V.23.- P.27–40.
504. Llewellyn D. J. Increasing levels of semantic verbal fluency in elderly English adults / D.J. Llewellyn, F.E. Matthews, MRC CFAS // *Aging, Neuropsychology, and Cognition.* - 2009.- V.16.- No.4.- P.433–445.
505. Lindquist K.A. The brain basis of emotion: A meta-analytic review / K.A. Lindquist, T.D. Wager, H. Kober, et al. // *Behav. Brain Sci.* – 2012.- V. 35.- No.3.- P. 121–143.
506. Loaiza V.M. An age-related deficit in preserving the benefits of attention in working memory / V.M. Loaiza, A.S. Souza // *Psychol Aging.* -2019. -V. 34. - № 2. -P. 282-293.
507. Loosli S.V. Training of resistance to proactive interference and working memory in older adults: a randomized double-blind study / S.V. Loosli, R. Falquez, J. M. Unterrainer, et al. // *International Psychogeriatrics.* – 2016.-V. 28.-No.3.- P. 453-467.
508. Lopez-Larson M.P. Local brain connectivity and associations with gender and age / M.P. Lopez-Larson, J.S. Anderson, M.A. Ferguson, D. Yurgelun-Todd // *Dev. Cogn. Neurosci.* -2011. -№ 1. -P. 187-97.

509. Loprinzi P.D. The role of sex in memory function: Considerations and recommendations in the context of exercise / P.D. Loprinzi, E. Frith // *J Clin Med.* -2018.- V.7.- No.6.- Ar. 132. doi: 10.3390/jcm7060132.
510. Loewenstein G. F. Risk as feelings / G.F. Loewenstein, E.U. Weber, C.K. Hsee, N. Welch // *Psychological Bulletin.* - 2001.- V.127.- No.2.-P. 267–286.
511. Lövdén M. Education and cognitive functioning across the life span / M. Lövdén, L. Fratiglioni, M.M. Glymour et al. // *Psychol Sci Public Interest.* -2020.- V.21.- No. 1.- P. 6–41.
512. Lubart T. A New Look at Creative Giftedness / T. Lubart, F. Zenasni // *Gifted and Talented International Taylor & Francis Journals.*-2010.- V. 25.- No.1.- P. 53-57.
513. Ludyga S. Systematic review and meta-analysis investigating moderators of long-term effects of exercise on cognition in healthy individuals / S. Ludyg, M. Gerber, U. Pühse et al. // *Nat Hum Behav.* -2020.- V.4.- No.6.- P. 603-612.
514. Luksa T.L. Atrophy in two attention networks is associated with performance on a Flanker task in neurodegenerative disease /T.L. Luksa, M. Oliveira, K.L. Possin // *Neuropsychologia.* -2010. - V.48.- P.165–170.
515. Luna B. Developmental changes in cognitive control through adolescence / B. Luna // *Adv Child Dev Behav.* -2009. -V.37. -P.233-278.
516. Luna B. Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood / B. Luna, K. Garver, T. Urban et al. // *Child Development.* - 2004. -V.75.- №5.- P.1357-1372.
517. Luna B. An integrative model of the maturation of cognitive control/ B. Luna, S. Marek, B. Larsen et al. // *Annu. Rev. Neurosci.* – 2015.-V.38.- P.151–170.
518. Lustenberger C. Functional role of frontal alpha oscillations in creativity / C. Lustenberger, M.R. Boyle, A.A. Foulser et al. // *Cortex.* -2015.- V.67.- P. 74-82.
519. Lustig C. Aging, training, and the brain: a review and future directions / C. Lustig, P. Shah, R. Seidler, P.A. Reuter-Lorenz // *Neuropsychol Rev.* -2009.- V.19.- No.4.- P. 504-22.
520. Lynn R. Gender differences in extraversion, neuroticism, and psychoticism in

- 37 nations. / R. Lynn, T. Martin // *The Journal of Social Psychology*.- 1997.- V. 137.- No.3.- P. 369–373.
521. Ma J. Effectiveness of nature-based walking interventions in improving mental health in adults: a systematic review/J. Ma, P. Lin, J. Williams // *Curr Psychol*.- 2023. -doi: 10.1007/s12144-023-05112-z
522. Maciej K. Is creativity without intelligence possible? A Necessary Condition Analysis / K. Maciej, J. Dul, J. Gralewski et al. // *Intelligence*. -2016. -V. 57. doi: 10.1016/j.intell.2016.04.006
523. MacQueen J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations / J. MacQueen // *Proc. 5th Berkeley Symp. on Math. Statistics and Probability*.1967.- P.281—297.
524. Mack M. Cognitive-motor multitasking in older adults: a randomized controlled study on the effects of individual differences on training success / M. Mack, R. Stojan, O. Bock, et al. // *BMC Geriatr*. - 2022.- V.22.- Ar. 581. Doi: 10.1186/s12877-022-03201-5
525. Madore K. P. Divergent creative thinking in young and older adults: Extending the effects of an episodic specificity induction / K.P. Madore, H.G. Jing, D.L. Schacter // *Memory & Cognition*. - 2016.-V.44.- No.6.- P. 974–988.
526. Maharjan R. Role of lifestyle in neuroplasticity and neurogenesis in an aging brain / R. Maharjan, L.D. Bustamante, K.N. Ghattas, et al. // *Cureus*. -2020. - V.12. -№ 9. Ar. e10639. Doi: 10.7759/cureus.10639
527. Mahncke H.W. Brain plasticity and functional losses in the aged: scientific bases for a novel intervention / H.W. Mahncke, A. Bronstone, M.M. Merzenich // *Progress in Brain Res*. -2006.- V. 157.- P. 81-109
528. Marín-Morales J. Affective computing in virtual reality: emotion recognition from brain and heartbeat dynamics using wearable sensors / J. Marín-Morales, J. L. Higuera-Trujillo, A. Greco et al. // *Scientific Reports*. - 2018.- V.8.- Ar.13657. DOI:10.1038/s41598-018-32063-4

529. Marín-Morales J. Recognition in immersive virtual reality: From statistics to affective computing / J. Marín-Morales, C. Llinares, J. Guixeres, M. Alcañiz // *Sensors*. - 2020.- V.20.- No.18.- Ar.163. Doi: 10.3390/s20185163
530. Marois J. // Capacity limits of information processing in the brain / J. Marois R. Ivanoff // *Trends Cogn. Sci.*-2005-V. 9.- No.6.- P. 296–305.
531. Marquez P.G. Relating emotional intelligence to social competence and academic achievement in high school students / P.G. Marquez, R.P. Martin, M.A. Baracket // *Psichotema*. -2006. -V. 1. - No.18. - P.18 – 23.
532. Martin L. Affective episodic memory system for virtual creatures: The first step of emotion-oriented memory / L. Martin, J.H. Rosales, K. Jaime, F. Ramos // *Comput Intell Neurosci*. -2021. -Ar. 7954140. doi: 10.1155/2021/7954140.
533. Martindale C. Biological bases of creativity. In R. Sternberg, (Ed.), *Handbook of Creativity*: Cambridge: University Press. 1999. – P. 137-152.
534. Mather M. The Affective Neuroscience of Aging / M. Mather // *Annu Rev Psychol*.- 2016.- V.67.- P.213-238.
535. Matthews G. What is this thing called emotional intelligence? / G. Matthews, A.K. Emo, R.D. Roberts, M. Zeidner - In K. R. Murphy (Ed.), *A critique of emotional intelligence: What are the problems and how can they be fixed?* Lawrence Erlbaum Associates Publishers. - 2006.- 3–36.
536. Matysiak O. Working memory capacity as a predictor of cognitive training efficacy in the elderly population / O. Matysiak, A. Kroemeke, A. Brzezicka // *Frontiers in Aging Neuroscience*. -2019. -No. 11.- Ar. 126. DOI:10.3389/fnagi.2019.00126
537. Maxcey A.M. Recognition practice results in a generalizable skill in older adults: Decreased intrusion errors to novel objects belonging to practiced categories / A.M. Maxcey, J. Bostic, T. Maldonado // *Applied Cognitive Psychology*. -2016. -V.30. -P.643–649.
538. Maxwell A. The modular and integrative functional architecture of the human brain / A. Maxwell, B. B. Thomas, T. Yeo, M. D’Esposito // *PNAS*. -2015. -Ar. E6798–E6807. Doi:10.1073/pnas.1510619112

539. Mayer J.D. Emotional intelligence as a standard intelligence / J.D. Mayer, P. Salovey, D.R. Caruso, G. Sitarenios // *Emotion*. -2001. -V.-1. -No.3. -P.232-242.
540. McAllister E. Into the woods or a stroll in the park: How virtual contact with nature impacts positive and negative affect / E. McAllister, N. Bhullar, N.S. Schutte // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. - 2017.-V.14.- Ar.786
541. McMahan E.A. The effect of contact with natural environments on positive and negative affect: A Meta-Analysis / E.A. McMahan, D. Estes // *J. Posit. Psychol.* -2015.-V.10.-P.507–519.
542. McCade D. Review of emotion recognition in mild cognitive impairment / D. McCade, G. Savage, S.L. Naismith // *Dement Geriatr Cogn Disord*. - 2011.- V.32.- No.4.- P. 257-66.
543. Melby-Lervåg M. Is working memory training effective? A meta-analytic review / M. Melby-Lervåg, C. Hulme // *Dev Psychol*. – 2013.- 49.- No.2.- P. 270-291.
544. Menary K. Associations between cortical thickness and general intelligence in children, adolescents and young adults / K. Menary, P.F. Collins, J.N. Porter et al. // *Intelligence*. - 2013.- V.41.- No.5.- P. 597-606.
545. Mendes L. A Conceptual view of cognitive intervention in older adults with and without cognitive decline- A systemic review / L. Mendes, J. Oliveira, F. Barbosa, M. Castelo-Branco // *Front Aging*. -2022. - V. 3.- Ar. 844725. doi: 10.3389/fragi.2022.844725.
546. Mercer T. Tracking proactive interference in visual memory / T. Mercer, R-J. Jarvis, R. Lawton, F. Walters // *Frontiers in Psychology*. - 2022.- V. 13. Ar. 896866. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.896866.
547. Meunier D. Age-related changes in modular organization of human brain functional networks / D. Meunier, S. Achard, A. Morcom, E. Bullmore // *NeuroImage*.- 2009.- V.44.- P. 715–723.
548. Mezentsev Yu. A. Binary cut-and-branch method for solving linear programming problems with boolean variables. 2016 CEUR Workshop

Proceedings. EID: 2-s2.0-85019596857 <http://ceur-ws.org/Vol-1623/paperco12.pdf>

549. Mezentsev Y. Binary cut-and-branch method for solving mixed integer programming problems // *Constructive Nonsmooth Analysis and Related Topics (Dedicated to the Memory of V.F. Demyanov)*, CNSA 2017 doi.org/10.1109/cnsa.2017.7973989
550. Mezentsev Y.A., Estraykh I.V. On problems and algorithm of clustering and constructing optimal routes by speed criterion // *14th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2018*. DOI: 10.1109 / APEIE.2018.8546185
551. Metzler-Baddeley C, Caeyenberghs K, Foley S, Jones DK. Longitudinal data on cortical thickness before and after working memory training / C. Metzler-Baddeley, K. Caeyenberghs, S. Foley, D.K. Jones // *Data Brief.*-2016.- V.7.- P.1143-1147.
552. Miettunen J. Sex differences in Wisconsin Schizotypy Scales -a meta-analysis / J. Miettunen, E. Jääskeläinen // *Schizophr Bull.* - 2010.- V.36.- No.2.-P. 347-358.
553. Mičić S. The impact of working memory training on cognitive abilities in older adults: The Role of Cognitive Reserve / S. Mičić, M. Horvat, K. Bakracevic // *Curr Aging Sci.* 2020. -V. 13. -№ 1. -P. 52-61.
554. Mihov K.M., Denzler M., Forster J. Hemispheric specialization and creative thinking: A meta_analytic review of lateralization of creativity /K.M. Mihov, M. Denzler, J. Forster // *Brain Cogn.* -2010. -V.72.- P. 442–448
555. Mikels J.A. Emotion, aging, and decision making: A state of the art mini-review / J.A. Mikels, D.B. Taullahu // *Adv Geriatr Med Res.* -2023.- V.5.- No.1.- Ar. e230003. Doi: 10.20900/agmr20230003
556. Mill R.D. From connectome to cognition: The search for mechanism in human functional brain networks / R.D. Mill, T. Ito, M.W. Cole // *Neuroimage.* -2017.-V. 160. -P. 124–139.

557. Miller G. Health psychology: developing biologically plausible models linking the social world and physical health / G. Miller, E. Chen, S.W. Cole // *Annu Rev Psychol.*- 2009.-60.-P. 501-524.
558. Mishkin M., Ungerleider L.G., Macko K.A. Object vision and spatial vision: two cortical pathways // *Trends in Neurosci.* 1983. V.6. P. 414-417.
559. Mitchell M.B. Cognitively stimulating activities: Effects on cognition across four studies with up to 21 years of longitudinal data / M.B. Mitchell, C.R. Cimino, A. Benitez et al. // *J Aging Res.* - 2012.-Ar. 461592. doi: 10.1155/2012/461592
560. Mitchell D.J. Neural contributions to reduced fluid intelligence across the adult lifespan / D.J. Mitchell, A.L.S. Mousley, M.A. Shafto et al. // *J Neurosci.* -2023.- V. 43.- No.2.- P.293-307.
561. Miyake A. The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions / A. Miyake, N.P. Friedman // *Curr Dir Psychol Sci.* -2012.- V.21.- No.1.- P.8-14.
562. Moffitt T.E. A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety / T.E. Moffitt, L. Arseneault, D. Belsky et al. // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 2012.-V.108.- P. 2693–2698.
563. Mohammed S. The benefits and challenges of implementing motivational features to boost cognitive training outcome / S. Mohammed, L. Flores, J. Deveau, et al. // *Journal of Cognitive Enhancement: Towards the Integration of Theory and Practice.* -2017.- V.1.- No.4.- P. 491-507.
564. Moreira J.F.G. Characterizing the network architecture of emotion regulation neurodevelopment / J.F.G. Moreira, K.A. McLaughlin, J.A. Silvers // *Cerebral Cortex.* -2021. -V.31. -P. 4140–4150.
565. Mourgues C. V. The relationship between analytical and creative cognitive skills from middle childhood to adolescence: Testing the threshold theory in the Kingdom of Saudi Arabia / C. V. Mourgues, M. Tan, S. Hein et al. // *Learning and Individual Differences.* -2016. -V. 52. -P. 137–147.

566. Muhle-Karbe P.S. Neural coding for instruction-based task sets in human frontoparietal and visual cortex / P.S. Muhle-Karbe, J. Duncan, W. Baene et al. // *Cereb. Cortex*. -2017. V. 27.-P.1891–1905.
567. Mungas D. Heterogeneity of cognitive trajectories in diverse older persons / D. Mungas, L. Beckett, D. Harvey, et al. // *Psychol Aging*. - 2010.- V.25.-P. 606–619.
568. Murayama K. Forgetting as a consequence of retrieval: A meta-analytic review of retrieval induced forgetting / K. Murayama, T. Miyatsu, D. Buchli, B.C. Storm // *Psychological Bulletin*. -2014. -V.140. -P. 1383–1409.
569. Nagy B. Investigating the involvement of cognitive control processes in innovative and adaptive creativity and their age-related changes / B. Nagy, I. Czigler, P. Csizmadia et al. // *Front. Hum. Neurosci*. - 2023– V.17.- Ar.1033508. doi: 10.3389/fnhum.2023.1033508
570. Naderi H. Intelligence, creativity and gender as predictors of academic achievement among undergraduate students / H. Naderi, A. Rohani, A.H. Tengku // *J. American Science*. -2009. -V.5. -No.3. -P.8-19.
571. Nakao T. Resting-state EEG power predicts conflict-related brain activity in internally guided but not in externally guided decision-making / T. Nakao, Y. Bai, H. Nashiwa, G. Northoff // *NeuroImage*. - 2013.- V.66.-P. 9-21.
572. Nashiro K. Age differences in brain activity during emotion processing: reflections of age-related decline or increased emotion regulation? / K. Nashiro, M. Sakaki, M. Mather // *Gerontology*. -2012.- V.58.- No.2.-P.156-163.
573. Navarro Lobato I. Increased cortical plasticity leads to memory interference and enhanced hippocampal-cortical interactions / I. Navarro Lobato, A. Aleman-Zapata, A. Samanta et al. // *Elife*. - 2023. - V.12.- Ar. e84911. doi: 10.7554/eLife.84911.
574. Noreen S. What do we really know about cognitive inhibition? Task demands and inhibitory effects across a range of memory and behavioral tasks / S. Noreen, M.D. MacLeod // *PLoS ONE*. -2015. -V.10. -P. 1-21.

575. Neubauer A.C. Intelligence and neural efficiency / A.C. Neubauer, A. Fink // *Neurosci Biobehav Rev.* - 2009.- V.33.- No.7.- P. 1004-1023.
576. Newell A., Simon H. GPS, A Program that Simulates Human Thought. In: *Computers and Thought*, E. A. Feigenbaum and J. Feldman (eds.), R. Oldenbourg KG., 1963.
577. Nijstad B. A. The dual pathway to creativity model: Creative ideation as a function of flexibility and persistence / B.A. Nijstad, C.K.W. De Dreu, E.F. Rietzschel, M. Baas // *European Review of Social Psychology.* - 2010.- V.21.- No.1.- P. 34–77.
578. Nikolaeva E.I. The correlation between intelligence, creativity and the parameters of sensorimotor integration in children of different ages / E.I. Nikolaeva, A.V. Novikova, E.G. Vergunov // *Psychology in Russia: State of the Art.*- 2018.- V. 11.- No.2.- P. 68-80.
579. Nisbet E. K. Happiness is in our nature: Exploring nature relatedness as a contributor to subjective well-being / E.K. Nisbet, J.M. Zelenski, S. A. Murphy // *J Happiness Studies.* -2011.-V.12.-303.
580. Nobukawa S. High phase synchronization in alpha band activity in older subjects with high creativity / S. Nobukawa, T. Yamanishi, K. Ueno et al. // *Front Hum Neurosci.* -2020.- V.14.- Ar. 583049. doi: 10.3389/fnhum.2020.583049.
581. Noreen S. What do we really know about cognitive inhibition? Task demands and inhibitory effects across a range of memory and behavioral tasks / S. Noreen, M.D. MacLeod // *PLoS ONE.* -2015. -V.10. -P. 1-21.
582. Nocera J.R. Effects of combined aerobic exercise and cognitive training on verbal fluency in older adults / J.R. Nocera, K. Mammino, Y. Kommula et al. // *Gerontol Geriatr Med.* 2020.- V. 6.- doi: 10.1177/2333721419896884
583. Norris D. G. Can short-term memory be trained? / D. G. Norris, J. Hall, S. E. Gathercole // *Memory & Cognition.* - 2019.- V. 47.- No.5. - P. 1012–1023.
584. Nosek B. A. Implicit social cognitions predict sex differences in math engagement and achievement / B.A. Nosek, F.L. Smyth // *American Educational Research Journal.* - 2011.- V.48.- No.5.-P. 1125–1156.

585. Nucci M. The cognitive Reserve Questionnaire (CRIq): a new instrument for measuring the cognitive reserve / M. Nucci, D. Mapelli, S. Mondini // *Aging clinical and experimental research*. - 2012.-V.24.-P. 218-126.
586. Nyberg L. Educational attainment does not influence brain aging / L. Nyberg, F. Magnussen, A. Lundquist et al. // *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2021.- V.118.- No. 18.- e2101644118. doi: 10.1073/pnas.2101644118.
587. Nussenbaum K. Reinforcement learning across development: What insights can we draw from a decade of research? / K. Nussenbaum, C.A. Hartley // *Dev Cogn Neurosci*. -2019. -V.40. -№100733. doi: 10.1016/j.dcn.2019.100733.
588. Nyberg L. Memory aging and brain maintenance / L. Nyberg, M. Lövdén, K. Riklund et al. // *Trends Cogn. Sci*. -2012- V.16.- No.5.-P. 292-305.
589. Oberauer K. An interference model of visual working memory / K. Oberauer, H.-Y. Lin // *Psychological Review*.- 2017. – V.124.- No.1.- P. 21–59.
590. O'Connell M.A. Effects of task complexity and age-differences on task-related functional connectivity of attentional networks / M.A. O'Connell, C. Basak // *Neuropsychologia*. -2018.- V.114.- P. 50-64.
591. Ogawa T. Large-scale brain network associated with creative insight: combined voxel-based morphometry and resting-state functional connectivity analyses / T. Ogawa, T. Aihara, T. Shimokawa, O. Yamashita // *Sci Rep*. 2018.- V.8.- No.1.- Ar. 6477. doi: 10.1038/s41598-018-24981-0.
592. Oh Y. An insight-related neural reward signal / Y. Oh, C. Chesebrough, B. Erickson et al. // *Neuroimage*. -2020.- V. 214.- Ar.116757. doi: 10.1016/j.neuroimage.2020.116757.
593. Oh W. The Effectiveness of a multimodal brain empowerment program in mild cognitive impairment: A single-blind, quasi-randomized experimental study / W. Oh, H. Park, M. Hallett, J.H. You // *J. Clin. Med*. -2023.- V. 12.- Ar. 4895. Doi: 10.3390/jcm12154895
594. Oh H. Cognitive modeling of task switching in discretionary multitasking based on the ACT-R cognitive architecture / H. Oh, Y. Yun, R. Myung // *Appl. Sci*. -2021. -V. 11. -Ar. 3967. Doi: 10.3390/app11093967

595. Ohly H. Attention restoration theory: a systematic review of the attention restoration potential of exposure to natural environments / H. Ohly, M.P. White, B.W. Wheeler et al. // *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* – 2016.- V.19.-P. 305–343.
596. Qiu C. Epidemiology of Alzheimer's disease: occurrence, determinants, and strategies toward intervention / C. Qiu, M. Kivipelto, E. von Strauss // *Dialogues Clin Neurosci.* -2009.- V.11.- No.2.-P.111-128.
597. Ogawa T. Large-scale brain network associated with creative insight: combined voxel-based morphometry and resting-state functional connectivity analyses / T. Ogawa, T. Aihara, T. Shimokawa, et al. // *Sci Rep.*- 2018.- V. 8.- Ar. 6477. Doi: 10.1038/s41598-018-24981-0
598. O'Neil-Pirozzi T.M. The importance of motivation to older adult physical and cognitive exercise program development, initiation, and adherence / T.M. O'Neil-Pirozzi, G. Cattaneo, J. Solana-Sánchez, et al. // *Frontiers in Aging.*- 2022.- V. 3.-Ar. 773944. DOI: 10.3389/fragi.2022.773944.
599. Olazarán J. Cognitive reserve and cognitive function in healthy older people: a meta-analysis / J. Olazarán, R. Muñiz, B. Reisberg et al. // *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn.* -2016.- V.23.- No.1.-P. 40-60.
600. Öztekin I. Distributed patterns of brain activity that lead to forgetting / I. Öztekin, D. Badre // *Frontiers in Human Neuroscience.*- 2011.- V. 5.- Ar. 86. Doi: 10.3389/fnhum.2011.00086
601. Pahud O. Elucidating the functional relationship between speed of information processing and speed-, capacity-, and memory-related aspects of psychometric intelligence / O. Pahud, T.H. Rammsayer, S.J. Troche // *Adv Cogn Psychol.* -2018. -V.13. -№1. -P.3-13. doi:10.5709/acp-0233-4
602. Palenciano A.F. Transient and sustained control mechanisms supporting novel instructed behavior /A.F. Palenciano, C. González-García, J.E. Arco, M. Ruz // *Cereb. Cortex.* -2019.- V.29. -P. 3948–3960.

603. Palmiero M. Divergent thinking and age-related changes / M. Palmiero, D. Di Giacomo, D. Passafiume // *Creativity Research Journal*. - 2014. – V.26.- No.4.- P. 456–460.
604. Palmiero M. Verbal and visual divergent thinking in aging / M. Palmiero, R. Nori, L. Piccardi // *Exp Brain Res*. -2017.- V.235.- No. 4.- P. 1021-1029.
605. Palmiero M. Divergent thinking and the core executive functions: a state-of-the-art review / M. Palmiero, G. Fusi, M. Crepaldi et al. // *Cogn Process*. -2022.- V.23.- No. 3. - P. 341-366.
606. Pamplona G.S. Analyzing the association between functional connectivity of the brain and intellectual performance / G. S. Pamplona, G.S. Santos Neto, S.R. Rosset et al. // *Front Hum Neurosci*. - 2015. - V. 9. - Ar.-61. doi: 10.3389/fnhum.2015.00061
607. Pan Q. Development of self-control in early childhood — a growth mixture modeling approach / Q. Pan, Q. Zhu // *Cogent Psychology*. 2018. -V.5. No.1. - P.544-537.
608. Papp K. V. Immediate and delayed effects of cognitive interventions in healthy elderly: a review of current literature and future directions / K. V. Papp, S. J. Walsh, P. J. Snyder // *Alzheimers Dement*. - 2009.- V.5.-P. 50–60.
609. Pardo J.V. Where the brain grows old: Decline in anterior cingulate and medial prefrontal function with normal aging / J.V. Pardo, J.T. Lee, S.A. Sheikh et al. // *Neuroimage*. -2007. -V. 35.-P.1231–1237.
610. Park D.C., Bischof G.N. The aging mind: neuroplasticity in response to cognitive training / D.C. Park, G.N. Bischof // *Dialogues in clinical neuroscience*. -2013. -V. 15. -№ 1. -P. 109-119.
611. Park D.C. The adaptive brain: Aging and neurocognitive scaffolding / D.C. Park, P. Reuter-Lorenz // *Ann. Rev. Psychol*. -2009.- V. 60. P. 173–196.
612. Pastötter B. Retrieval practice enhances new learning: the forward effect of testing / B. Pastötter, K.H. Bäuml // *Front Psychol*. -2014.- V.5.- Ar. 286. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00286.

613. Pastötter B. Retrieval during learning facilitates subsequent memory encoding / B. Pastötter, S. Schicker, J. Niedernhuber, K.H. Bäuml // *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* -2011.- V.37.- No. 2.- P.287-297.
614. Pauwels L. Aging and brain plasticity / L. Pauwels, S. Chalavi, S.P. Swinnen // *Aging (Albany NY).* - 2018. - V. 10. -№ 8. - P. 1789-1790.
615. Pearl J. Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference. Elsevier Inc. 1988. - 552 p.
616. Peng J. The effects of working memory training on improving fluid intelligence of children during early childhood / J. Peng, L. Mo, P. Huang, Y. Zhou // *Cognitive Development.* - 2017.-V.43.-P. 224–234.
617. Pergher V. N-back training and transfer effects revealed by behavioral responses and EEG / V. Pergher, B. Wittevrongel, J. Tournoy et al. // *Brain Behav.* -2018.-V. 8.-No.11.- Ar. e01136. doi: 10.1002/brb3.1136
618. Petsche H. The possible meaning of the upper and lower alpha frequency ranges for cognitive and creative tasks / H. Petsche, S. Kaplan, A. von Stein, O. Filz // *Int J Psychophysiol.* 1997.- V. 26.- No. (1-3). - P. 77-97.
619. Peeters A. Misplacing memories? An enactive approach to the virtual memory palace / A. Peeters, M. Segundo-Ortin // *Consciousness and Cognition.*- 2019.- V.76.- Ar.102834.
620. Phillips E.M. Motivating elders to initiate and maintain exercise /E.M. Phillips, J.C. Schneider, G.R. Mercer // *Arch Phys Med Rehabil.* -2004.- V.85.- (7 Suppl 3):S52-7; quiz S58-9. doi: 10.1016/j.apmr.2004.03.012.
621. Pica G. Retrieval-Induced Forgetting as motivated cognition / G. Pica, M. Chernikova, A. Pierro et al. // *Frontiers in Psychology*, 2018.-V. 9. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02030.
622. Pietschnig J. Meta-analysis of associations between human brain volume and intelligence differences: how strong are they and what do they mean?/ J. Pietschnig, L. Penke, J.M. Wicherts et al. // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2015.- V.57.- P. 411–432.

623. Pietschnig, J. One century of global IQ gains: A formal metaanalysis of the Flynn effect (1909–2013) / Pietschnig, M. Voracek // *Perspectives on Psychological Science: A Journal of the Association for Psychological Science*-2016-V.10.- No.3.- P. 282–306
624. Planche V. Hippocampal microstructural damage correlates with memory impairment in clinically isolated syndrome suggestive of multiple sclerosis / V. Planche, A. Ruet, P. Coupé et al. // *Mult Scler.* -2017.- V.23.- No. 9.-P. 1214-1224.
625. Platt J.M. The Flynn effect for fluid IQ may not generalize to all ages or ability levels: a population-based study of 10,000 US adolescents / J. M. Platt, K.M. Keyes, K.A. McLaughlin, A.S. Kaufman // *Intelligence.* -2019.- V. 77.- Ar. 101385. doi: 10.1016/j.intell.2019.101385.
626. Poldrack R.A. The cognitive atlas: toward a knowledge foundation for cognitive neuroscience / R.A. Poldrack, A. Kittur, D. Kalar et al. // *Front. Neuroinformatics.*- 2011.- V. 5.- Ar.17.
627. Preckel F. Relationship of intelligence and creativity in gifted and non-gifted students: an investigation of threshold theory / F. Preckel, H. Holling, M. Wiese // *Pers. Individ. Dif.* -2006.- V.40. -P.159–170.
628. Presti P. Measuring arousal and valence generated by the dynamic experience of architectural forms in virtual environments / P. Presti, D. Ruzzon, P. Avanzini, et al. // *Sci Rep.* -2022.- V.12.-No. 1.- Ar. 13376. doi: 10.1038/s41598-022-17689-9.
629. Pretty J. The mental and physical health outcomes of green exercise / J. Pretty, J. Peacock, M. Sellens, M. Griffin // *Int J Environ Health Res.* – 2005.- V.15.- No. 5.- P. 319-337.
630. Prezenski S. Cognitive modeling approach to strategy formation in dynamic decision making /S. Prezenski, A. Brechmann, S. Wolff, N.A. Russwinkel // *Front Psychol.*- 2017. -V.8. -Ar.1335. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01335.
631. Quattropani M.C. Impact of cognitive reserve and premorbid IQ on cognitive and functional status in older outpatients / M.C. Quattropani, A. Sardella, F.

- Morgante, et al. // *Brain Sci.*- 2021.- V.11.- Ar. 824. Doi: 10.3390/brainsci11070824
632. Randall J.G. Mind-wandering, cognition, and performance: a theory-driven meta-analysis of attention regulation / J.G. Randall, F.L. Oswald, M.e. Beier // *Psychol Bull.* -2014.- V.140.- No. 6.- P.1411-1431. doi: 10.1037/a0037428.
633. Radüntz T. Dual frequency head maps: A new method for indexing mental workload continuously during execution of cognitive tasks / Radüntz T. // *Front Physiol.* – 2017.- V.8.- Ar. 1019.
634. Ramme R. A. The relationship between cognitive ability and motivation during cognitive tasks of varying complexity / R.A. Ramme, D.L. Neumann, C.L. Donovan // *Learning and Motivation.* - 2022.- V. 77.- P. 1–10.
635. Rammsayer T. H. Performance on temporal information processing as an index of general intelligence / T.H. Rammsayer, S. Brandler // *Intelligence.* - 2007. -V.35. -P.123–139.
636. Ratcliff R. Aging, practice, and perceptual tasks: a diffusion model analysis / R. Ratcliff, A. Thapar, G. McKoon // *Psychol Aging.* - 2006.- V. 21.- P.353–371.
637. Raz N. Neuroanatomical correlates of fluid intelligence in healthy adults and persons with vascular risk factors / N.U.P. Raz, U.P. Lindenberger, P. Ghisletta et al. // *Cereb Cortex.*- 2008.- V.18.- No.3.- P. 718–726.
638. Rass O. A randomized controlled trial of the effects of working memory training in methadone maintenance patients / O. Rass, R.L. Schacht, K. Buckheit, et al.// *Drug Alcohol Depend.* -2015.- V.156.- P. 38-46.
639. Razumnikova O.M. Gender differences in hemispheric organization during divergent thinking: an EEG investigation in human subjects / O.M. Razumnikova // *Neurosci Lett.* -2004.- V.362.- No.3.- P.193-195. doi: 10.1016/j.neulet.2004.02.066
640. Razumnikova O. M. Creativity related cortex activity in the remote associates task / O.M. Razumnikova // *Brain Research Bulletin.* - 2007.- V. 73.- No. (1-3).- P.96–102. doi: 10.1016/j.brainresbull.2007.02.008

641. Razumnikova O.M. The functional significance of alfa 2 bioelectric potentials during convergent and divergent thinking / O.M. Razumnikova // *Human Physiology*. - 2007.- V.33.- No.2 – P. 146-156.
642. Razumnikova O. A computerized cognitive test battery. Individual differences in cognitive characteristics: Measuring and dynamic of training / O. Razumnikova, M. Savinykh, R. Suslov, R. Petrov // *Proc. 11th Intern. Forum on Strategic Technology (IFOST)*. 2016. - P. 256-258.
643. Razumnikova O.M. Age-related changes in inhibition after cognitive training / O.M. Razumnikova, A.A. Yashaninna // *11th International Multiconference Bioinformatics of Genome Regulation and Structure\Systems Biology (BGRS\SB)*. - 2018.- P. 120-123. DOI: 10.1109/CSGB.2018.8544916
644. Reber J. Sex differences in the functional lateralization of emotion and decision making in the human brain / J. Reber, D. Tranel // *J Neurosci Res*. - 2017.- V. 95.- No. (1-2).- P. 270-278. doi: 10.1002/jnr.23829.
645. Rebok G.W. Ten-year effects of the advanced cognitive training for independent and vital elderly cognitive training trial on cognition and everyday functioning in older adults /G.W. Rebok, K. Ball. L.T. Guey et al. // *J Am Geriatr Soc*. -2014.- V. 62.- No.1.- P. 16-24.
646. Redick T. S. On the relation of working memory and multitasking: Memory span and synthetic work performance / T. S. Redick // *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*. - 2016.- V. 5.- No.4.- P. 401–409.
647. Redick T.S. The role of proactive interference in working memory training and transfer / T.S. Redick, E.A. Wiemers, R.W. Engle // *Psychol Res*. -2020.- V. 84.- No.6.- P. 1635-1654.
648. Reed, A. E. The theory behind the age-related positivity effect /A.E. Reed, L.L. Carstensen // *Frontiers in Psychology*. - 2012.- V. 3.- Ar.339. Doi: 10.3389/fpsyg.2012.00339
649. Reese H. W. Effects of intellectual variables, age, and gender on divergent thinking in adulthood /H.W. Reese, L.-J. Lee, S.H. Cohen et al. // *International Journal of Behavioral Development*. - 2001.- V. 25.- No. 6.- P. 491–500.

650. Reuter-Lorenz, P. A. Neurocognitive aging and the compensation hypothesis / P.A. Reuter-Lorenz, K.A. Cappell // *Current Directions in Psychological Science*. - 2008.- V.17.- No.3.- P.177–182.
651. Reuter-Lorenz PA, Park DC. How does it STAC up? Revisiting the scaffolding theory of aging and cognition / P.A. Reuter-Lorenz, D.C. Park// *Neuropsychol Rev*. -2014.- V. 24.- No.3.- P. 355-70.
652. Reyna V. F. How people make decisions that involve risk: A dual-processes approach / V.E. Reyna // *Current Directions in Psychological Science*.- 2004.- V. 13.- No.2.- P. 60-66.
653. Ribner AD. Executive function buffers the association between early math and later academic skills /A.D. Ribner, M.T. Willoughby, C.B. Blair // *Front Psychol*. – 2017.- V. 30.- No. 8. -Ar. 869. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00869.
654. Richards J.M. Emotion regulation and memory: the cognitive costs of keeping one's cool / J.M. Richards, J.J. Gross // *J Pers Soc Psychol*. -2000. -V.79. -No.3. -P.410-424.
655. Riemer F. Dynamic switching between intrinsic and extrinsic mode networks as demands change from passive to active processing / F. Riemer, R. Grüner, J. Beresniewicz et al.// *Sci Rep*. -2020.- V.10.- No.1.- Ar. 21463. doi: 10.1038/s41598-020-78579-6
656. Rindermann H. Survey of expert opinion on intelligence: Causes of international differences in cognitive ability tests / H. Rindermann, D. Becker, T.R. Coyle // *Frontiers in psychology*. 2016.- V. 7.- Ar.399. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00399
657. Ritchie S.J. How much does education improve intelligence? A meta-analysis /S.J. Ritchie, E.M. Tucker-Drob // *Psychol Sci*.- 2018.-V.29.- No.8.- P.1358–1369.
658. Ritter F.E. ACT-R: A cognitive architecture for modeling cognition WIREs / F.E. Ritter, F. Tehranchi, J.D. Oury // *Cogn Sci*. -2018. -Ar. e1488 DOI: 10.1002/wcs.1488

659. Riva G. Affective interactions using virtual reality: the link between presence and emotions / G. Riva, F. Mantovani, C.S. Capideville et al. // *Cyberpsychol Behav.* -2007.- V. 10.- No.1.- P.45–56.
660. Rizzo A. Schultheis M. T., Rothbaum, B. O. Ethical issues for the use of virtual reality in the psychological sciences. In S. S. Bush & M. L. Drexler (Eds.), *Ethical issues in clinical neuropsychology*: Swets & Zeitlinger Publishers. 2002.- P.243-277.
661. Robinson D.L. The neurophysiological bases of high IQ / D.L. Robinson // *Int J Neurosci.* -1989.- V.46.- No. 3-4.- P.209-234. doi: 10.3109/00207458908986260.
662. Robinson, D. L. Age differences, cerebral arousability, and human intelligence / D.L. Robinson // *Personality and Individual Differences.*- 2001.- V. 23.- P. 601-608.
663. Robinson, D. L. How brain arousal systems determine different temperament types and the major dimensions of personality / D.L. Robinson // *Personality and Individual Differences.* - 2001.- V.31.- No. 8.- P. 1233–1259.
664. Rodriguez F.S. Systematic review on the impact of intelligence on cognitive decline and dementia risk / F.S. Rodriguez, T. Lachmann // *Front Psychiatry.* 2020.-V.11.- Ar. 658. doi: 10.3389/fpsyt.2020.00658
665. Rodríguez S. Gender differences in mathematics motivation: Differential effects on performance in primary education / S. Rodríguez, B. Regueiro, L. Piñeiro et al. // *Frontiers in Psychology.* - 2020.- V. 10.- Ar. 3050. Doi: 10.3389/fpsyg.2019.03050
666. Roe J.M. Asymmetric thinning of the cerebral cortex across the adult lifespan is accelerated in Alzheimer's disease /J.M. Roe, D. Vidal-Piñeiro, Ø. Sørensen, et al. // *Nat Commun.* - 2021.- V.12.- Ar. 721. Doi: 10.1038/s41467-021-21057-y
667. Roediger H. L. Test-enhanced learning: taking memory tests improves long-term retention / H.L. Roediger, J. D. Karpicke // *Psychol. Sci.*- 2006.-V.17.- P. 249–255. Doi: 10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x

668. Rogala J. Resting-state EEG activity predicts frontoparietal network reconfiguration and improved attentional performance / J. Rogala, E. Kublik, R. Krauz, et al. // *Sci Rep.*- 2020.-V. 10.- Ar. 5064. Doi: 10.1038/s41598-020-61866-7
669. Roheger M. Prognostic factors for change in memory test performance after memory training in healthy older adults: a systematic review and outline of statistical challenges / M. Roheger, A-K. Folkerts, F. Krohm et al. // *Diagnostic and Prognostic Research.* -2020. -No. 4. -Ar.7. DOI:10.1186/s41512-020-0071-8
670. Roheger M. A systematic review and network meta-analysis of interventions for subjective cognitive decline / M. Roheger, X.S. Hennersdorf, S. Riemann S et al. // *Alzheimers Dement (N Y).* -2021.- V.7.- No. 1. Ar. e12180. doi: 10.1002/trc2.12180
671. Rondina R. Age-related changes to oscillatory dynamics during maintenance and retrieval in a relational memory task / R. Rondina, R.K. Olsen // *PLoS One.* – 2019.-V.14.- No.2.- Ar. e0211851.
672. Rothouse M. Navigating the creative wilderness: A depth psychological perspective / M. Rothouse // *Journal of Creativity.*- 2023.-V. 33.- No. 2.- Ar. 100052
673. Rowland C.A. The effect of testing versus restudy on retention: a meta-analytic review of the testing effect / C.A. Rowland // *Psychol Bull.* -2014.- V.140.- No. 6.-P.1432-1463.
674. Rozas A.X. Processing speed, inhibitory control, and working memory: three important factors to account for age-related cognitive decline / A.X. Rozas, Juncos-Rabadán, M.S. González // *Int J Aging Hum Dev.* - 2008.- V.66.- P. 115-130.
675. Rosenzweig E.S. Impact of aging on hippocampal function: plasticity, network dynamics, and cognition / E.S. Rosenzweig, C.A. Barnes // *Progress in Neurobiology.* - 2003.- V. 69.- P. 143–179.
676. Rudkin S.J. Executive processes in visual and spatial working memory tasks

- / S.J. Rudkin, D.G. Pearson, R.H. Logie // Q J Exp Psychol (Hove). -2007. -V. 60. -№ 1. -P. 79-100.
677. Ruigrok A.N. A meta-analysis of sex differences in human brain structure /A.N. Ruigrok, G. Salimi-Khorshidi, M.C. Lai, et al. // Neurosci Biobehav Rev.2014.- V. 39.- No.100.- P. 34-50.
678. Russ T.C. Intelligence, Cognitive Reserve, and Dementia: Time for Intervention? // JAMA Netw Open. - 2018. - V.1. - No.5 - Ar. e181724. doi:10.1001/jamanetworkopen.2018.1724.
679. Saggar M. Creativity slumps and bumps: Examining the neurobehavioral basis of creativity development during middle childhood / M. Saggar, H. Xie, R.E. Beaty, et al. // Neuroimage. - 2019.- V.196.- P. 94-101.
680. Sakaki M. Advanced aging enhances the positivity effect in memory: Due to cognitive control or age-related decline in emotional processing? / M. Sakaki, J.A.L. Raw, J. Findlay, M. Thottam, // Collabra: Psychology. - 2019.- V. 5.- No.1.- Ar. 49. – doi: 10.1525/collabra.222
681. Salas N. Two sides of the same coin: Fluid intelligence and crystallized intelligence as cognitive reserve predictors of social cognition and executive functions among vulnerable elderly people / N. Salas, J. Escobar, D. Huepe // Front. Neurol. – 2021.-V.12.- Ar. 599378. doi: 10.3389/fneur.2021.599378
682. Salthouse T.A. Selective review of cognitive aging / T.A. Salthouse // J. Int Neuropsychol Soc.-2010.- V. 16.- No.5.- P. 754-760.
683. Salthouse T. A. What needs to be explained to account for age-related effects on multiple cognitive variables? / T. A. Salthouse, E. Ferrer-Caja // Psychology and Aging. - 2003.- V. 18.- P. 91–110.
684. Salthouse, T. A. Heterogeneous ability profiles may be a unique indicator of impending cognitive decline neuropsychology / T.A. Salthouse, A. Soubelet // Neuropsychology. - 2014.- V. 28.- No. 5.- P. 812-818 doi: 10.1037/neu0000100
685. Salminen T. Age-specific differences of dual n-back training / T. Salminen, P. Frensch, T. Strobach, T. Schubert // Aging, Neuropsychology, and Cognition. -2015. -V. 23.- № 1. - P. 18-39.

686. Samanez-Larkin G.R. Decision making in the ageing brain: changes in affective and motivational circuits / G. R. Samanez-Larkin, B. Knutson // *Nat Rev Neurosci.* -2015.- V.16.- No.5.- P. 278-289. doi: 10.1038/nrn3917.
687. Sánchez-Pérez N. Computer-based training in math and working memory improves cognitive skills and academic achievement in primary school children: Behavioral results / N. Sánchez-Pérez, A. Castillo, J.A. López-López, et al. // *Frontiers in Psychology.* - 2017.- V.8.- Ar. 2327. doi:10.3389/fpsyg.2017.02327.
688. Sánchez-Ruiz M. J. The relationship between trait emotional intelligence and creativity across subject domains / M.J. Sánchez-Ruiz, D. Hernández-Torrano, J.C. Pérez-González, et al. // *Motivation and Emotion.* - 2011.- V. 35.- No. 4.- P. 461–473.
689. Sauseng P. Does cross-frequency phase coupling of oscillatory brain activity contribute to a better understanding of visual working memory? / P. Sauseng, C. Peylo, A.L. Biel et al. // *Br J Psychol.* -2019.- V. 110.- No. 2.- P. 245-255. doi: 10.1111/bjop.12340
690. Saylik R Sex differences in emotion recognition and working memory tasks / R. Saylik, E. Raman, A.J. Szameitat // *Front. Psychol.* – 2018 – V.9.- Ar. 1072. doi: 10.3389/fpsyg.2018.01072
691. Schel M.A. Choosing not to act: Neural bases of the development of intentional inhibition / M.A. Schel, K.R. Ridderinkhof, E.A. Crone // *Develop. Cogn. Neurosci.* -2014. -№10. -P.93–103.
692. Schilling C. J. Examining the costs and benefits of inhibition in memory retrieval / C.J. Schilling, B.C. Storm, M.C. Anderson // *Cognition.*- 2014.- V. 133.- No.2.- P. 358–370. doi:10.1016/j.cognition.2014.07.003
693. Schmand B. The effects of intelligence and education on the development of dementia. A test of the brain reserve hypothesis / B. Schmand, J.H. Smit, M.I. Geerlings, J. Lindeboom // *Psychol Med.* -1997.- V.27.- No.6.- P.1337-1344.
694. Schuler A.L. Modulations in resting state networks of subcortical structures linked to creativity / A.L. Schuler, M. Tik, R. Sladky et al.// *Neuroimage.* -2019.-

- V.195.- P.311-319. doi: 10.1016/j.neuroimage.2019.03.017.
695. Schooler, J. W., Reichle, E. D., & Halpern, D. V. Zoning out while reading: Evidence for dissociations between experience and metaconsciousness. In D. T. Levin (Ed.), *Thinking and seeing: Visual metacognition in adults and children*: MIT Press.- 2004.- P. 203–226
696. Schultz D.H. Brain Network architecture supports cognitive task performance / D.H. Schultz, M.W. Cole // *Neuron*. -2016. -V. 92. -P. 278-279
697. Seblova D. Education and age-related decline in cognitive performance: systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies / D. Seblova, R. Berggren, M. Lovden // *Ageing Res Rev*.- 2020.-V.58.- Ar. 101005.
698. Shine J.M. The dynamics of functional brain networks: Integrated network states during cognitive task performance / J.M. Shine, P.G. Bissett, P.T. Bell et al. // *Neuron*. -2016.- V.92. -No.2. - P.544-554. doi: 10.1016/j.neuron.2016.09.018.
699. Serences J. T. Neural mechanisms of information storage in visual short-term memory /J.T. Serences // *Vision Research*.-2016.- V.128.- P. 53-67.
700. Shakeel M.K. Measuring fluid intelligence in healthy older adults / M.K. Shakeel, V.M. Goghari // *J Aging Res*. -2017.- Ar. 8514582. doi: 10.1155/2017/8514582
701. Shani R. Can machine learning approaches lead toward personalized cognitive training? / R. Shani, S. Tal, S. Zilcha-Mano, H. Okon-Singer// *Front. Behav. Neurosci*. -2019. -№ 13. -P. 64. Doi:3389/fnbeh.2019.00064
702. Shavitt T. Hippocampal formation volume, its subregions, and its specific contributions to visuospatial memory tasks / T. Shavitt, I.N.S. Johnson, M.C. Batistuzzo // *Braz J Med Biol Res*. -2020. -V. 53. -№9.- P. e9481. Doi: 10.1590/1414-431x20209481
703. Shi B. Relationship between divergent thinking and intelligence: An empirical study of the threshold hypothesis with Chinese children / B. Shi, L. Wang, J. Yang et al. // *Front. Psychol*. - 2017. -V.8. - No.254. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00254

704. Shoraka A.R. Effects of aging on action-intentional programming / A.R. Shoraka, D.M. Otzel, E.M. Zilli et al. // *Aging, Neuropsychology, and Cognition, Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn.* -2018. -V.25. -№2. -P.244-258.
705. Shaw J.S. The effect of baseline performance and age on cognitive training improvements in older adults: A qualitative review / J.S. Shaw, S.M.H. Hosseini // *J Prev Alzheimers Dis.* -2021.- V. 8.- No. 1.- P. 100-109.
706. Shaw P. Intellectual ability and cortical development in children and adolescents / P. Shaw, D. Greenstein, J. Lerch, et al. // *Nature.* -2006.- V.440.- No.7084.-676-679. doi: 10.1038/nature04513
707. Simon A. Influence of divergent and convergent thinking on visuomotor adaptation in young and older adults / A. Simon, O. Bock // *Hum Mov Sci.* - 2016.- V.46.- P. 23-29. doi: 10.1016/j.humov.2015.11.020.
708. Simonton D. K. Creativity and genius. In O. P. John, R. W. Robins, & L. A. Pervin (Eds.), *Handbook of personality: Theory and research.* The Guilford Press. 2008.- P. 679–698
709. Sleimen-Malkoun R. Aging induced loss of complexity and dedifferentiation: consequences for coordination dynamics within and between brain, muscular and behavioral levels / R. Sleimen-Malkoun, J.J. Temprado, S.L. Hong // *Front Aging Neurosci.* -2014.- V. 6.- Ar. 140. doi: 10.3389/fnagi.2014.00140.
710. Smith S.A. Virtual reality in episodic memory research: A review / S.A. Smith // *Psychon. Bull. Rev.* -2019.- V. 26.- P. 1213–1237. doi: 10.3758/s13423-019-01605-w.
711. Snell-Rood E. The developmental support hypothesis: adaptive plasticity in neural development in response to cues of social support / E. Snell-Rood, C. Snell-Rood // *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* -2020.- V. 375.- No. 1803.- Ar. 20190491. doi: 10.1098/rstb.2019.0491.
712. Snopek M. Psychometric properties of the Temperament and Character Inventory-Revised (TCI-R) in Czech adolescent sample / M. Snopek, V.

- Hublova, M. Porubanova, M. Blatny // *Comprehensive Psychiatry*.- 2012.- V. 53.- No. 1.- P. 71–80.
713. Soares J. Explanation can cause forgetting: Memory dynamics in the generation of new arguments / J. Soares, B.C. Storm // *Psychon Bull Rev.* – 2017.- V. 24.- P.1426–1435.
714. Solomon E.A. Widespread theta synchrony and high-frequency desynchronization underlies enhanced cognition / E.A. Solomon, J.E. Kragel, M.R. Sperling et al. // *Nat Commun.* -2017.- V.8.- No.1.- Ar. 1704. doi: 10.1038/s41467-017-01763-2.
715. Sorjonen K. Threshold-like associations as a function of disturbance/ K. Sorjonen, M. Ingre, B. Melin // *PeerJ.* -2019. -V.7. - e7891. doi:10.7717/peerj.7891
716. Sorjonen K. Diminishing returns as a function of disturbance / K. Sorjonen, B. Melin // *PeerJ.* -2020. - №8. - № e9490. doi:10.7717/peerj.9490
717. Souza A.S. No age deficits in the ability to use attention to improve visual working memory / A.S. Souza // *Psychology and Aging.* - 2016. - V. 31. -№ 5. - P. 456–470.
718. Spaniol J. Neural responses to monetary incentives in younger and older adults / J. Spaniol, H.J. Bowen, P. Wegier, C. Grady // *Brain Res.* 2015.- Ar. 1612.- P. 70-82. doi: 10.1016/j.brainres.2014.09.063
719. Sprague T.C. Reconstructions of information in visual spatial working memory degrade with memory load / T.C. Sprague, E.F. Ester, J.T. Serences // *Curr Biol.* - 2014. - V. 24.- № 18. - P. 2174-2180.
720. Steiger T. K. Working memory performance in the elderly relates to theta-alpha oscillations and is predicted by parahippocampal and striatal integrity / T.K. Steiger, N.A. Herweg, M.M Menz et al. // *Sci Rep.*2019.- V. 9.- No. 1.- Ar. 706.
721. Stern Y. An approach to studying the neural correlates of reserve / Y. Stern // *Brain Imaging Behav.*- 2017.- V. 11.- No. 2.- P. 410-416.

722. Stern Y. Whitepaper: Defining and investigating cognitive reserve, brain reserve, and brain maintenance / Y. Stern, E.M. Arenaza-Urquijo, D. Bartres-Faz, et al. // *Alzheimers Dementia*. - 2020. - V.16. - №9. - P.1305-1311.
723. Sternberg R.J. A Triarchic view of giftedness: Theory and practice. In D. Coleangelo (ed.). *Handbook of Gifted Education*. - 1997. - P. 43–53.
724. Sternberg R. J. A theory of adaptive intelligence and its relation to general intelligence / R.J. Sternberg // *J Intell*. - 2019.- V.7.- No.4.- Ar. 23. doi: 10.3390/jintelligence7040023.
725. Sternberg R.J. Adaptive Intelligence: Its nature and implications for education / R.J. Sternberg R.J. // *Educ. Sci*. -2021.- V. 11.- Ar. 823. Doi: doi.org/10.3390/educsci11120823
726. Stevens C. E. Creativity comes in waves: An EEG-focused exploration of the creative brain / C.E. Stevens, D.L. Zabelina // *Current Opinion in Behavioral Sciences*. - 2019.- V.27.- P. 154–162.
727. Stevens J. S. Sex differences in brain activation to emotional stimuli: A meta-analysis of neuroimaging studies / J.S. Stevens, S. Hamann // *Neuropsychologia*. - 2012.- V. 50.- 7.- P. 1578-1593.
728. Stoll F.M. The effects of cognitive control and time on frontal beta oscillations / F.M. Stoll, C.R.E. Wilson, M.C.M. Faraut et al. // *Cereb Cortex*. -2016.- V. 26.- No.4.- P. 1715-1732. doi: 10.1093/cercor/bhv006.
729. Storm B. C. A progress report on the inhibitory account of retrieval-induced forgetting / B.C. Storm, B.J. Levy // *Memory & Cognition*.- 2012.- V.40.- P. 827–843.
730. Storm B. C. Forgetting as a consequence and enabler of creative thinking / B.C. Storm, T.N. Patel // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. - 2014.- V. 40.- P. 1594–1609.
731. Strauss G. P. Reappraisal and distraction emotion regulation strategies are associated with distinct patterns of visual attention and differing levels of cognitive demand / G.P. Strauss, K.L. Ossenfort, K. M. Whearty // *PLoS ONE*.- 2016.- V. 11.- No. 11.- Ar. e0162290. Doi: 10.1371/journal.pone.0162290

732. Stuss D.T. Staying on the job: the frontal lobes control individual performance variability / D.T. Stuss, K.J. Murphy, M.A. Binns, M.P. Alexander // *Brain*. – 2003.- V.126.- Pt 11.- P. 2363-80.
733. Sullivan J. Stabilizing constructs across different research fields as a way to foster the integrative approach of the research domain criteria project / J. Sullivan // *Frontiers in Human Neuroscience*.- 2016.- V.10.- Ar. 309.
734. Summers J.K. Ecotherapy - A forgotten ecosystem service: A review. /J.K. Summers, D.N. Vivian // *Front Psychol*. -2018.- V. 9.- Ar. 1389. doi: 10.3389/fpsyg.2018.01389
735. Sun R. Anatomy of the mind: Exploring psychological mechanisms and processes with the clarion cognitive architecture. Oxford University Press. 2016.
736. Sun R. The importance of cognitive architectures: An analysis based on clarion /R. Sun // *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*. -2007. -V.19. -No.2.- P. 159–193
737. Sun M. Effects of divergent thinking training on students' scientific creativity: The impact of individual creative potential and domain knowledge / M. Sun, M. Wang, R. Wegerif // *Thinking Skills and Creativity*.- 2020.- V. 37.- Ar.100682. Doi: 10.1016/j.tsc.2020.100682
738. Sunavsky A. Neuroimaging predictors of creativity in healthy adults /A. Sunavsky, J. Poppenk // *Neuroimage*. -2020.- V. 206.- Ar. 116292. doi: 10.1016/j.neuroimage.2019.116292
739. Sanchez M. P. M. Study about the emotional valence of environmental concepts using affective priming technique / M. P. M Sanchez, A. G. de la Carza, M. L. S. Rangel // *Int. J. Psychol.Res.* - 2013. - V.6.- No.2.- P.50-58
740. Sundar P.A. Comparative study for predicting students academic performance using Bayesian network classifiers. IOSR / P.A. Sundar // *J. Engineering*. -2013. -V.3. -No.2. -P.37
741. Sundet J.M. The Flynn effect is partly caused by changing fertility patterns / J.M. Sundet, I. Borren, K. Tambs // *Intelligence*. - 2008.- V. 36.- P.183–191.

742. Slovic P. Affect, reason, risk and rationality / P. Slovic // *Notas Económicas*. -2018. -No.46. -P.1-10.
743. Strannegård C., von Haugwitz R., Wessberg J., Balkenius C. A cognitive architecture based on Dual Process Theory. In: Kühnberger KU., Rudolph S., Wang P. (eds) *Artificial General Intelligence. AGI 2013. Lecture Notes in Computer Science*. 2013. - V. 7999. Springer, Berlin, Heidelberg. Doi:10.1007/978-3-642-39521-5_15
744. Sylvain-Roy S. Normal aging of the attentional control functions that underlie working memory / S. Sylvain-Roy, O. Lungu, S. Belleville // *J. Gerontol. B Psychol. Sci. Soc. Sci.* – 2015.-V.70.- P. 698-708.
745. Tagliabue C.F. What can neural activity tell us about cognitive resources in aging? / C.F. Tagliabue, V. Mazza // *Front Psychol*. 2021.- V. 12.- Ar. 753423. doi: 10.3389/fpsyg.2021.753423.
746. Tagliabue C.F. Inter- and intra-hemispheric age-related remodeling in visuo-spatial working memory / C.F. Tagliabue, G. Varesio, V. Mazza // *Front Aging Neurosci.* - 2022. -V.13.- Ar. 807907. doi: 10.3389/fnagi.2021.807907
747. Tajik-Parvinchi D. The role of cognitive control and emotion regulation in predicting mental health problems in children with neurodevelopmental disorders / D. Tajik-Parvinchi, L. Farmus, P. Tablon Modica et al.// *Child Care Health Dev.* -2021.- V. 47.- No.5.- P. 608-617. doi: 10.1111/cch.12868.
748. Tempel T. Retrieval-based learning in special education / T. Tempel, S. Sollich // *Journal of Research in Special Educational Needs*. - 2023.- V. 23.- No.3.- P. 244–250.
749. Tervo-Clemmens B. A canonical trajectory of executive function maturation from adolescence to adulthood / B. Tervo-Clemmens, F.J. Calabro, A.C. Parr et al. // *Nat Commun.* -2023.- V.14.- No.1.- Ar. 6922. doi: 10.1038/s41467-023-42540-8.
750. Thanadkit G. A comparison of executive functions among early childhood children in early childhood development centers / G. Thanadkit, S. Sudjainark, W. Boonpleng, N. Kulsaravuth // *Journal of Health Science Research*.- 2021.-

- V. 15.- No. 2.- P. 100–111.
751. Thomas C. Teaching an adult brain new tricks: A critical review of evidence for training dependent structural plasticity in humans / C. Thomas, C.I. Baker // *NeuroImage*. -2013. -No. 73. -P.225-236.
752. Tieri G. Virtual reality in cognitive and motor rehabilitation: facts, fiction and fallacies / G. Tieri, G. Morone, S. Paolucci, M. Iosa // *Expert Rev. Med. Devices*. -2018. doi: 10.1080/17434440.2018.1425613
753. Todor I. Directed forgetting and academic performance in secondary school students / I. Todor // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. - 2012. -V.69. -P. 1395-1401.
754. Tornstam L. Gerotranscendence: The contemplative dimension of aging / L. Tornstam // *Journal of Aging Studies*.- 1997.- V.11.- No. 2.- P. 143–154. Doi: 10.1016/S0890-4065(97)90018-9
755. Tornstam L. Gerotranscendence. A Developmental Theory of Positive Aging / L. Tornstam - New York, Springer Publ., 2005.
756. Torrance E.P. The Torrance Tests of Creative Thinking: Norms technical manual. Princeton, NJ: Personal Press. 1974.
757. Tort A. B. Theta-gamma coupling increases during the learning of item-context associations / A.B. Tort, R.W. Komorowski, J.R. Manns, et al. // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* - 2009.- V. 106.- P. 20942–20947.
758. Trahan, L.H. The Flynn effect: a meta-analysis / L.H. Trahan, K.K. Stuebing, J.M Fletcher, M. Hiscock // *Psychol Bull.* – 2014.- V.140.- No.5.- P. 1332-60.
759. Trenorden K.I. Older adults' experiences of a computerised cognitive training intervention: a mixed methods study /K.I. Trenorden, M.J. Hull, A. Lampit, et al. // *Australian Journal of Psychology*. - 2022.- V.74.- No.1.- Ar. 2036581. DOI: 10.1080/00049530.2022.2036581.
760. Tsai K.C. A Review of the Effectiveness of Creative Training on Adult Learners / K.C. Tsai // *Journal of Social Science Studies*. - 2013.- No.1.- P. 17-30.
761. Tsapanou A. Brain biomarkers and cognition across adulthood / A.

- Tsapanou, C. Habeck, Y. Gazes, et al. // *Hum Brain Mapp.* - 2019. -V. 40. - No.13. -P. 3832–3842.
762. Tullo D. Investigating the role of individual differences in adherence to cognitive training / D. Tullo, Y. Feng, A. Pahor, J.M. Cote, et al. // *J Cogn.* - 2023.- V.6.- No.1.- Ar. 48. doi: 10.5334/joc.315.
763. Turnbull A. Improving comparability across cognitive training trials for brain aging: A focus on interoperability / A. Turnbull, A. Seitz, F.V. Lin // *Alzheimers Dement (N Y)*. -2023.- V. 9.- No.3.-e12405. doi: 10.1002/trc2.12405.
764. Turner B.M. Approaches to analysis in model-based cognitive neuroscience / B.M. Turner, B.U. Forstmann, B.C. Love et al. // *J Math Psychol.* -2017. -V.76 (B). - P.65-79. doi: 10.1016/j.jmp.2016.01.001.
765. Turner G.R. Executive functions and neurocognitive aging: dissociable patterns of brain activity / G.R. Turner, R.N. Spreng // *Neurobiol. Aging.* -2012. -V. 33. – No.826. e1– 826.e13.
766. Turner G.R. Prefrontal engagement and reduced default network suppression co-occur and are dynamically coupled in older adults: The default-executive coupling hypothesis of aging / G.R. Turner, R.N. Spreng// *J Cogn Neurosci.* - 2015.- V.27.- No. 12.- P. 2462-2476. doi: 10.1162/jocn_a_00869.
767. Turunen M. Computer-based cognitive training for older adults: Determinants of adherence / M. Turunen, L. Hokkanen, L. Bäckman, et al. // *PLoS ONE.* -2019. -V. 14. -No.7.- e0219541. DOI: 10.1371/journal.pone.0219541
768. Van den Berg A.E. Gardening promotes neuroendocrine and affective restoration from stress / A. E. Van den Berg, M.H.G Custers // *J. Health Psychol.* - 2011. P. 3–11.
769. Vandenberghe R. Attentional responses to unattended stimuli in human parietal cortex / R. Vandenberghe, S. Geeraerts, P. Molenberghs et al. // *Brain.* -2005.- V.128.-(Pt 12).- P.2843-2857.

770. van Driel J. Beta and theta oscillations differentially support free versus forced control over multiple-target search / J. van Driel, E. Ort, J.J. Fahrenfort, C.N. L. Olivers // *J. Neurosci.* - 2019. - V.39. - No.9. - P. 1733-1743.
771. van Eijk L. Are sex differences in human brain structure associated with sex differences in behavior? / L. van Eijk, D. Zhu, B. Couvy-Duchesne, et al. // *Psychol Sci.* - 2021. - V. 32. - No. 8. - P. 1183-1197.
772. van Kleef G. A. Can expressions of anger enhance creativity? A test of the emotions as social information (EASI) model? / G.A. van Kleef, C. Anastasopoulou, B.A. Nijstad // *Journal of Experimental Social Psychology.* - 2010. - V. 46. - No. 6. - P. 1042. 10.1016/j.jesp.2010.05.015.
773. van Muijden J. Online games training aging brains: limited transfer to cognitive control functions / J. van Muijden, G.P. Band, B. Hommel // *Front Hum Neurosci.* - 2012. - V.6. - Ar. 221. doi: 10.3389/fnhum.2012.00221
774. van Petten C. Relationship between hippocampal volume and memory ability in healthy individuals across the lifespan: review and meta-analysis / C. van Petten // *Neuropsychologia.* - 2004. - V. 42. - P. 1394-1413.
775. van Schuerbeek P. Individual differences in local gray and white matter volumes reflect differences in temperament and character: a voxel-based morphometry study in healthy young females / P. van Schuerbeek, C. Baeken, R. De Raedt et al. // *Brain Res.* - 2011. - No.1371. - P.32-42. doi: 10.1016/j.brainres.2010.11.073
776. van Vugt M.K. Cognitive architectures as a tool for investigating the role of oscillatory power and coherence in cognition / M.K. van Vugt // *Neuroimage.* - 2014. - V.85. - Pt 2. - P. 685-693. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.09.076.
777. Varoquaux G. Atlases of cognition with large-scale human brain mapping / G. Varoquaux, Y. Schwartz, R.A. Poldrack, et al. // *PLoS Comput. Biol.* - 2018. - V.14. - No.11. - e1006565.
778. Verbitskaya L.A. Cognitive predictors of success in learning Russian / L.A. Verbitskaya, S.B. Malykh, Yu. P. Zinchenko, T.N. Tikhomirova // *Psychology in Russia: State of the Art.* - 2015. - V.8. - №4. - P. 91-100

779. Verma N. A Study of relationship between creativity and intelligence in adolescents / N. Verma, J. Maniktala // *International Journal of Indian Psychology*. -2017.-V.4. -№ 3. doi: 10.25215/0403.098
780. Viola M. Carving mind and brain's joints. The debate on cognitive ontology / M. Viola M. // *Phenomenology and Mind*. - 2017.-V.12.- P. 162-172.
781. Voinescu A. The effectiveness of a virtual reality attention task to predict depression and anxiety in comparison with current clinical measures / A. Voinescu, K. Petrini, D.S. Fraser et al. // *Virtual Reality*. -2021.-P.1–22. doi: 10.1007/s10055-021-00520-7
782. Voyer D. Sex differences in visual-spatial working memory: A meta-analysis / D. Voyer, S.D. Voyer, J. Saint-Aubin // *Psychon Bull Rev*. -2017.- V.24.- No.2.- P. 307-334.
783. Volberg G. Hemispheric differences for the integration of stimulus levels and their contents: Evidence from bilateral presentations / G. Volberg, R. Hübner // *Perception & Psychophysics*. - 2006.- V. 68.- No.8.- P.1274–1285.
784. von Krause M. Mental speed is high until age 60 as revealed by analysis of over a million participants / M. von Krause, S.T. Radev, A. Voss // *Nat Hum Behav*. - 2022.- V. 6.- P.700–708.
785. Vrantsidis D.M. Differential associations of maternal behavior to preschool boys' and girls' executive function / D.M. Vrantsidis, L.S. Wakschlag, K.A. Espy, S.A. Wiebe // *J Appl Dev Psychol*. - 2022. - V.83. - Ar. 101468. doi: 10.1016/j.appdev.2022.101468.
786. Walhovd K.B. White matter volume predicts reaction time instability / K.B. Walhovd, A.M. Fjell // *Neuropsychologia*. -2007. - V. 45.- P. 2277–2284.
787. Wallis J.D. Heterogeneous reward signals in prefrontal cortex / J.D. Wallis, S.W. Kennerley // *Curr. Opin. Neurobiol*.-2010.- V. 20.- No.2.- P. 191-198.
788. Wang K. A Literature rreview on individual creativity support systems / Wang K., J.V. Nickerson // *Computers in Human Behavior*. - 2017.- V.74.- P. 139-151.
789. Wang R. Can self-referential information improve directed forgetting? Evidence from a multinomial processing tree model / R. Wang, Y. Song, X. Zhao

// PLoS ONE. - 2019.- V. 14.- No.1.- e0211280

790. Ware J.E. Jr. SF-36 health survey update / J.E.Jr. Ware // *Spine (Phila Pa 1976)*. - 2000.- V.25.- No.24.- P.3130-3139.
791. Webb C.E. Frontostriatal white matter connectivity: age differences and associations with cognition and BOLD modulation / C.E. Webb, D.A. Hoagey, K.M. Rodrigue, K.M. Kennedy // *Neurobiol Aging*. -2020.- V.94.- P.154-163. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2020.05.014.
792. Webb R. M. Mathematically facile adolescents with math-science aspirations: New perspectives on their educational and vocational development / R.M. Webb, D. Lubinski, C.P. Benbow // *Journal of Educational Psychology*. - 2002.- V. 94.- No.4.- P.785–794. doi:10.1037/0022-0663.94.4.785
793. Weeks J.C., Hasher L. Aging and Inhibition. In: Pachana, N. (eds) *Encyclopedia of Geropsychology*. Springer, Singapore. 2016. Doi: 10.1007/978-981-287-080-3_232-1
794. Wei W. Gender differences in children's arithmetic performance are accounted for by gender differences in language abilities / W. Wei, H. Lu, H.C. Zhao et al.// *Psychol Sci*. -2012.- V.23.- No.3.- P.320-330.
795. Weisberg Y.J. Gender differences in personality across the ten aspects of the Big Five / Y.J. Weisberg, C.G. Deyoung, J.B. Hirsh // *Front Psychol*. -2011.- V.2.- Ar.178. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00178.
796. Welter M. M. Intelligence and creativity: over the Threshold Together? / M.M. Welter, S. Jaarsveld, C. van Leeuwen, T. Lachmann // *Creativity Research Journal*. - 2016.- V. 28.- No.2.- P. 212-218
797. West R.L. An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging /R.L. West // *Psychol Bull*. - 1996.- V.120.- No.2.- P. 272-292. doi: 10.1037/0033-2909.120.2.272.
798. Wickens C.D. Discrete task switching in overload: A meta-analyses and a model / C.D. Wickens, R.S. Gutzwiller, A. Santamaria // *Int. J. Hum. Comp. Stud*. -2015. -V. 79. -P. 79–84.
799. Wierenga L.M. Sex effects on development of brain structure and executive

- functions: Greater variance than mean effects / L.M. Wierenga, M.G.N Bos, F. van Rossenberg, E.A. Crone // *J Cogn Neurosci.* -2019.- V.31.- No.5.- P. 730-753. doi: 10.1162/jocn_a_01375
800. Wigert B. G. The utility of divergent and convergent thinking in the problem construction processes during creative problem-solving / B.G. Wigert, V.R. Murugavel, R. Reiter-Palmon // *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts.* 2022.- Doi: 10.1037/aca0000513
801. Wigtil C.J. The relationship between intelligence and psychological well-being in incoming college students / C. J. Wigtil, G.R. Henriques // *Psych Well-Being.* - 2015.-V. 5.- No.4 . Doi: 10.1186/s13612-015-0029-8
802. Williams R. L. Overview of the Flynn effect / R. L. Williams // *Intelligence.* - 2013.-V. 41.- P. 753–764.
803. Williams R.S. Age differences in the Attention Network Test: Evidence from behavior and event-related potentials / R.S. Williams, A.L. Biel, P. Wegier et al. // *Brain Cogn.* -2016.- V.102.- P. 65-79. doi: 10.1016/j.bandc.2015.12.007.
804. Willoughby M. T. Is preschool executive function causally related to academic achievement? / M.T. Willoughby, J.B. Kupersmidt, M.E. Voegler-Lee // *Child Neuropsychol.* - 2012.- V.18. -P. 79–91.
805. Wilson R. S. Education and cognitive reserve in old age /R.S. Wilson, L. Yu, M. Lamar, et al. // *Neurology.*- 2019.- V. 92.- No. 10.- e1041-e1050.
806. Wimber M. Neural markers of inhibition in human memory retrieval / M. Wimber, K.H. Bäuml, Z. Bergström et al. // *J Neurosci.* -2008.- V.28.- No.50.- P.13419-13427. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1916-08.2008.
807. Volberg G. Hemispheric differences for the integration of stimulus levels and their contents: Evidence from bilateral presentations / G. Volberg, R. Hübner // *Perception & Psychophysics.* - 2006.- V. 68.- No.8.- P.1274–1285.
808. Wolinsky F.D. A randomized controlled trial of cognitive training using a visual speed of processing intervention in middle aged and older adults / F.D. Wolinsky, M.W. Vander Weg, M.B. Howren et al. // *PLoS One.* -2013.- V.8.- No.5. e61624. doi: 10.1371/journal.pone.0061624.

809. Wolf M. B. Extraversion and intelligence: A meta-analytic investigation / M.B. Wolf, P.L. Ackerman // *Personality and Individual Differences*. 2005.- V.39.- No.3.- P. 531–542.
810. Wolfson N.E. Cognitive aging and training: the role of instructional coherence and advance organizers / N.E. Wolfson, K. Kraiger // *Exp Aging Res*. -2014.- V.40.- No.2.-164-186. doi: 10.1080/0361073X.2014.882206.
811. Wongupparaj P. A cross-temporal meta-analysis of Raven’s progressive matrices: Age groups and developing versus developed countries / P. Wongupparaj, V. Kumari, R. Morris // *Intelligence*. - 2015.- V. 49.- P.1-9.
812. Worthy D.A. A comparison model of reinforcement-learning and win-stay-lose-shift decision-making processes: A tribute to W.K. Estes / D.A. Worthy, W.T. Maddox // *J Math Psychol*. -2014.- V.59.- P.41-49. doi: 10.1016/j.jmp.2013.10.001.
813. Woodley of Menie M. A. What causes the anti-Flynn effect? A data synthesis and analysis of predictors / M.A. Woodley of Menie, M. Peñaherrera-Aguirre, H.B.F. Fernandes, A.-J. Figueredo // *Evolutionary Behavioral Sciences*.- 2018.- V. 12.- No. 4.- P. 276–295. doi: 10.1037/ebs0000106
814. Woolgar A. Flexible coding of task rules in frontoparietal cortex: an adaptive system for flexible cognitive control / A. Woolgar, S. Afshar, M.A. Williams, A.N. Rich // *J. Cogn. Neurosci*. - 2015. - V.27. - P. 1895–1911. doi.org/10.1162/jocn_a_00827
815. Worthy D.A. Age-based differences in strategy use in choice tasks / D.A. Worthy, W.T. Maddox // *Front Neurosci*. - 2012. - V.5.- Ar.145. doi: 10.3389/fnins.2011.00145.
816. Xuan B. From evaluation to prediction: Behavioral effects and biological markers of cognitive control intervention / B. Xuan // *Neural Plast*. -2020 .- 2020.- Ar.1869459. doi: 10.1155/2020/1869459
817. Yaffe K. Predictors of maintaining cognitive function in older adults: the Health ABC study. / K. Yaffe, A.J. Fiocco, K. Lindquist // *Neurology*. -2009.- V. 72.- No.23.- P. 2029-2035. doi: 10.1212/WNL.0b013e3181a92c36

818. Yao Z.F. Frontoparietal structural properties mediate adult life span differences in executive function / Z.F. Yao, M.H. Yang, K. Hwang et al. // *Sci Rep.*- 2020.- V.10.- No. 9066.- doi: 10.1038/s41598-020-66083-w
819. Yeo N.L. What is the best way of delivering virtual nature for improving mood? An experimental comparison of high definition TV, 360° video, and computer generated virtual reality / N.L. Yeo, M.P. White, I. Alcock, et al. // *J Environ Psychol.* - 2020. - V.72. - No. 101500. doi: 10.1016/j.jenvp.2020.101500.
820. Yeo S.N. Effectiveness of a personalized brain-computer interface system for cognitive training in healthy elderly: A randomized controlled trial / S.N. Yeo, T.S. Lee, W.T. Sng et al. // *J Alzheimers Dis.* -2018. -V. 66. -№ 1.- P. 127-138. <https://doi.org/10.3233/JAD-180450>
821. Yuan P. Fluid intelligence and gross structural properties of the cerebral cortex in middle-aged and older adults: A multi-occasion longitudinal study / P. Yuan, M.C. Voelkle, N. Raz // *Neuroimage.*- 2018.- V. 172.- P. 21-30.
822. Zabelina D. Flexible or leaky attention in creative people? Distinct patterns of attention for different types of creative thinking / D. Zabelina, A. Saporta, M. Beeman // *Mem Cognit.* 2016.- V.44.- No.3.- P.488-498. doi: 10.3758/s13421-015-0569-4
823. Zahodne L.B. Education does not slow cognitive decline with aging: 12-year evidence from the victoria longitudinal study / L.B. Zahodne, M.M. Glymour, C. Sparks et al. // *J Int Neuropsychol Soc.* -2011.- V.17.- No.6.- P.1039-1046. doi: 10.1017/S1355617711001044.
824. Zammit A.R. The association of visual memory with hippocampal volume / Zammit A.R., Ezzati A., Katz M.J., et al. // *PLoS One.* -2017. -V.12. -No.11.- e0187851. DOI: 10.1371/journal.pone.0187851.
825. Zanto T. P., Gazzaley A. Selective attention and inhibitory control in the aging brain. In R. Cabeza, L. Nyberg, & D. C. Park (Eds.), *Cognitive neuroscience of aging: Linking cognitive and cerebral aging.* Oxford University Press.- 2017.- 207-234. Doi: 10.1093/acprof:oso/9780199372935.003.0009

826. Zatorre R. J., Fields R.D., Johansen-Berg H. Plasticity in gray and white: neuroimaging changes in brain structure during learning / R.J. Zatorre, R.D. Fields, H. Johansen-Berg // *Nature Neurosci.* -2012. -V.15.- No.4.- P.528-536.
827. Zerna J. The role of need for cognition in well-being – Review and meta-analyses of associations and potentially underlying mechanisms / J. Zerna, A. Strobel, A. Strobel // *PsyArXiv.* - 2021. DOI: 10.31234/osf.io/p6gwh.
828. Zhang N. Age differences in the tradeoff between proactive and reactive cognitive control in emotional information processing / N. Zhang, J. Wang // *Brain Sci.* 2022.- V.12.- No.1043. doi: 10.3390/brainsci12081043
829. Zhang N. Distract or Reappraise? The Mechanism of cognitive emotion regulation choice and its influential factors / N. Zhang, K. Zhang, J. Wang, X. Sun // *Psychol Res Behav Manag.* - 2022.- V.15.- P. 3699-3708. doi: 10.2147/PRBM.S389835.
830. Zhang X. Gender differences are encoded differently in the structure and function of the human brain revealed by multimodal MRI / X. Zhang, M. Liang, W. Qin, et al. // *Front Hum Neurosci.*- 2020.- V. 14.- V.244. doi: 10.3389/fnhum.2020.00244.
831. Zhang W. Gender differences in the creativity-academic achievement relationship: A study from China / W. Zhang, P. Ren, L. Deng // *The Journal of Creative Behavior.* - 2018. - doi:10.1002/jocb.387
832. Zheng F. The Volume of Hippocampal Subfields in Relation to Decline of Memory Recall Across the Adult Lifespan / F. Zheng, D. Cui, L. Zhang et al. // *Front Aging Neurosci.* - 2018. - № 10. - P. 10:320. Doi: 10.3389/fnagi.2018.00320
833. Zhou D. Accelerated longitudinal cortical thinning in adolescence / D. Zhou, C. Lebel, S. Treit et al. // *Neuroimage.* - 2015. -V. 104.- P. 138-145. doi: 10.1016/j.neuroimage.2014.10.005.
834. Zhou S.S. Age-related differences in attentional networks of alerting and executive control in young, middle-aged, and older Chinese adults / S.S. Zhou,

- J. Fan, T.M. Lee et al. // *Brain Cogn.* -2011.- V.75.- No.2.- P. 205-210. doi: 10.1016/j.bandc.2010.12.003.
835. Zhu W. Common and distinct brain networks underlying verbal and visual creativity / W. Zhu, Q. Chen, L. Xia et al. // *Hum Brain Mapp.* - 2017.- V.38.- No.4.- P. 2094-2111. doi: 10.1002/hbm.23507.
836. Zhu, Y. Creativity: Intrapersonal and interpersonal selection of creative ideas / Y. Zhu, S.M. Ritter, A. Dijksterhuis // *The Journal of Creative Behavior.* - 2020.- V. 54.- No.3.- P. 626–635.
837. Ziegler G. Brain structural trajectories over the adult lifespan / G. Ziegler, R. Dahnke, L. Jäncke et al. // *Hum Brain Mapp.* -2012.- V.33.- No.10.- P. 2377-2389. doi: 10.1002/hbm.21374.
838. Zinke K. Working memory training and transfer in older adults: effects of age, baseline performance, and training gains / K. Zinke, M. Zeintl, N.S. Rose // *Dev Psychol.* -2014.- V. 50.- No.1.- P.304-315. doi: 10.1037/a0032982
839. Zmigrod S. Zooming into creativity: individual differences in attentional global-local biases are linked to creative thinking / S. Zmigrod, L. Zmigrod, B. Hommel // *Front Psychol.* – 2015.- V.30.- No. 6.- Ar.1647. doi: 10.3389/fpsyg.2015.01647

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- IQ (intelligence quotient) - коэффициент интеллекта
- IQv – вербальный компонент интеллекта
- IQf – зрительно-пространственный компонент интеллекта
- IQs - социальный интеллект
- IQg – генерализованный интеллект
- ЭИ - эмоциональный интеллект
- ВР - виртуальная реальность
- RIF (Retrieval-Induced Forgetting) - забывание, вызванное извлечением из памяти
- RBL (Retrieval-Based Learning) - обучение запоминанию
- FPN (fronto-parietal network) - фронто-париетальная система
- DMN (default mode network) - система мозга по умолчанию
- MW (mindwandering) - «блуждание мысли»
- ИФЗ - интегральная оценка физического здоровья
- ИПЗ - интегральная оценка психического здоровья
- ЭЭГ - электроэнцефалограмма
- фМРТ – функциональная магнитно-резонансная томография
- ПФ - повторяющиеся фигуры
- НИОП – необычное использование обычного предмета
- НФ – незавершенные фигуры
- ОП – осмысленное предложение
- КМ – конвергентное мышление
- ДМ – дивергентное мышление
- НГТУ – Новосибирский государственный технический университет
- ФПМИ – факультет прикладной математики и информатики
- ФГО – факультет гуманитарного образования

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Методы исследования структуры интеллекта

Методика Р. Амтхауэра включает 9 субтестов: 4 вербальных («общая осведомленность», «исключение лишнего при смысловой группировке слов», «выбор ассоциации по аналогии», «понятийное обобщение»), 2 арифметических («решение арифметических задач», «поиск последовательности в числовых рядах»), 2 зрительно-пространственных («пространственное воображение», «пространственное представление») и субтест для определения кратковременной вербальной памяти. Все субтесты выполнялись согласно заданному инструкцией временному регламенту (Коэметс, Лийметс, 1973; Психологическая диагностика, 1997).

Тестирование проводили на практических занятиях по психологии в группах по 15–20 человек. Содержание заданий и инструкции для их выполнения были даны в буклетах, розданных каждому испытуемому. Экспериментатор давал необходимые пояснения перед тестированием и контролировал время выполнения заданий. Общее время тестирования составляло 90 мин. Свои ответы студенты отмечали на бланках; количество правильно решенных задач в каждом субтесте при дальнейшей обработке переводили в уровень IQ в соответствии с возрастом согласно стандартным таблицам (Разумникова, 2013, 2016, Разумникова и др., 2017).

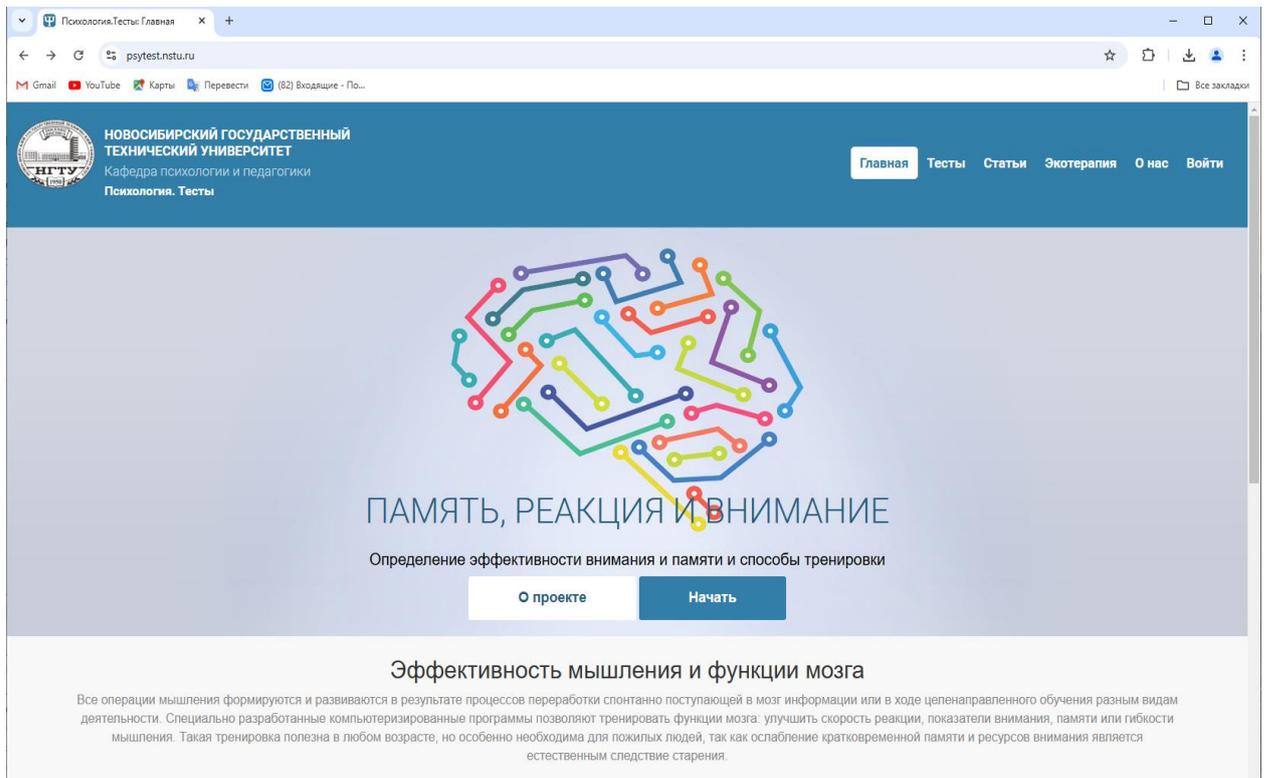
Для определения показателей флюидного интеллекта использовали прогрессивные матрицы Равена. Методика включает 5 серий заданий с их усложнением от простого поиска сходной информации (серии А и Б) до выбора решения на основе логического сопоставления элементов стимулов. Выполнение всех пяти серий заданий ограничивалось 20 минутами (Мухордова, Шрейбер, 2011). Процедура тестирования была подобной той, что описана выше для определения структуры интеллекта. Флюидный интеллект студентов и пенсионеров определяли на практических занятиях по

психологии, а для групп школьников – во время занятий в классе (Разумникова и др., 2017; 2020).

Тестирование компонентов социального интеллекта выполняли с использованием методики Гилфорда-Салливан, состоящей из четырех заданий: три из них направлены на интерпретацию социальных сюжетов или выражения эмоционального состояния в мимике и жестах, представленных картинками, а один - вербальный - на оценку понимания социального контекста высказываний (Михайлова, 2006). Время выполнения каждого задания было регламентировано согласно инструкции (Разумникова и др., 2016).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Разработанная батарея компьютеризированных методик для оценки и тренировки когнитивных функций, представленная на сайте psytest.nstu.ru,



включает ряд оригинальных программ, на которые оформлены авторские свидетельства, перечисленные ниже.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2016617675

Программный комплекс для определения характеристик систем зрительно-пространственной памяти

Правообладатель: **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (RU)**

Авторы: **Разумникова Ольга Михайловна (RU), Савиных Максим Александрович (RU)**

Заявка № 2016612664

Дата поступления 28 марта 2016 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 12 июля 2016 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021614245

**Интегрированная онлайн-батарея
компьютеризированной оценки когнитивных функций**

Правообладатель: **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(RU)**

Авторы: *Разумникова Ольга Михайловна (RU), Хворостов
Владимир Александрович (RU), Бакаев Максим
Александрович (RU)*

Заявка № 2021613499

Дата поступления 22 марта 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 22 марта 2021 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 0x02245CFB3C0B1ACF597A4A2F08092E9A118
Владелец: Ивлиев Григорий Петрович
Действителен с 10.01.2021 по 15.01.2035

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021616274

**Определение индивидуальных характеристик селекции
зрительных стимулов, различающихся
информационной сложностью и эмоциональным
содержанием**

Правообладатель: **ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(RU)**

Авторы: **Разумникова Ольга Михайловна (RU), Зайцев Михаил
Георгиевич (RU)**

Заявка № **2021615596**

Дата поступления **20 апреля 2021 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **20 апреля 2021 г.**



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 0x02A5CFB5C00B1ACF59A40A2F08092E9A118
Владелец **Ивлиев Григорий Петрович**
Действителен с 15.01.2021 по 15.01.2035

Г.П. Ивлиев