

На правах рукописи
УДК:159.9.07; 159.91

Разумникова
Ольга Михайловна

КОГНИТИВНЫЕ РЕЗЕРВЫ: СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ И
МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ В ОНТОГЕНЕЗЕ

Специальность: 5.3.2 Психофизиология
(психологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора психологических наук

Санкт-Петербург
2025

Работа выполнена на кафедре возрастной психологии и педагогики семьи федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена»

Научный консультант: **Николаева Елена Ивановна**, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой возрастной психологии и педагогики семьи федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена»

Официальные оппоненты: **Воробьева Елена Викторовна**, доктор психологических наук, профессор РАО, профессор кафедры коррекционной педагогики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет»

Стрижицкая Ольга Юрьевна, доктор психологических наук, доцент, заведующий кафедрой психологии развития и дифференциальной психологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

Хазова Светлана Абдурахмановна, доктор психологических наук, доцент, профессор кафедры специальной педагогики и психологии Института педагогики и психологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Костромской государственный университет»

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт психологии Российской академии наук»

Защита состоится **25 марта 2025 г. в 13.30** на заседании диссертационного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 33.2.018.12, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена», по адресу: 191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, д. 48, корпус 11, ауд. 37.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена»: https://disser.herzen.spb.ru/Preview/Vlojenia/000001070_Disser.pdf

Автореферат разослан «___» декабря 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат психологических наук, доцент

Баканова Анастасия
Александровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы исследования. В современном информационном обществе эффективность когнитивных функций человека определяет не только успешность его профессиональной деятельности и социальной адаптации, но и динамику адаптационных возможностей, которые формируются на ранних этапах онтогенеза в результате обучения и реализуются в более позднем периоде. Постарение населения в экономически развитых странах и обусловленное этим явлением снижение общего когнитивного ресурса общества ставит вопросы о способах замедления или компенсации этих процессов 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 на поздних этапах онтогенеза. 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 (Reuter-Lorenz, Cappel, 2008; 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 (Cabeza et al., 2002, 2012; Zatorre et al., 2012).

Библиометрический поиск и анализ релевантных понятию «когнитивные резервы» публикаций в системе PubMed 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 высокий уровень интеллекта и гибкость мышления (Palmiero, 2016; Quattropiani et al., 2021).

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, 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 (Reuter-Lorenz, Park, 2014).

Доказательства нейропластичности мозга вызвали многочисленные исследования эффективности когнитивной тренировки в пожилом возрасте (например, Разумникова, 2015; Giuli et al., 2016; Fu et al., 2020). Однако, до сих пор нет единого мнения, свидетельствуют ли положительные сдвиги в обучении о нейронной пластичности или являются следствием изменения стратегий когнитивной деятельности, а также переносятся ли тренировочные эффекты на другие ее области (Park, Bischof, 2013). 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).

Таким образом, **теоретическая и практическая актуальность исследования** заключается 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 изменений 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 основа 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; Гальперин, П.Я. 1976);

информационные и деятельностно-ориентированные теории познавательных процессов (А.С. 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);

объяснения 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 (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-Салливан, Барчард);

- для определения показателей гибкости мышления – методики созданной нами количественной оценки креативности с применением субтестов Торренса, Гилфорда, и разработанный вариант методики «когнитивный синтез»;

- для определения профиля личностных характеристик – опросники EPQ Айзенка, ТСИ 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 частотных диапазонах от дельта до гамма;
- для статистической обработки собранного массива данных использовали пакет программ «Статистика для Windows» с применением методов непараметрической статистики и дисперсионного, факторного и кластерного анализа.

Эмпирическая база исследования и характеристика выборки.

Было обследовано в общей сложности 4128 человек в возрасте от 5 до 72 лет. 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, 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 показателям самооценки качества жизни соответствует преобладание позитивных эмоций в

поведении, усиливающееся при восприятии виртуальной природной среды.

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 гетероиерархическую организацию системы когнитивных резервов, в которой управление может выполнять исполнительный контроль селекции информации и ее запоминания, гибкое переключение стратегий мышления в зависимости от уровня и структуры интеллекта и эмоционально-мотивационной регуляции поведения.

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 разных 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 гетероиерархической организации системы когнитивных резервов, отражающая принципы их формирования и реализации на разных этапах онтогенеза;
- предложен алгоритм прогнозирования предикторов формирования и реализации когнитивных резервов;
- даны рекомендации по использованию программ когнитивной тренировки и разработке персонализированных программных средств.

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 или 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 позволили 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: дифференциальную когнитивную психофизиологию, основой которого является объединение психометрических и психофизиологических подходов в перспективе развития экспериментальных, теоретических и прикладных исследований при разработке персонализированных программ обучения и настройки интерфейса человек-компьютер для формирования и реализации когнитивных резервов.

Практическая значимость исследования. Разработанные в рамках данной работы методики определения тормозных процессов в модели проактивной интерференции или резервов концентрации и распределения внимания в зависимости от информационной нагрузки могут применяться для формирования или поддержания когнитивных резервов в онтогенезе и для новых исследований в когнитивной психологии и психофизиологии. Материалы исследования могут быть использованы в образовательном процессе на этапах не только школьного и университетского образования, в том числе в программах инклюзивного образования, но и для продолжения развития информационного пространства и гибкости мышления на более поздних стадиях онтогенеза. Выявленные закономерности организации когнитивных функций, формирующие 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 в онтогенезе включены в учебные планы и используются при подготовке студентов Новосибирского государственного технического университета (НГТУ) в дисциплинах «Дифференциальная психофизиология», «Биологические и социальные основы здоровья», «Научно –исследовательская работа», а также при чтении лекций и проведении практических занятий для студентов пенсионного возраста, посещающих занятия Народного университета, организованного в 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 48 статьях, 16 из которых опубликованы в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ и в 32 - индексированных Web of Science и/или SCOPUS, 10 монографиях и 10 учебных и учебно-методических пособиях (общим объемом более 114,5 п.л., в том числе 62,5 п.л. публикации и 52,0 п. л. учебные пособия и методические рекомендации). 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; 32nd International Congress of Psychology, 2021, Prague, Czech Republic; 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. 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 наименований, 756 из которых - на иностранных языках. Материал диссертации изложен на 404 страницах текста, включая 48 таблиц и 81 рисунок. Приложение содержит авторские свидетельства на программные комплексы, разработанные для реализации оригинальных методик тренировки когнитивных функций.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение включает обоснование актуальности темы исследования, постановку цели и задач исследования, определяются его методологические основы, раскрывается научная новизна полученных результатов, их теоретическая и практическая значимость.

Первая глава «**Теоретический анализ представлений о когнитивных резервах**» посвящена описанию и анализу теоретических положений и их доказательств, основанных на эмпирических данных исследований роли психологических, социальных и нейробиологических факторов, влияющих на

организацию когнитивных функций и связанных с ними нейронных сетей, обеспечивающих когнитивные резервы. Ее содержание включает три раздела.

Раздел 1.1 «Когнитивные резервы – отражение механизмов нейропластичности мозга» содержит описание основных теорий, предложенных для объяснения возрастных изменений когнитивных функций: «лобного старения» (West, 1996), «дефицита торможения» (Hasher et al., 1991, 1999), концептуальной модели «STAC» (Park, Reuter-Lorenz, 2009), организации функциональных нейронных сетей в ходе обучения и траекторий их трансформации на поздних стадиях онтогенеза (Davis et al., 2008; Lorenz, Cappelletti, 2008). В **разделе 1.2 «Роль интеллекта и образования в формировании и реализации когнитивных резервов»** представлен обзор динамических систем развития интеллекта и результатов популяционных исследований о его роли в обеспечении жизнеспособности населения. Раздел **1.3 «Значение функций селекции и запоминания информации в системе организации когнитивных резервов»** посвящен анализу изменений когнитивных функций в онтогенезе, в том числе развитию и возрастной реорганизации тормозных функций и исполнительного контроля поведения, скорости мыслительных процессов и процессов запоминания и воспроизведения информации. В разделе **1.4 «Когнитивная гибкость – способ взаимодействия с нарастающей информационной нагрузкой»** дан обзор основных представлений о возрастных особенностях соотношения интеллекта и креативности и реорганизации систем мозга, обеспечивающих гибкость мышления на разных этапах онтогенеза. В разделе **1.5 «Роль эмоциональной регуляции в системной организации когнитивных резервов»** рассматриваются разные точки зрения на связь эмоций и креативности, эмоционального интеллекта и академической успеваемости и значение стратегий эмоциональной переоценки событий в обеспечении высокого качества жизни на поздних стадиях онтогенеза. Раздел **1.6 «Технологии активации когнитивных резервов»** посвящен анализу эффективности применения различных программ когнитивной тренировки, в том числе технологий виртуальной среды для улучшения исполнительного контроля и эмоционального состояния, а также поддержания мотивации, необходимой для устойчивой когнитивной деятельности.

Глава 2 «Методические основы исследования когнитивных резервов» включает описание комплекса методик, применявшихся для решения поставленных задач в ходе выполнения исследования на разных его этапах. В разделе **2.1 «Методы исследования структуры интеллекта и гибкости мышления»** перечислены использованные методики психометрической оценки разных компонентов кристаллизованного, флюидного, социального и эмоционального интеллекта и показателей креативности. В разделе 2.2 описаны **«Методы исследования личностных характеристик и компонентов эмоциональной регуляции поведения»**. Раздел **2.3 «Методы определения индивидуальных характеристик селекции и запоминания информации»** включает описание комплекса методик, в том числе разработанную онлайн батарею методик,

представленную на сайте psytest.nstu.ru (авторские свидетельства АС №2016617675, 2016617675, 2021614245, 2021616274). Результаты тестирования хранятся на сервере университета и используются для дальнейшего анализа показателей функций внимания и памяти, полученных в ходе когнитивной тренировки. Раздел 2.4 посвящен описанию регистрации и анализа частотно-пространственной организации активности мозга с помощью системы Neuvo SynAmps2 System (Neuvo EEG 64ch, Compumedics, Австралия) в трех экспериментальных ситуациях: фон с открытыми глазами и просмотр фильмов природного содержания в формате 2D и 3D с последующей обработкой сигналов ЭЭГ в программе EEGLAB. Для анализа индивидуальных особенностей стратегий мышления регистрацию ЭЭГ выполняли с применением аппаратуры и программного обеспечения энцефалографа «Мицар-201». В разделе 2.5 описаны методы статистического анализа данных.

В Главе 3 **«Социальные, психологические и нейрофизиологические факторы формирования и реализации когнитивных резервов»** описаны результаты серии исследований, посвященных выяснению значения образования как механизма формирования когнитивных резервов и роли личностных характеристик в организации когнитивных функций и активности мозга при погружении в виртуальную природную среду.

В разделе 3.1. **«Образование как механизм формирования когнитивных резервов»** рассматривается динамика психометрических показателей структуры интеллекта, креативности и академической успеваемости в школьном и студенческом возрасте.

У школьников 9-15 лет обнаружено возрастное снижение беглости идей, что может указывать на развитие функций тормозного контроля и критического мышления, не приводящее, однако, к повышению оригинальности. Согласно регрессионной модели, переменные возраст, флюидный интеллект и креативность объясняют до 12% изменчивости успеваемости школьников 11-13 лет. Обнаруженное снижение успеваемости семиклассников при повышении показателей флюидного интеллекта в сравнении с пятиклассниками может свидетельствовать об ослаблении в 13 лет мотивации достижений в учебе, отмеченного ранее (Николаева и др., 2017).

Показатели креативности, эмоционального и социального интеллекта объясняли 26% вариабельности академической успеваемости академической успеваемости студентов университета ($F_{3,29}=3,40$; $p<0,03$). Применение кластерного анализа с дискретной оптимизацией на основе аддитивного критерия позволило выделить группы, различающиеся соотношением креативности и эмоционального интеллекта с эффективностью обучения первокурсников. При высоких значениях общего интеллекта ($116,0\pm 11,3$), лучшая успеваемость негативно связана с креативностью и положительно с эмоциональным интеллектом, тогда как при сравнительно низких значениях интеллекта ($110,5\pm 13,7$), напротив – положительно и при отсутствии связи с компонентами интеллекта.

Обнаруженный эффект инверсии вклада креативности в успешность обучения может объяснить причину разных точек зрения на их взаимосвязь (например, Guignard et al., 2016; Shi et al., 2017) и свидетельствует о необходимости персонализированных программ активации когнитивных резервов студентов в зависимости от структуры и уровня развития их интеллектуальных и креативных способностей.

Информативной моделью для изучения роли биологических и социальных факторов в изменениях интеллекта (IQ) является эффект Флинна, т.е. повышение уровня интеллекта на протяжении XX (Flynn, 1987, 2009; Flynn, Shayer, 2018), которое, однако с середины 1990 гг. стало замедляться или приобретать обратное направление, что было названо анти-эффектом Флинна (Bratsberg, Rogeberg, 2018; Dutton et al., 2016).

Для выяснения особенностей временной динамики показателей вербального (IQv), математического IQa) и зрительно-пространственного (IQf) компонентов интеллекта и вербальной памяти (IQm) выполнен анализ результатов тестирования 3590 студентов первого курса ($17,6 \pm 1,0$ лет) разных факультетов НГТУ в период с 1991 по 2012 г.г. С использованием дисперсионного анализа переменных IQ (4) и независимых переменных «пол» (2), «временной период» (2: П1 (1991-2001), П2 (2002-2012)) и «специальность» (3: ГрИ (инженеры), ГрМ (математики), ГрГ (гуманитарии)) обнаружены разные формы их взаимодействия (табл. 1).

Таблица 1 - Эффекты взаимодействия 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 выявил более высокие значения общего показателя IQ в П2, чем в П1 для ГрМ, обратное соотношение в ГрГ ($p < 0,00004$) и отсутствие значимых различий в ГрИ. В П2 относительно П1 у мужчин повысился IQa, но снизился IQm; у женщин значимой временной динамики компонентов IQ не обнаружено. При отсутствии эффекта Флинна для общего IQ временная динамика профиля интеллектуальных способностей различается в

зависимости от специальности (табл.2) и от пола (рис.1). Более высокие показатели IQa у женщин-математиков отмечаются при сравнении с мужчинами из ГрИ или ГрГ, хотя в каждой из групп по этому показателю мужчины доминировали; половые различия не обнаружены в ГрГ по IQf.

Таблица 2 - 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, $0,00001 < p < 0,008$.

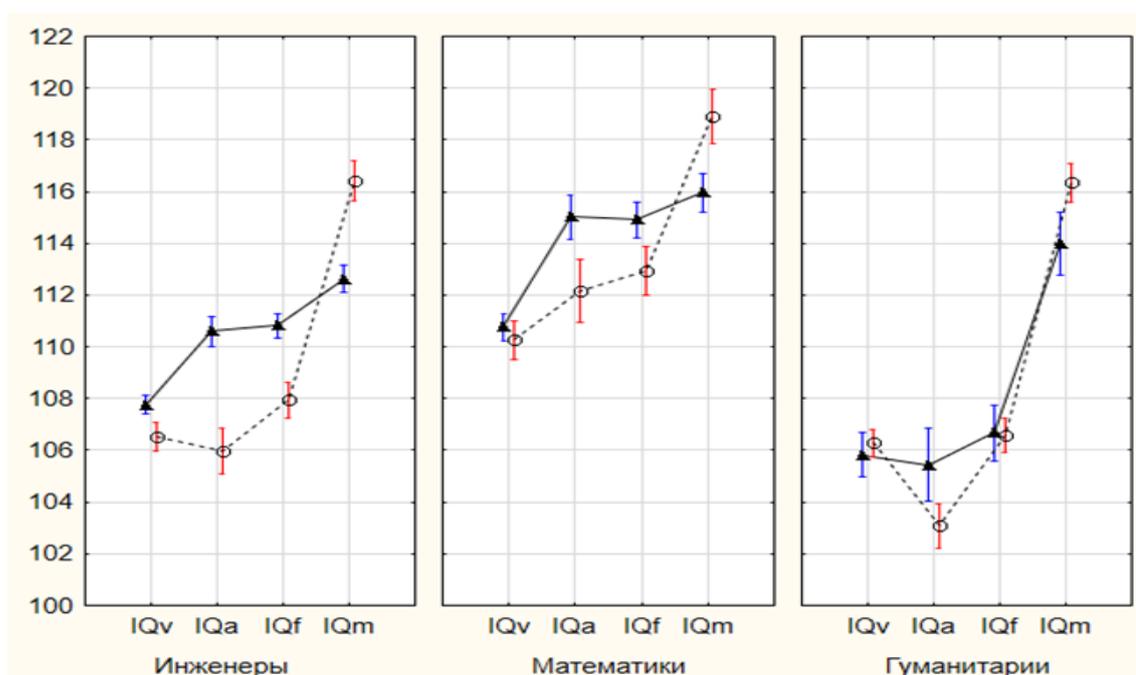


Рисунок 1 - Половые различия в структуре интеллекта в зависимости от выбранной для обучения специальности (пунктир – женщины, сплошная линия – мужчины)

Сравниваемые периоды П1 и П2 характеризуются существенными социальными, культурными, политическими и экономическими изменениями в российском обществе, начавшимися в 1985 г. и представленными в образовании введением Единого государственного экзамена в П2, сочетавшегося с инновационным разнообразием в школьных программах, тогда как П1 характеризовался единой устойчивой программой обучения в школе, но разными экзаменационными формами поступления в вуз.

Известно, что использование стратегии быстрых и случайных угадываний ответа на основе привычки участия в тестировании знаний рассматривается как один из психологических факторов снижения показателей IQ (Woodley et al., 2014). Обнаруженные разные эффекты во временной динамике IQ в зависимости от выбранной профессии: для математиков характерен эффект Флинна, тогда как для гуманитариев – «анти-эффект» Флинна, а для инженеров – отсутствие значимых изменений IQ, свидетельствуют о взаимовлиянии психологических и образовательных факторов.

Одной из причин «анти-эффекта» Флинна у гуманитариев можно считать информатизацию общества, которая наряду с облегчением получения информации при систематическом обращении к интернету ослабляет нагрузку на память. Соответственно наблюдается снижение IQ_m в группах ГрГ и ГрИ. Исключение составляет ГрМ, в которой эффект Флинна наблюдается согласно всем четырем субтестам IQ. Можно предположить, что тренировка рабочей памяти, сопутствующая развитию математических способностей и IQ в целом (Assem et al., 2020; Cragg et al., 2017), приводит к лучшим результатам в ГрМ (см. табл.2).

Следовательно, можно заключить, что структура интеллектуальных способностей, отражающая системную организацию и уровень развития когнитивных функций, создается под влиянием информационной среды и принятых обществом форм образования.

В разделе 3.2 **«Организация системы когнитивных резервов, связанная с личностными и эмоциональными характеристиками»** приведены результаты изучения роли личностных черт, в том числе эмоциональной реактивности, при тестировании структуры интеллекта и креативности в выборке из 148 студентов в возрасте 17-22 лет, 105 из них были представителями Факультета прикладной математики и информатики (ФПМИ) и 43 – Факультета гуманитарного образования (ФГО).

Раздел 3.2.1 **«Индивидуальные особенности эмоциональной регуляции гибкости мышления»** посвящен исследованию индуцированных эмоциональных состояний с предъявлением слайд-программы, включающей стимулы из международного атласа аффективных состояний (IAPS) (Васанов и др., 2014; Lang et al., 2005). Результаты самооценки настроения свидетельствовали об ее сдвиге в негативную или позитивную сторону соответственно валентности стимулов в сравнении с контрольной группой ($F_{2,274}=45,51$; $p<0,00001$).

Согласно результатам факторного анализа выделены разные формы эмоциональной регуляции креативности, зависящие не только от природы задания и базовых показателей креативности, но и выбранной профессии: нейротизм негативно влияет на вербальную оригинальность в группе студентов-математиков и положительно связан с вербальной беглостью при индукции положительных эмоций в группе гуманитариев.

Раздел 3.2.2 «Связь личностных черт и интеллекта» посвящен выяснению роли личностных черт при тестировании структуры интеллекта, так как их своеобразное сочетание определяет выбор стратегий мышления при решении возникающих проблем (Chamorro-Premuzic et al., 2006; DeYoung, 2011). Были проанализированы показатели вербального и образного IQ в сопоставлении с чертами личности согласно психобиологическим моделям Айзенка и Клонингера. Выборку представляли студенты НГТУ в возрасте 17-22 лет (105 юношей и 267 девушек).

Согласно результатам дисперсионного анализа для показателей нейротизма, экстраверсии, поиска новизны и зависимости от награды большие значения обнаружены для женщин, а психотизма – для мужчин ($9,62 < F < 46,14$; $p < 0,0004$).

Результаты регрессионного анализа, представленные в таблице 3, свидетельствуют о том, что показатели экстраверсии и зависимости от награды являются предикторами уровня и IQ_v, и IQ_f; нейротизм имеет негативный вклад в IQ_v, а поиск новизны и избегание опасности - в IQ_f.

Таким образом, результаты анализа структуры интеллектуальных и креативных способностей свидетельствуют, что при формировании системы когнитивных резервов ее ригидность или гибкость в значительной степени связана с личностными свойствами, в том числе эмоциональной реактивностью.

Таблица 3 – Личностные предикторы вербального и образного интеллекта

Личностные черты	Вербальный интеллект		Образный интеллект	
	F _{4,444} =8,43; R ² =0,07; p<0,0001		F _{4,444} =8,02; R ² =0,07; p<0,0003	
	Бета	p	Бета	p
Экстраверсия	-0,24	0,0001	-0,20	0,0001
Зависимость от награды	0,13	0,01	0,13	0,01
Избегание опасности	-0,08	0,12	-0,21	0,0001
Нейротизм / Поиск новизны	-0,15	0,003	-0,12	0,01

В связи с этим в разделе 3.2.3 «Значение компонентов интеллекта в самооценке качества жизни в молодом возрасте» представлены результаты исследования вклада аналитического и эмоционального интеллекта (ЭИ) в самооценку состояния здоровья, который определяли с привлечением 167 студентов (18,7±1,5 лет, 66% - женщины). С использованием регрессионного

анализа выявлен негативный вклад в интегральный показатель физического здоровья таких компонент ЭИ как «негативная экспрессивность ($R^2=0,12$; $p=0,006$) или «сопереживание несчастьям» ($R^2=0,07$; $p=0,02$), последний является предиктором и интегрального показателя психического здоровья ($R^2=0,09$; $p=0,01$).

Так как баланс положительных и отрицательных эмоций рассматривается как индикатор самооценки состояния здоровья и повышения выживаемости (Cohen, Pressman, 2006; Fredrickson, 2004; Fredrickson, Losada, 2005), 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.

Одним из внешних факторов регуляции эмоционального состояния признается природная среда, и выяснению возрастных особенностей ее влияния посвящена следующая глава 3.3 «Роль природной среды в индукции позитивного эмоционального состояния».

Погружение в природную среду, в том числе при ее виртуальном представлении, характеризуется возникновением положительных эмоций или их усилением и сопровождается улучшением самочувствия (Capaldi et al., 2015; McAllister, et al., 2017). Отмечено положительное влияние контакта с природой на развитие когнитивных функций у детей и студентов (Berman et al., 2008; Holden, Mercer, 2014), однако остаются под вопросом механизмы такого воздействия (Keniger et al., 2013).

В связи с этим, в разделе 3.3.1 «Возрастные особенности эмоциональной оценки восприятия природной и урбанистической среды» представлены результаты исследования с применением специально созданных экологически полярных стимулов - фильмов. В исследовании приняли участие 30 молодых людей ($20,6 \pm 1,0$ лет) (ГрС) и 52 пожилых ($66,2 \pm 4,9$ лет) (ГрП). Для оценки восприятия использовали 7-балльную систему вербальных определителей, представленных в табл. 4.

Доминирование позитивной эмоциональной оценки отмечено при восприятии фильма, представляющего природную среду, и негативной – для урбанистической ($p < 0,01$ по критерию Вилкоксона), причем с более высокими значениями в ГрП, чем в ГрС (табл. 4). Следовательно, для них можно ожидать более выраженных реабилитационных эффектов эко-терапии, используемой для улучшения самочувствия при депрессии, стрессе или послеоперационном выздоровлении (Berman et al., 2012; Erikson, 2006; Korpela et al., 2016).

В разных сферах психотерапевтической реабилитации в последнее время стали применяться технологии виртуальной реальности (VR) (Lee et al., 2022; Yeo et al. 2020). При восприятии 3D изображений обнаружены более разнообразные стратегии кодирования пространственных отношений у мужчин, чем у женщин, полагающихся на фиксацию ориентиров навигации (Andersen et al., 2012; Lambrey, Berthoz, 2007).

Таблица 4 – Возрастные особенности восприятия природной и урбанистической среды

Показатель	Природа (ЭксП)		Урбанистический (ЭксУ)	
	ГрС	ГрП	ГрС	ГрП
Радость	3,1±2,4***	4,9±2,5	0,2±0,8	0,0±0,0
Печаль	0,6±1,3	0,3±0,7	4,0±2,3**	5,6±2,4
Активация	0,7±1,5	1,3±2,2	2,0±2,3	2,7±3,1
Релаксация	3,7±2,5	4,4±2,9	0,2±0,5	0,9±2,1
Приближение	4,6±2,3	5,5±2,0	0,4±1,3	0,0±0,3
Избегание	0,3±1,1	0,0±0,0	4,7±2,3*	5,6±2,3
Приятно	5,5±2,0*	6,4±1,0	0,1±0,6	0,0±0,0
Противно	0,0±0,0	0,0±0,0	4,7±2,4*	5,7±2,3
Красиво	6,0±1,2**	6,7±0,7	0,3±1,3	0,0±0,0
Уродливо	0,0±0,0	0,0±0,0	4,8±2,3**	5,8±2,2

Примечание. Жирным шрифтом выделены межгрупповые различия * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ по критерию Манна-Уитни

Поэтому в разделе 3.3.2 «*Особенности эмоциональной оценки погружения в виртуальную природную среду у мужчин и женщин*» было исследовано соотношение эмоционального состояния и активности коры головного мозга при предъявлении изображений природной среды в формате 2D и 3D 20-ти студентам университета (18-23 лет, 10 их них составили мужчины). Регистрацию ЭЭГ выполняли в течение 3-5 минут в трех экспериментальных ситуациях: фон с открытыми глазами и просмотр фильма природного содержания в формате 2D и 3D (в последнем случае 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 (показателей валентности, активации и амплитуды реакции).

Результаты изменений этих показателей для групп мужчин и женщин (ГрМ и ГрЖ) показаны в табл. 5. Восприятие природных сцен в формате 2D сопровождается значимым сдвигом настроения в положительную сторону только в ГрМ. Ситуация 3D характеризуется повышением самооценки активации и амплитуды эмоций независимо от пола.

Результаты ANOVA для тех частотных диапазонов, в которых были обнаружены специфические в группах изменения (логарифмированные значения мощности альфа2 и бета2), представлены в табл. 6.

Сравнивая самооценку показателя активации и мощности альфа2 ритма, следует отметить сходные изменения в ГрМ и ГрЖ, однако при более выраженном в ситуации 3D по сравнению с 2D эффекте релаксации в ГрМ, чем ГрЖ. Такая специфика реакции на ВР 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 погрузиться в ситуацию 3D.

Таблица 5 - Самооценка эмоционального состояния при предъявлении природной среды в группах мужчин и женщин

Показатель / Эксперимент	Валентность	Активация	Амплитуда
	Мужчины		
ANOVA Friedman	6,81	7,00	4,06
P	0,03	0,03	0,13
Контроль (фон)	5,0±1.1*	2,8±2.4*	3.6±2.2*
2D	6,4±0.8*	3,3±1.3#	4,1±1.4
3D	6,3±1,5	4,6±1.6*#	5,2±2.2*
Женщины			
ANOVA Friedman	1,87	5,61	5,36
P	0,39	0,06	0,07
Контроль (фон)	5.6±1.3	3.0±2.4*	3.5±2.2*
2D	5,6±1.5	4,0±1.9	4,7±2.2
3D	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.

Независимые от пола изменения ЭЭГ при просмотре природных сцен в 2D и 3D формате были характерны для широкого диапазона частот: дельта, тета, альфа₁, бета₁ и гамма ($9,70 < F < 27,10$ при $0,0001 < p < 0,008$) с генерализованным по всем частотам повышением амплитуды биопотенциалов в ситуации 3D по сравнению с 2D.

Таблица 6 - Изменения ЭЭГ при просмотре мужчинами и женщинами природных сцен в 2D и 3D формате

Частотный диапазон	Эффект		Экспериментальные ситуации		
	F	p	Фон	2D	3D
Мужчины					
Альфа 2	6,2	0,05	-0,09 ± 0,53*	-0,29 ± 0,49*#	-0,08 ± 0,57#
Бета 2	5,0	0,08	-0,72 ± 0,26*	-0,83 ± 0,25*#	-0,63 ± 0,30#
Женщины					
Альфа 2	10,4	0,006	-0,07 ± 0,25*	-0,44 ± 0,23*	-0,29 ± 0,23
Бета 2	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.

Обнаруженная в ситуации 2D активация коры головного мозга согласно мощности биопотенциалов отражает, по-видимому, широко представленные ресурсы функциональных систем мозга, вовлечённых в обработку зрительной

информации. Ослабление эффекта активации при предъявлении 3D изображений свидетельствует об усилении вклада релаксации по сравнению с 2D.

Следовательно, присущее личности доминирование позитивной оценки поступающей информации или смещение настроения в позитивную сторону под влиянием природной среды может служить резервом за счет когнитивной переоценки значимости информации.

В Главе 4 «**Гибкость мышления и организация активности мозга как отражение нейропластичности**» представлены результаты исследования функциональной активности фронто-париетальной системы как преднастройки к выбору стратегии мышления.

Эффективность решения проблемы определяется «ограничениями по ресурсам» и «ограничениями по данным»; и высшим уровням переработки информации, формирования концептуальных структур и метакогнитивной координации соответствуют специфические области коры головного мозга. (Величковский, 2006). Интенсивные исследования нейрофизиологических коррелятов креативности последних лет выявили информационное значение широко распространенных в структурах мозга сетей покоя (или фоновой активности мозга) как основы креативности (Beaty et al., 2014; Schuler et al., 2019; Sun et al., 2019). Кооперация функций фронто-париетальной (FPN) и DMN (default mode network) систем рассматривается как основа индивидуального разнообразия стратегий поиска ответа при тестировании креативности (Beaty et al., 2018; Zhu et al., 2017), в качестве индикаторов которого могут рассматриваться осцилляции разных частотных диапазонов.

Для выяснения специфики частотно-пространственной организации нейронных осцилляций, отражающих такие стратегии была выполнена регистрация ЭЭГ, и показатели мощности ритмов сопоставлены с психометрическими характеристиками креативности и интеллекта, зарегистрированными у 37 студентов 17-20 лет.

Для исследования организации показателей креативности и интеллекта был использован иерархический агломеративный метод кластеризации Уорда с евклидовой метрикой. Структура двух выделенных кластеров отличалась: один (КлIQ) был представлен IQf и образной оригинальностью при выполнении субтеста «Круги» и объединен с IQv и показателем вербальной оригинальности для «Необычного использования обычного предмета», тогда как другой кластер (КлА) сформирован показателями оригинальности ответов при выполнении субтестов «Незавершенные фигуры» и «Составление предложения».

С применением метода K-Means далее были сформированы группы, различавшиеся не только выделенными стратегиями креативности, но и уровнем IQ ($F_{5,166}=6,85$; $p<0,0001$; $\eta^2=0,17$). Кластер ГрIQ характеризовался более высокими показателями IQ и оригинальностью идей по субтестам «Круги» и «Необычное использование обычного предмета» при их значимой корреляции, а кластер, обозначенный как ГрА - сравнительно низким уровнем IQ и более высокими значениями оригинальности ответов при выполнении

заданий «Незавершенные фигуры» и «Составление предложения» и отсутствием значимой связи интеллекта и креативности. Для выяснения специфики ЭЭГ коррелятов креативности в этих группах была рассмотрена частотно-пространственная организация фоновой активности коры на частотах дельта и бета ритмов, учитывая их информативное значение в качестве предикторов креативности и интеллекта (Razumnikova, Krivonogova, 2019).

Обнаружено, что ГрIQ характеризовалась связями дельта ритма в лобных участках коры и бета 2 осцилляциями в задних областях коры, тогда как ГрА - более широко распределенными корреляциями бета2 и дельта ритма с их концентрацией в центрально-париетальных областях коры ($0.50 < r < 0.63$ при $0.008 < p < 0.05$).

Можно заключить, что эти группы, различающиеся уровнем интеллекта и оригинальностью ответов при выполнении креативных заданий (требующих отказа от стереотипных идей или решения проблемы в условиях заданного разнообразия стимулов), характеризуются разными формами регионарной организации дельта и бета 2 ритмов.

Следовательно, «преднастройка» активности коры способствует выбору стратегии решения задачи. Отказ от стереотипного решения, всплывающего в ответ на однотипные стимулы, и продолжение поиска с критической оценкой легко генерируемых идей требует активности мозга с доминированием префронтальных областей коры и характеризуется связью показателей оригинальности идей с уровнем IQ. В условиях тестирования креативности с применением разнообразных стимулов, относящихся к разным семантическим категориям, для успешного выполнения задания предпочтительна стратегия поиска ответа в широко представленной сети ассоциаций, что отражается доминированием диффузно связанных областей задних отделов коры.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными об разной регионарной ассоциации компонентов креативности: сопротивление фиксации – с лобно-височными областями, а оригинальности – с DMN (Nahm et al., 2019) и смещению активности FPN/DMN (Li et al., 2016) за счет предпочтения «интеллектуальной» или «спонтанной» стратегии дивергентного мышления.

В разделе 4.2 «Личностные особенности реактивности ЭЭГ, вызванные конвергентным и дивергентным мышлением: значение рациональных и иррациональных черт» представлены доказательства о разных формах их влияния (рис. 2). Вызванные конвергентным мышлением изменения в активации мозга и эффективность арифметические операций зависимы от рациональных личностных черт согласно типологии Юнга: большая активация (т.е. более выраженная десинхронизация альфа1 ритма) теменных отделов коры характерна для лиц с доминированием функции мышления (ГР_M1) по сравнению с группой с его низкими значениями ГР_M0 ($F_{18,504}=4.95$; $p < 0.01$ с поправкой Гринхауза-Гейсера) (рис. 2 А, Б). При дивергентном мышлении (решение эвристической задачи) реактивность

альфа1 и альфа2 ритмов и оригинальность решения зависимы от выраженности иррациональной черты – интуиции (рис. 2 В, Г).

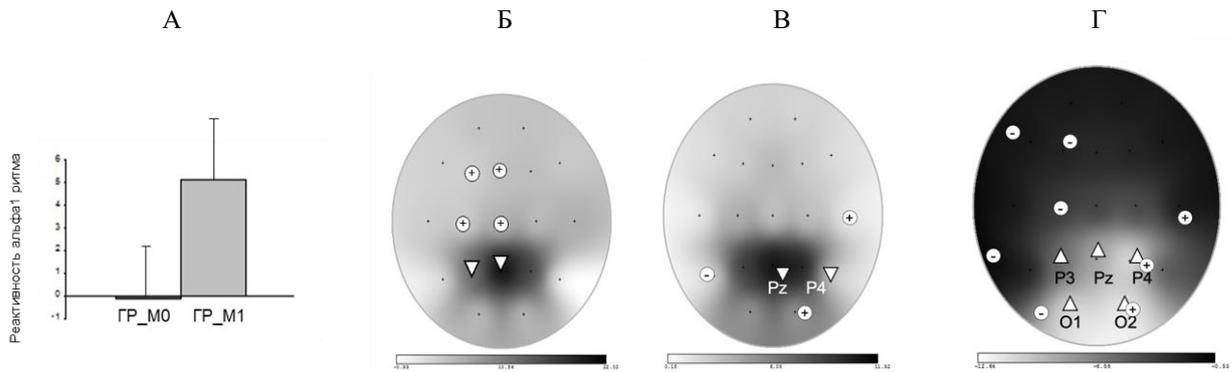


Рисунок 2 - Реактивность альфа 1 ритма, вызванная конвергентным мышлением в группах со слабо (ГР_М0) и ярко (ГР_М1) выраженными рациональными чертами. А-межгрупповые различия, Б-их регионарная специфика и связанные с выраженностью иррационального когнитивного стиля различия в реактивности альфа1,2 ритма, вызванной дивергентным мышлением. В – карта различий в реактивности альфа1 ритма между группами с низкими значениями интуиции (ГР_И0) и высокими (ГР_И1), Г - 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.

Следовательно, модулирующая функциональную активность мозга роль личностных черт вносит дополнительную вариативность в организацию когнитивных резервов.

В пятой главе «**Организация когнитивных функций, формирующих резервы на разных стадиях онтогенеза**» рассматриваются эффекты реализации когнитивных резервов на основе сравнения комплекса показателей когнитивной деятельности и самооценки качества жизни в разные возрастные периоды.

В разделе **5.1 «Связь компонентов интеллекта с самооценкой состояния здоровья в молодом и пожилом возрасте»** представлены результаты анализа вербального, образного и социального компонентов интеллекта и самооценки состояния здоровья согласно опроснику SF-36 в группах пожилых лиц ($n=65$, средний возраст $63,9\pm 5,8$ года; 94 % — женщины) (ГрП), молодых людей ($n=68$; $32,0\pm 7,2$ года; 82 % — женщины) (ГрСз) и студентов ($n=70$; $19,7\pm 1,5$ года; 91 % — женщины) (ГрС).

В результате дисперсионного анализа ANOVA показателей восьми шкал SF-36 с использованием фактора «возраст» получено значимое взаимодействие переменных ($F_{14,1372}=2,84$; $p=0,0003$) (рис. 3).

ГрП отличалась более низкими значениями по шкалам ФФ, РФ, Б, ОЗ и ЭФ при сравнении с ГрСз, а по показателям ФФ и РФ при сравнении с ГрС ($p<0,02$). Полученный профиль показателей качества жизни в целом хорошо

соответствует средним популяционным значениям и возрастным соотношениям шкал SF-36 (Амирджанова и др., 2008).

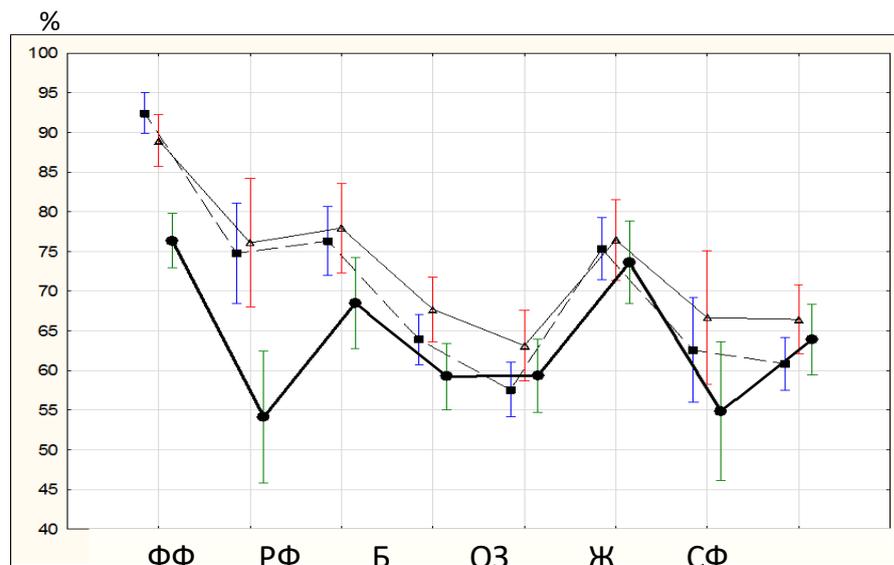


Рисунок 3 - Возрастные особенности самооценки качества жизни в трех возрастных группах: ГрП – старшего (сплошная линия, точки), ГрСз – среднего (сплошная линия, треугольники) и ГрС - более молодого возраста (пунктир, квадраты). ФФ – физическое функционирование, РФ – ролевое функционирование, Б – боль, ОЗ – общее здоровье, Ж - жизнестойкость, СФ – социальное функционирование, ЭФ – эмоциональное функционирование, ПЗ- психическое здоровье

Факторный анализ компонентов качества жизни, выполненный отдельно в каждой из групп, показал, что в ГрП все шкалы SF-36 объединились один фактор, в котором максимальная нагрузка оказалась у показателя «жизнестойкость» (табл. 7). 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».

Объединение всех шкал SF-36 в один фактор для ГрП представляет своеобразный эффект «дедифференциации» применительно к структуре составляющих качества жизни, который ранее был предложен для объяснения возрастающей связи между разными когнитивными способностями при старении (Hertzog, Bleckley, 2001).

Результаты дисперсионного анализа показателей интеллекта свидетельствуют о более низких значениях IQf и IQs в ГрП в сравнении с ГрСз и ГрС при отсутствии значимых различий IQv ($F_{2,169}=7,47$; $p=0,001$ для вербального и образного и $F_{2,95}=13,45$; $p=0,00001$ — для социального).

Связанное с возрастом снижение интеллекта в ГрП соответствует литературным данным (Kaufman, Horn 1996; Lawrence et al., 1998) и указывает, что не только флюидный, но и отдельные компоненты кристаллизованного интеллекта, в частности — показатели образного и социального интеллекта уменьшаются в группе пожилых людей (по уровню образования группы значимо не различались). Этот эффект, по-видимому, обусловлен характерным для пожилого возраста замедлением скорости ментальных

процессов, являющимся ведущим фактором в снижении эффективности когнитивных функций при временных ограничениях принятия решения (Greenwood, 2000; Herzog, Bleckley, 2001; Rammsayer, Troche, 2010).

Таблица 7 - Факторная структура шкал SF-36 в группе пожилых людей (ГрП), среднего возраста (ГрСз) и молодых (ГрС)

Шкала	ГрС		ГрСз		ГрП
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1
Физическое функционирование	0,104	0,741	0,088	0,779	-0,642
Рольное 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.

Так как скоростные характеристики ментальных процессов признаются основными при тестировании интеллекта (Hertzog, Schaie, 1986; Salthouse, 2010), то обнаруженное снижение IQf и IQs в ГрП можно связать с этим эффектом, а сохранность вербального интеллекта рассматривать как компенсаторный процесс вследствие постоянной тренировки речевых функций в повседневной жизни.

Результаты факторного анализа компонентов ЭИ в зависимости от возраста (ГрП и ГрС) свидетельствуют о разной структуре их организации с более дифференцированной организацией в ГрП (табл. 8).

Согласно результатам регрессионного анализа вклада компонентов интеллекта в самооценку здоровья для ГрП положительным предиктором ИФЗ стал IQv ($R^2=0,05$; $p=0,04$), а в ИПЗ негативный вклад вносил компонент СН ($R^2=0,04$; $p=0,09$). Для ГрС ИПЗ~ 0,39СР -0,29СН ($R^2=0,16$; $p=0,002$), а ИФЗ ~ 0,25СР -0,29НЭ -0,19СН ($R^2=0,19$; $p=0,001$).

Следовательно, полученные результаты можно рассматривать как доказательство позитивного вклада в качество жизни пожилых людей аналитических компонентов интеллекта, но негативного - переживания отрицательных эмоций при положительном влиянии позитивных эмоций вне зависимости от возраста. Непрерывное образование для дальнейшего развития интеллектуальных способностей и позитивное настроение, вызванное,

например, новыми формами социальной активности, полезны для реализации когнитивных резервов на поздней стадии онтогенеза.

Таблица 8 - Факторная структура шкал эмоционального интеллекта (ЭИ) в группе пожилых людей (ГрП) и молодых (ГрС)

ЭИ	Молодые (ГрС)		Пожилые (ГрП)		
	Ф1п	Ф2н	Ф1п	Ф3э	Ф2н
Позитивная экспрессивность	0,267	0,558	0,790	0,020	-0,089
Негативная экспрессивность	-0,429	0,740	-0,034	0,032	0,931
Внимание к эмоциям	0,320	0,457	0,543	0,303	0,138
Принятие решений на основе эмоций	0,050	0,591	0,403	-0,708	0,020
Сопереживание радости	0,778	0,115	0,575	0,030	0,526
Сопереживание несчастий	0,385	0,498	0,403	0,701	0,104
Эмпатия	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

Разделы 5.2 «Соотношение компонентов интеллекта и тормозных функций внимания и зрительной кратковременной памяти на разных этапах онтогенеза» и 5.3 «Возрастные особенности организации зрительной кратковременной памяти в модели проактивной интерференции» посвящены исследованию возрастных изменений в организации указанных когнитивных функций. С этой целью были сформированы 6 возрастных групп (табл.9).

Таблица 9 – Численный состав исследованных возрастных групп и средние значения зрительной кратковременной памяти в них

Группа		ГрД	ГрШм	ГрШ	ГрШс	ГрС	ГрП
Число	мужчины	38	27	31	16	49	34
	женщины	51	29	33	21	144	90
Возраст, годы		5,7±0,4	7,6±0,4	10,9±0,4	14,2±0,6	20,0±0,3	62,6±0,3
Память		34,4 ±1,3	32,4 ±1,6	35,9 ±1,5*	37,4 ±2,0*	37,5 ±0,9**	29,9 ±1,1

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. *- $p < 0,02$; ** - $p < 0,001$ с поправкой Бонферрони по сравнению с ГрП.

Для выяснения возрастных изменений показателей памяти использовали дисперсионный анализ зависимых переменных: воспроизведение стимулов в трех зрительно предъявленных сериях стимулов. Обнаружены более низкие

значения воспроизведения у пожилых по сравнению с пятью другими группами ($F_{5,547}=6,69$; $p<0,000005$; $\eta^2=0,06$) (см. табл. 9), при этом лучшие показатели памяти отмечены у старших школьников и студентов.

Влияние возраста на динамику воспроизведения запомненных объектов ($F_{10,1094} = 1,81$ $p<0,05$; $\eta^2=0,02$) иллюстрирует рис. 4: значимо большие показатели в 1 серии в сравнении с серией 3 для четырех групп ГрШ- ГрП, но отсутствие таких различий у дошкольников (ГрД) и максимальные значения воспроизведения для младших школьников (ГрШм) в серии 2 по сравнению с сериями 1 и 3.

Наличие генерализованного для четырех старших возрастных (ГрШ- ГрП) эффекта проактивной интерференции (RIF) (рис. 4) при отсутствии значимых серийных изменений воспроизведения в ГрД и ярко выраженной его динамике в ГрШм с повышением количества запомненных объектов во второй серии и последующим снижением 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 - может преобладать обучение запоминанию (эффект RBL), а у третьей – неконтролируемое спонтанное запоминание.

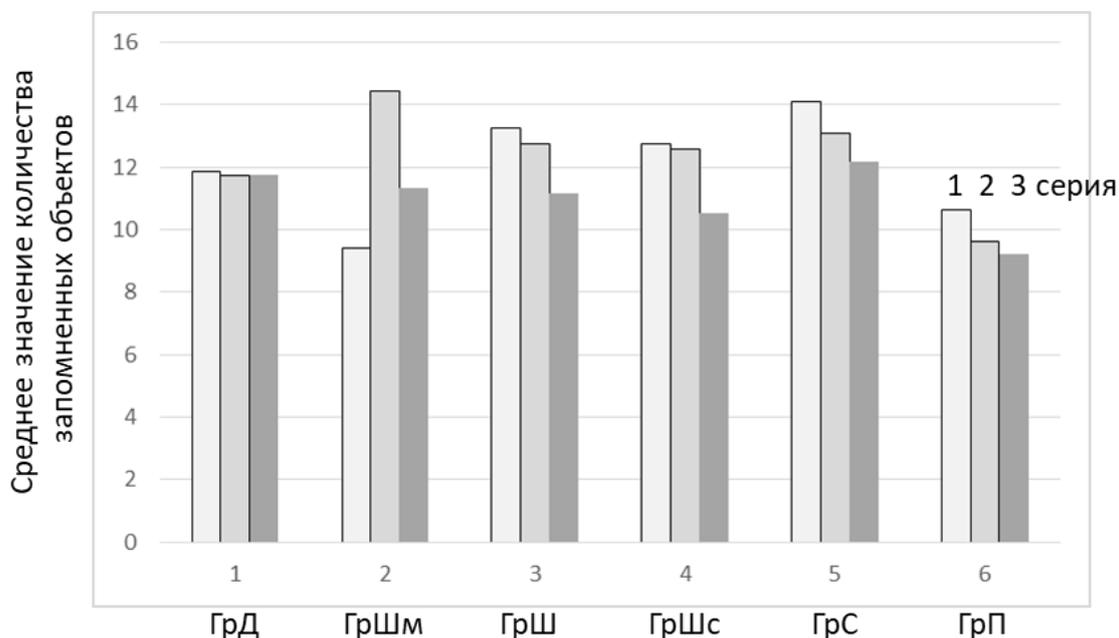


Рисунок 4 - Влияние возраста на динамику воспроизведения следа памяти в трех сериях зрительно предъявленных стимулов

Таким образом, эффект проактивной интерференции развивается с возрастом и способствует лучшему запоминанию серии зрительно представленных объектов с достижением пика воспроизведения памяти в 20 лет и его последующему ослаблению в шестидесятилетнем возрасте.

В разделе 5.4 «*Возрастные и индивидуальные особенности эффективности когнитивной тренировки*» рассматриваются полученные результаты развития скорости селекции информации, рабочей и пространственной памяти и/или исполнительного контроля внимания с применением разработанной батареи компьютеризированных методик.

В подразделе 5.4.1 «*Тренировка зрительно-пространственной кратковременной памяти*» рассматриваются ее возрастные особенности. 65 женщинам пенсионного возраста ($65,8 \pm 7,5$ лет) (ГрП) и 92 студенткам ($20,1 \pm 1,4$ лет) (ГрС) предлагалось использовать в домашних условиях методику «VisualPatternsTest», представленную на сайте [www.http://psytest.nstu.ru](http://psytest.nstu.ru) для достижения не менее 80% точности воспроизведения пространственных паттернов.

Оказалось, что в ГрС повторное тестирование выполнили 90% (10% достигли поставленного инструкцией результата с первого раза), а к 30-ой сессии их число снизилось до 5%; в ГрП повторно задание выполнили 78%, 30 сессий – 18%, а более 50 раз - только 9% (рис. 5).

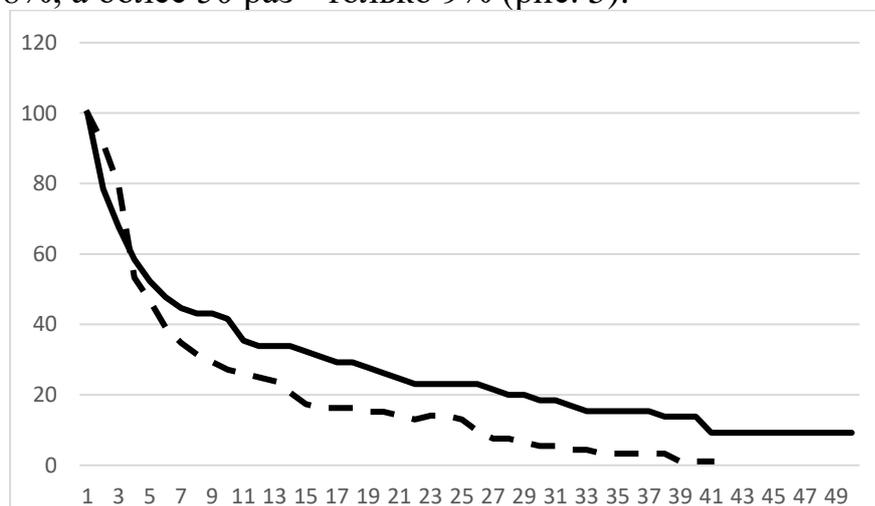


Рисунок 5 - Количество участников тренировки (ось у, %) в зависимости от числа выполненных сессий (ось х);
пунктир – молодые (ГрС), сплошная – пожилые (ГрП)

Следует отметить сходное снижение числа участников комплексной когнитивной тренировки в ходе финского гериатрического исследования, направленного на профилактику когнитивных нарушений (Tuunen et al., 2019).

Сравнение эффективности запоминания в первой сессии тестирования выявило меньшие значения воспроизведения в ГрП по сравнению с ГрС ($50,1 \pm 1,9$ и $68,2 \pm 1,6$ %; $p < 0,000001$ согласно критерию Манна-Уитни). На рис. 6 А показана динамика эффективности запоминания в ходе тренировки. Воспроизведение памяти на уровне 80% представители ГрС добивались в результате выполнения 5-10 сессий тренировки. ГрП этого результата не достигла и после 20 сессий тренировки, эффект улучшения памяти до 80%

оказался значим только после 84-87 сессий тренировки ($p = 0,003$ согласно критерию Фридмана) (рис. 6 Б).

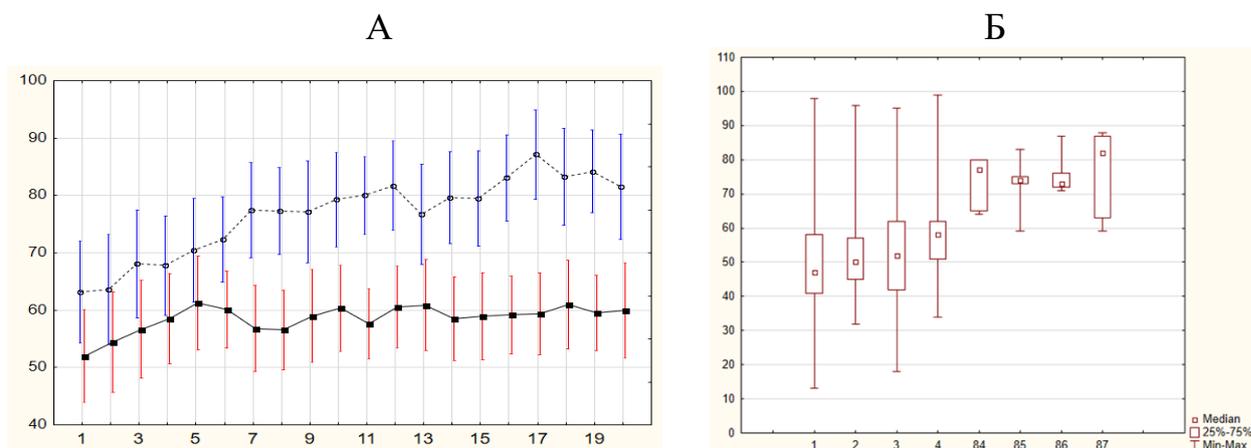


Рисунок 6 - Динамика эффективности запоминания (ось y) в 20-ти сессиях тренировки (ось x) в группах молодых (пунктир) и пожилых (сплошная) (А) и в первых четырех и восьмидесятих сессиях тренировки пожилых (Б)

Следовательно, результаты тренировки кратковременной зрительной пространственной памяти зависят от возраста и базового уровня памяти.

Молодые лица не только характеризуются лучшими начальными показателями пространственной памяти, но и быстрее достигают ее более высокого значения, что можно рассматривать как подтверждение большей пластичности нейронной системы, обеспечивающей быстрое запоминание получаемой информации (Bissig, Lustig, 2007).

Учитывая, что не только молодые, но и 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). Наблюдаемое лишь у небольшой части представителей ГрП достижение в ходе длительной тренировки высокого уровня пространственной памяти (рис. 7 Б), подтверждает гипотезу, согласно которой исполнительный контроль поведения позволяет компенсировать связанное со старением ослабление когнитивных функций (Reuter-Lorenz, Cappel, 2008; Xuan, 2020).

Раздел 5.4.2 «Тренировка зрительной кратковременной памяти в модели проактивной интерференции» посвящен анализу ее эффективности с использованием разных наборов стимулов для выяснения особенностей динамики развития эффектов RIF и RBL. В первой части исследования принимали участие студенты (220 человек, $20,4 \pm 1,9$ лет). Во второй части – для определения эффективности тренировки - студенты (70 человек; $21,7 \pm 2,5$ лет) и группа пожилых женщин (25 человек; $64,4 \pm 6,3$ лет)

Лучшие показатели памяти в первых сессиях теста и более быстрое развитие эффекта RIF обнаружено для того набора стимулов, который характеризовался большим разнообразием ($F_{4,884}=2,5$; $p<0,04$) (Т1 на рис. 7 А).

В связи с малым числом устойчиво тренирующихся лиц для возрастного сравнения изменений показателей памяти и проактивной интерференции были взяты только 10 тренировок, анализ которых показал улучшение памяти (рис. 7 Б) при сохранении эффекта RIF.

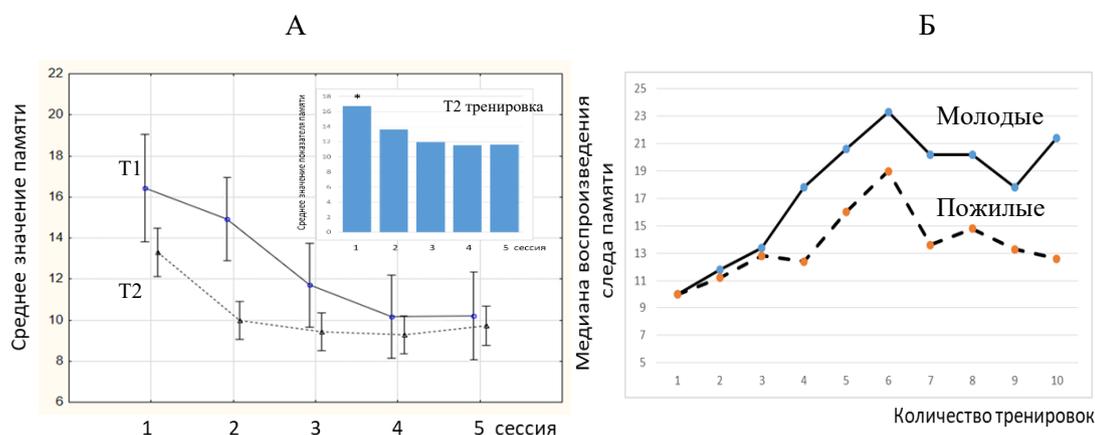


Рисунок 7 – Динамика изменения показателей памяти для пяти сессий предъявления стимулов из разных наборов стимулов Т1 и Т2 (А) и в ходе тренировки (Б)

В разделе 5.4.3 «Тренировка зрительно-пространственной кратковременной памяти с разной информационной нагрузкой» рассматривается влияние возраста со сравнением групп молодых ($20,6\pm 2,1$ лет; $n=56$; ГрС) и пожилых ($62,8\pm 8,6$ лет; $n=43$; ГрП) женщин.

Требовалось запомнить цифру, появлявшуюся в центре экрана, и отследить положение целевого стимула: «птички», отмечая его затем курсором мышки вместе с выбором показанной цифры. Повышение информационной нагрузки достигалось предъявлением одного, а затем двух дистракторов: объектов, похожих по очертаниям на «птичку».

При сравнении трех экспериментальных ситуаций, различающихся информационной нагрузкой: количеством дистракторов, лучшие результаты в точности попадания курсором в целевой стимул продемонстрировала ГрС, чем ГрП (соответственно, 79 и 130 пикселей) ($F_{1,146}=6,42$; $p<0,01$; $\eta^2=0,04$). Этот эффект усиливался в ситуации с предъявлением 2-х дистракторов ($p<0,03$ с поправкой Бонферрони (рис. 8).

Анализ динамики изменения точности попадания в целевой стимул в 10 сессиях тренировки для ситуации с 2-мя дистракторами показал, что точность попадания для каждой сессии в ГрС была выше, чем в ГрП ($0,00001 < p < 0,01$ по критерию Манна-Уитни).

Следовательно, для ГрС характерно комплексное обучение лучшей концентрации внимания и пространственной памяти, тогда как в ГрП резервы задействованы только в отношении концентрации внимания на центрально предъявленный стимул.

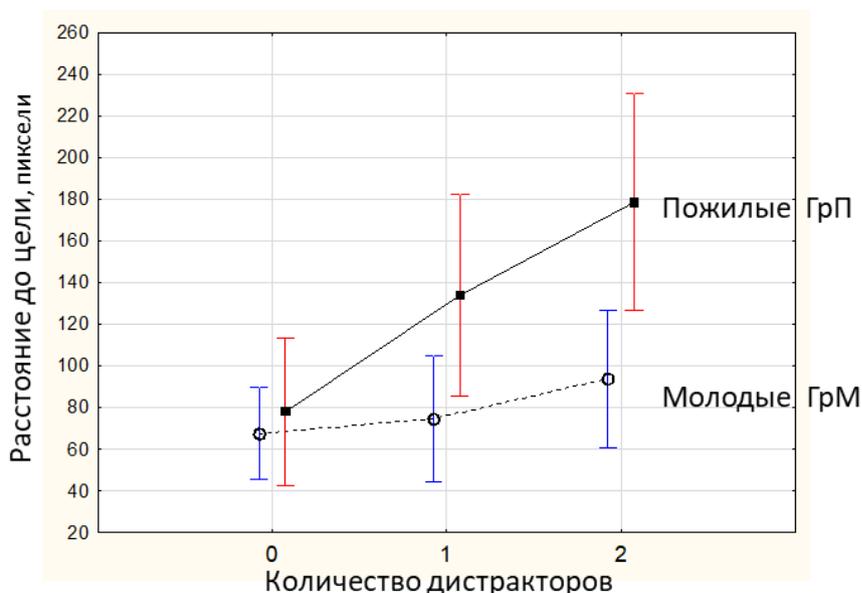


Рисунок 8 - Возрастные изменения зрительно-пространственной памяти в зависимости от информационной нагрузки: количества дистракторов

Эти возрастные различия в мультитренировке можно рассматривать как отражение большей в молодом возрасте функциональной интеграции фронтальной и париетальной систем, ответственных за исполнительный контроль и селекцию разных компонентов пространственно распределенной информации (Duda, Sweet, 2020; Sprague et al., 2014), что приводит при обучении к повышению эффективности их функций. Показанное в пожилом возрасте усиление локальных связей в нейронных сетях, в том числе после когнитивной тренировки (Deng et al., 2019; Lopez-Larson et al., 2011), по-видимому, ограничивает возможности комплексной тренировки в ГрП.

Следовательно, для повышения нейропластичности функциональных систем предпочтительны персонализированные задания, стимулирующие разные функции селекции и запоминания информации (Howard et al., 2020; Katus, Eimer, 2016), однако с выбором оптимальной информационной нагрузки при тренировке, так как лучший эффект в ГрС достигнут при большей, а в ГрП – при меньшей нагрузке. Вследствие довольно быстрого прекращения свободно организованных когнитивных тренировок в домашних условиях, отмеченного и другими авторами (Turunen et al., 2019), по-видимому, при разработке компьютеризированных программ когнитивной тренировки следует вводить индивидуально настраиваемый интерфейс для стимуляции мотивации достижения лучшего результата и предотвращения негативных эмоций и отказа от деятельности в случае неуспеха.

Тренировка зрительной кратковременной памяти в модели «one-back» (раздел 5.4.4) выполнялась с участием двух групп, различающихся возрастом: 58 студентов, 22.2 ± 4.3 лет (ГрС) и 50 человек пенсионного возраста (65.5 ± 7.7 лет) (ГрП). Анализировали результаты 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.

ГрС характеризовалась большим числом воспринятых стимулов (N_{kp}), чем ГрП в первом тестировании и более быстром его росте ($F_{9,342}=10,1$; $p<0,00001$) при отсутствии значимых межгрупповых различий по количеству ошибок.

Анализ результативности выполнения трех первых и последних из 30-ти сессий тестирования в ГрП выявил значимое повышение N_{kp} при снижении времени реакции и количества ошибок ($23,5 < ANOVA \text{ ChiSqr}_{(N=12, df=5)} < 31,1$; $0,00001 < p < 0,0003$).

Эффект медленного обучения в пожилом возрасте показан при тренировке разных когнитивных функций (Arokiaraj et al., 2020; Lampit et al., 2020) и отражает, по-видимому, влияние множества факторов, которые могут определять динамику и эффективность компьютерной когнитивной тренировки, в том числе мотивации, настойчивости и контроля поведения или результативности начальных изменений когнитивных функций (Goghari 2017 Lee 2020 Peeters 2021; Shaw 2021).

Таким образом, хотя когнитивная тренировка способствует эффективности 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 памяти и скорости обработки информации.

«Мотивационные факторы, определяющие эффективность тренировки когнитивных функций» проанализированы в разделе 5.4.5 с использованием перечня мотивационных индукторов, разработанного на основе когнитивно-динамического подхода Нюттена (Нюттен, 2004), с привлечением 80 человек пожилого ($65,1 \pm 5,8$ лет) (ГрП) и 60 - молодого ($20,0 \pm 1,1$ лет) (ГрС) возраста.

ГрП наряду с физической активностью важной и для настоящего и будущего выделила целенаправленную деятельность по сохранению своих умственных способностей. Однако, как показали представленные выше результаты когнитивной тренировки, ее выполнение отмечено только для 8%.

Одной из причин такого несоответствия желаемого и действительного может быть ослабление функций инициации действий пожилых, связанное с возрастными изменениями структур мозга (Acosta et al., 2013; Turner, Spreng, 2012; Reuter-Lorenz, Cappell, 2008). Следовательно, для обеспечения реального воплощения потенциальных представлений о достижении высокого качества жизни в постпенсионный период необходима оценка уровня самоконтроля и мотивации.

В главе 6 **«Системная организация и механизмы реализации когнитивных резервов»** дан анализ представлений об онтологии когнитивных функций и моделях когнитивной архитектуры на основе описанных выше результатов исследования формируется оригинальная концепция гетероиерархической организации системы когнитивных резервов.

Раздел 6.1 **«Потенциальные траектории формирования и реализации когнитивных резервов согласно их архитектуре»** посвящен описанию

разработки когнитивной онтологии. Основные ментальные функции (например, рабочая память, эмоциональная регуляция или мотивация когнитивного тренинга и т.д.) отражают потенциальные когнитивные резервы, которые могут быть задействованы для повышения эффективности обучения или компенсации атрофии нейронов, нарушения их синаптических связей и передачи сигнала вследствие разрушения миелиновой оболочки аксонов при старении мозга. Принимая во внимание описанные в Главах 3-5 результаты исследования, модульную структуру когнитивных резервов можно представить комплексом психометрических и психофизиологических показателей когнитивных функций, состояние которых изменяется на разных стадиях онтогенеза.

Ключевое значение префронтальной коры в организации разнообразных форм когнитивной деятельности обусловлено ее функциями планирования и инициации поведения с выбором отдельных операторов информационных ресурсов и принятием решения на основе прогноза успешности поведения. Усиление функций префронтальной коры или гибкая реорганизация взаимодействия нейронных ансамблей передних и задних отделов мозга (как это было показано в Главе 4) может рассматриваться как пример компенсаторного ресурса мозга.

За основу созданной нами архитектуры системы когнитивных резервов взята модель АСТ-R6 (Adaptive Control of Thought-Rational) (Anderson et al., 2004; Anderson, 2007), дополненная и реконструированная согласно полученным результатам исследования (рис. 9).



Рисунок 9 - Архитектура когнитивных резервов и схематичное отражение факторов, влияющих на их формирование и реализацию

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.

Верхняя часть модели в большей мере отражает формирование системы когнитивных функций на ранних этапах онтогенеза под влиянием образования и социально-культурных стереотипов поведения, соответствующих полу, характерологическим чертам и стратегиям когнитивной деятельности. 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 и погружения в виртуальную природную среду и мультизадачного когнитивного тренинга, описанных в Главах 3 и 5.

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.

Моделирование когнитивной структуры позволяет выделить разные формы взаимодействия сетевых компонентов взаимодействия структур мозга: те, которые остаются «стабильными» в разных предметных областях, и более «гибкие» компоненты их реконфигурации в соответствии со стратегиями когнитивной деятельности (Mill et al. 2017). 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 ментальном пространстве и текущем времени компоненты (рабочая память, переключение стратегий мышления в зависимости от характера поставленной задачи или изменения мотивации и эмоциональной регуляции когнитивной деятельности).

Раздел **6.2. «Гетероерархическая организация системы когнитивных резервов»** содержит описание разработанной концепции. Полученные результаты выполненного комплексного исследования позволяют представить систему когнитивных резервов, в которой и базовые когнитивные функции, и исполнительный контроль, и эмоциональная регуляция, и мотивация для выбора программ обучения или поиска путей сохранения жизненной активности при старении могут выступать как основной ведущий фактор развития, стимуляции и/или реализации когнитивных резервов (рис. 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) когнитивной деятельности. Каждый из этих основных факторов может выполнять системообразующую и стимулирующую роль в эффективной реализации когнитивных резервов: либо вследствие врожденного потенциала нейропластичности, либо за счет целенаправленного контроля поведения.

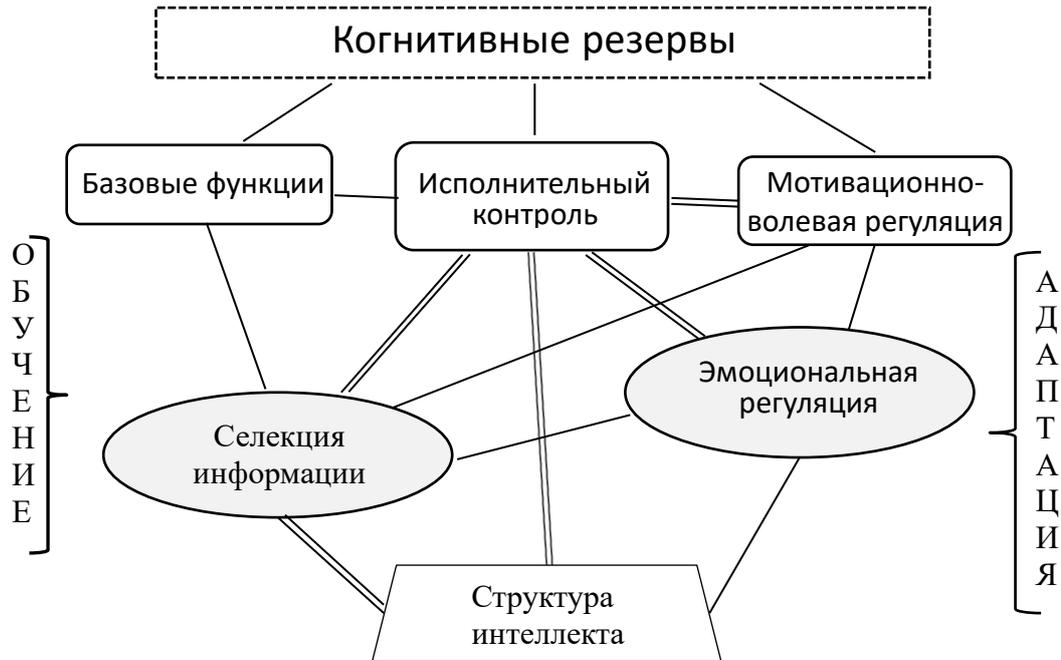


Рисунок 11 - Гетероиерархическая организация системы когнитивных резервов

Механизмы их реализации представлены закономерностями возрастных изменений психометрических и психофизиологических показателей, описанных в Главах 3-5. Эти показатели: скорость реакции, рабочая память, кратковременная зрительная и зрительно-пространственная память, флюидный, вербальный, образный, социальный и эмоциональный интеллект, а также ЭЭГ корреляты конвергентного и дивергентного мышления. Эти переменные, выбранные на основе анализа литературных данных в качестве потенциальных составляющих когнитивных резервов, далее были исследованы в серии экспериментов для выяснения их организации и динамики реорганизации на разных стадиях онтогенеза, в том числе в сопоставлении с эффективностью обучения школьников и студентов и самооценкой состояния здоровья, как интегральной характеристики благополучия.

Предложенная модель гетероиерархической организации системы когнитивных резервов подчеркивает значение исполнительных контролируемых функций в реализации возможностей современной информационной среды для стимуляции нейропластичности мозга в онтогенезе.

В **Заключении** отмечено, что в результате выполненного комплексного исследования обосновано новое направление психофизиологии: дифференциальная когнитивная психофизиология, в рамках которого разработана концепция гетероиерархической организации системы когнитивных резервов. На основе анализа литературных данных и эмпирически полученных закономерностей возрастных изменений когнитивных функций сформированы дескриптивные методы оценки комплекса психометрических и психофизиологических показателей состояния когнитивных резервов на разных стадиях онтогенеза. Минимальный комплекс таких показателей, как отражения эффективности взаимодействия функциональных нейронных сетей префронтальной коры, гиппокампа и структур лимбической системы, включает определение скорости ментальных процессов, в том числе при селекции конкурирующих сигналов, зрительно-пространственной памяти с предъявлением усложняющейся информационной нагрузки, гибкости мышления и соотношения позитивных и негативных эмоций в регуляции поведения.

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 «когнитивно 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 при старении, в том числе с применением современных информационных технологий, 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. Установлено, что 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. Выявлено, что 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. Доказано, что 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.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основные положения диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

Монографии

1. Разумникова О. М. Когнитивные ресурсы и стратегии адаптации при старении, локальных повреждениях мозга или сенсорной депривации: монография / О. М. Разумникова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. – 160 с. – ISBN 978-5-7782-4304-0. (10 п.л.).
2. Разумникова О. М. Онтогенез тормозного контроля когнитивных функций и поведения: монография / О. М. Разумникова, Е. И. Николаева. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021. – 158 с. – ISBN 978-5-7782-4525-9. (9,88 п.л. /4,94 п.л.).
3. Разумникова О. М. Компоненты социального интеллекта и социальной креативности / О. М. Разумникова, С. Б. Фиников // В книге: Современные исследования творчества: к 90-летию Я. А. Пономарева: коллективная монография. – Пермь: Перм. гос. ин-т искусства и культуры: Ин-т психологии РАН, 2010. – С. 237–252. (1 п.л./0,5 п.л.).
4. Разумникова О. М. Общие и индивидуальные характеристики активности мозга при творческом мышлении / О. М. Разумникова. // Творчество: от биологических оснований к социальным и культурным феноменам: коллектив. моногр. – Москва: Ин-т психологии РАН, 2011. – Гл. 4. – С. 58–100. (2,63 п.л.). ISBN · 978-5-9270-0229-0
5. Razumnikova O. M. Divergent versus convergent thinking / O. M. Razumnikova. – Text: electronic // Encyclopedia of creativity, invention, innovation and entrepreneurship. – Cham: Springer, 2017. – 7 p. – DOI 10.1007/978-1-4614-6616-1_362-2 (0,44 п.л.).
6. Razumnikova O. M. Social creativity: Behavioral and brain Activity components, social creativity into intelligence components, and brain activity / O. M. Razumnikova, M. Pusikova. // Integrative Explorations of the Creative Mind: monograph. –Cambridge: Cambridge Scholars Publ., 2019. – Pt. 3, chap. 6. – P. 120–138. (1,19 п.л. /0,59 п.л.).
7. Razumnikova O. M. Attention deficit hyperactivity disorder as a model of developmental trajectories of inhibition processes needed for creative thinking / O. M. Razumnikova // Understanding children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). – New York: Nova Medicine & Health, 2020. – Chap. 8. – P. 195–216. – (Neuroscience research progress series) (0,75 п.л.).

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования

8. Разумникова О. М. ЭЭГ-корреляты социальной креативности / О. М. Разумникова // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова – 2010. – Т. 60.- № 6. – С. 691–695. (0,31 п.л.).
9. Разумникова О. М. Отражение социальной креативности в особенностях активности коры на частотах дельта-, альфа2- и гамма2- ритмов

- / О.М. Разумникова, С. Б. Фиников // Журнал высшей нервной деятельности. – 2011. – Т. 61.- № 6. – С. 706–715. (0,69 п.л. /0,35 п.л.).
10. Яшанина А.А. Значение когнитивного стиля и полушарного доминирования в проектировании индивидуальной траектории обучения / А. А. Яшанина, О.М. Разумникова // Сибирский педагогический журнал. – 2012. – № 8. – С. 226–230. (0,31 п.л. / 0,16 п.л.).
11. Адаптация русскоязычной версии опросника эмоционального интеллекта К. Барчард / Г. Г. Князев, Л. Г. Митрофанова, О. М. Разумникова, К. Барчард. // Психологический журнал. – 2012. – Т. 33.- № 4. – С. 112–120. (0,56 п.л. /0,14 п.л.).
12. Разумникова О. М. Соотношение креативности, интеллекта и полушарной специализации в селекции информации / О. М. Разумникова, А. А. Яшанина. // Психологический журнал. – 2012. – Т. 33.- № 5. – С. 71–81. (0,69 п.л. / 0,35 п.л.).
13. Разумникова О. М. Влияние индуцированных эмоций на креативность / О. М. Разумникова // Вопросы психологии. – 2013. – № 2. – С. 93–103. (0,69 п.л.).
14. Разумникова О. М. Особенности влияния основных личностных черт на показатели интеллекта у мужчин и женщин / О. М. Разумникова // Экспериментальная психология. – 2013. – Т. 6, № 6. – С. 31–39. (0,94 п.л.).
15. Разумникова О.М. Самооценка здоровья и ее взаимосвязь с базовыми жизненными ценностями в разных возрастных группах / Н. В. Асанова, О.М. Разумникова. // Валеология. – 2013. – № 2. – С. 33–38. (0,38 п.л. / 0,19 п.л.)
16. Разумникова О.М. Полушарные особенности интерференции информации у лиц с преобладанием рационального или иррационального когнитивного стиля / А. А. Яшанина, О. М. Разумникова. // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2014. – Т. 34.- № 5. – С. 11–16. (0,38 п.л. /0,19 п.л.).
17. Разумникова О. М. Закономерности старения мозга и способы активации его компенсаторных ресурсов / О. М. Разумникова // Успехи физиологических наук. – 2015. – Т. 46.- № 2. – С. 3–16. (0,88 п.л.)
18. Разумникова О. М. Возрастные особенности взаимосвязи интеллекта и самооценки качества жизни / О. М. Разумникова, Л. В. Прохорова, А. А. Яшанина // Успехи геронтологии. – 2016. – Т. 29.- № 2. – С. 353–359. (0,88 п.л./0,27 п.л.) (Scopus)
19. Разумникова О. М. Связь интеллекта и личностных черт с креативностью студентов-математиков и гуманитариев / О. М. Разумникова // Психологический журнал. – 2016. – Т. 37.- № 1. – С. 69–78 (0,63 п.л.) (Scopus)
20. Разумникова О. М. Вклад вербального, пространственного и эмоционального компонентов интеллекта в самооценку качества жизни в молодом возрасте / О. М. Разумникова, А. А. Яшанина, Н. В. Асанова. // Экспериментальная психология. – 2017. – Т. 10.- № 4. – С. 34–45. (0,63 п.л. /0,21 п.л.). (WoS)

21. Разумникова О. М. Значение рационального или иррационального когнитивного стиля в реактивности альфа-ритма при конвергентном и дивергентном мышлении / О. М. Разумникова, А. А. Яшанина // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2017. – Т. 103, № 3. – С. 348–358. (0,69 п.л. /0,35 п.л.)
22. Разумникова О. М. Мотивационные индукторы поведения как резервы успешного старения / О. М. Разумникова, Н. В. Асанова. // Успехи геронтологии. – 2018. – Т. 31, № 5. – С. 737–742. (0,38 п.л. /0,19 п.л.) (Scopus)
23. Разумникова О. М. Современные представления о социальном интеллекте и социальной креативности: значение тормозных функций в социальной адаптации / О. М. Разумникова, М. В. Пусикова // Теоретическая и экспериментальная психология. – 2018. – Т. 11, № 1. – С. 67–84. (0,5 п.л. /0,25 п.л.)
24. Разумникова О. М. Взаимосвязь факторов тормозного контроля, успешности обучения и сохранения здоровья студентов в условиях стрессовых нагрузок образовательного процесса / О. М. Разумникова, Н.В. Асанова // Экология человека. – 2019. – № 12. – С. 46–52. (0,44 п.л./0,22 п.л.) (Scopus)
25. 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. (0,88 п.л.) (Scopus)
26. Разумникова О. М. Электроэнцефалографические корреляты активности фронтопариетальной системы как предикторы вербального интеллекта и невербальной креативности / О. М. Разумникова, К. Д. Кривоногова // Российский психологический журнал. – 2019.- № S2/1. – С. 45–59. (0,94 п.л. /0,47 п.л.)
27. Разумникова О. М. Возрастные особенности тормозного контроля и проактивная интерференция при запоминании зрительной информации / О.М. Разумникова, Е.И. Николаева // Вопросы психологии. – 2019. – № 2. – С. 124–132. (0,56 п.л. /0,28 п.л.) (Scopus)
28. Разумникова О. М. Тормозные функции мозга и возрастные особенности организации когнитивной деятельности / О. М. Разумникова, Е. И. Николаева. – DOI 10.1134/S0301179819010090. // Успехи физиологических наук. – 2019. – Т. 50, № 1. – С. 75–89. (0,94 п.л. /0,47 п.л.) (Scopus)
29. Разумникова О.М. Соотношение креативности, эмоционального и общего интеллекта в академической успеваемости студентов / О.М. Разумникова, Ю. А. Мезенцев // Вопросы психологии. - 2020. – № 2. – Р. 119–128 (0,63 п.л. /0,32 п.л.) (Scopus)
30. Разумникова О. М. Соотношение креативности, интеллекта и успеваемости школьников 11–13 лет / О. М. Разумникова, В. А. Каган, М. А. Горячева. // Вопросы психологии. – 2020. – № 6. – С. 47–57. (0,69 п.л. /0,23 п.л.) (Scopus)
31. 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. (0,5 п.л. /0,25 п.л.) (Scopus)

32. Разумникова О. М. Соотношение креативности, интеллекта и успеваемости школьников 11–13 лет в зависимости от пола / О. М. Разумникова, В. А. Каган // Вопросы психологии. – 2021. – № 4. – С. 135–144. (0,31 п.л. /0,16 п.л.) (WoS, Scopus)
33. Разумникова О. М. Фоновые показатели мощности ЭЭГ как корреляты вербальных и невербальных компонентов креативности и интеллекта / О.М. Разумникова // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2021. – Т. 107.- № 8. – С. 955–972 (1,13 п.л.).
34. Разумникова О. М. Возрастные и индивидуальные особенности тренировки зрительной кратковременной пространственной памяти // Экспериментальная психология - 2022. - № 1. - С. 4-18. (0,94 п.л.).
35. Razumnikova O. M. Baseline measures of EEG power as correlates of the verbal and nonverbal components of creativity and intelligence / O.M. Razumnikova // Neuroscience and Behavioral Physiology. - 2022. - Vol. 52.- iss. 1. - P. 124-134. (0,69 п.л.). (Scopus)
36. Разумникова О. М. Значение информационной нагрузки при тренировке зрительно-пространственной памяти в условиях распределенного внимания у пожилых женщин / О.М. Разумникова, М.А. Матюшина // Успехи геронтологии. - 2022. – Т. 35. - № 1. – С. 53–60. (0,5 п.л. /0,25 п.л.). (Scopus, PubMed)
37. Разумникова О.М. Фронтально-париетальные паттерны дельта- и бета-осцилляций как маркеры стратегий креативности / О. М. Разумникова // Физиология человека. - 2023.- Т.49. - №3. - С. 117-125. (0,5 п.л.) (Scopus)
38. Разумникова О.М. Когнитивная архитектура познавательной деятельности при ее моделировании и психофизиологической оценке / О. М. Разумникова // Успехи физиологических наук. 2023.- Т.54. - №3. - С. 90-104. (0,94 п.л.) (Scopus)

Статьи в других научных изданиях

39. Razumnikova O. M. Divergent versus convergent thinking / O.M. Razumnikova. – Text: direct // Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship. – New York: Springer Science, 2013. – P. 546–552. (0,44 п.л.). DOI 10.1007/978-1-4614-3858-8_362
40. 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: науч.-техн. журн. – 2019. – Т. 25.- № 10. – С. 602–608. (0,44 п.л. /0,11 п.л.).
41. 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. (0,63 п.л.)
42. Razumnikova O. M. Ontology of frequency-spatial organization of brain activity reflecting the cognitive reserves / Razumnikova O., Bakaev M. A. // International multi-conference on engineering, computer and information sciences (2019 SIBIRCON): IEEE, 2019. – P. 950–954. (0,31 п.л. /0,16 п.л.).

43. Разумникова О. М. Возрастная динамика показателей вербальной и образной креативности школьников / О. М. Разумникова, В. А. Каган, Н.В. Панова // Комплексные исследования детства. – 2020. – Т. 2.- No 2. – С. 72–79. (0,5 п.л. /0,17 п.л.).
44. Bakaev M. Ontology-Based Bibliometric Analysis of PubMed Publications Related to Cognitive Reserves / M. Bakaev, O. Razumnikova // In: Alexandrov D.A., et al. (eds) Digital Transformation and Global Society. DTGS 2020. Communications in Computer and Information Science, vol 1242. Springer, Cham. - P.490-504. (1 п.л. /0,5 п.л.).
45. Bakaev M. Mining of PubMed Publications for Neurophysiological Tests Assessing the Cognitive Reserves / M. Bakaev, O. Razumnikova // Russian Advances in Artificial Intelligence" Track at RCAI 2020 co-located with 18th Russian Conference on Artificial Intelligence (RCAI 2020) Moscow, Russia, October 10-16, 2020. Vol-2648. nbn:de:0074-2648-5. P. 32-47 (0,94 п.л./0,47 п.л.).
46. Razumnikova O. M. Imbalance between emotionally negative and positive life events retrieval and the associated asymmetry of brain activity / Razumnikova O., Khoroshavtseva E. // Behavioral Science. - 2020. - Vol.10, iss. 1. - Art. 18 - DOI: 10.3390/bs10010018. (0,5 п.л. /0,25 п.л.) (Scopus)
47. Разумникова О. М. Возрастные и половые различия в формировании тормозного контроля в процессе обучения запоминанию / О.М. Разумникова, Е. И. Николаева // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2020. – № 195. – С. 89–95. (0,44 п.л. /0,22 п.л.).
48. Разумникова О. М. Нейрофизиологические механизмы решения экспериментальных творческих задач: инсайт и/или критический анализ? / О. М. Разумникова. // Психология. Журнал Высшей школы экономики. – 2021. – Т. 18.- № 3. – С. 623–642 (1,19 п.л.).
49. Применение инструментов дискретной оптимизации для классификации когнитивного дефицита: особенности использования минимаксного и аддитивного критериев / О. М. Разумникова, Ю.А. Мезенцев, П. С. Павлов [и др.]. // Программные продукты и системы. – 2021. – № 4 (34). – С. 579–588. (0,63 п.л. /0,13 п.л.).
50. Razumnikova O. The selected profession as determinant of the Flynn effect: specificity of changes in the intelligence structure of university students / O. Razumnikova, A. Usol'tsev // Advances in Intelligent Systems and Computing. - 2021. - Vol. 1358 - P. 242–249. (0,5 п.л./0,25 п.л.).
51. Razumnikova O M. Age-Related Changes and Reorganization of Creativity and Intelligence Indices in Schoolchildren and University Students / O. Razumnikova, M. Bakaev // Journal of Intelligence. - 2022. - Vol.10.- iss.3. - Art. 52- DOI 10.3390/jintelligence10030052 (1,06 п.л. /0,53 п.л.) (PubMed)
52. Разумникова О. М. Временная динамика показателей интеллекта в зависимости от пола и выбранной специальности / О.М. Разумникова // Психология. Журнал Высшей школы экономики. – 2022. – Т. 19.- № 1. – Р. 8–25. (1 п.л.).