



Check for updates

Клинические, образовательные  
и социальные аспекты психологии здоровья

УДК 159.9

EDN USWPLE

<https://www.doi.org/10.33910/2686-9527-2023-5-1-138-152>

Научная статья

## Возможный подход к сопоставлению сформированности исполнительных функций и активности сетей покоя ЭЭГ у подростков (на материале анализа онлайн-поисковой активности)

Е. И. Николаева<sup>1</sup>, Е. Г. Вергунов<sup>2</sup>, Н. В. Сутормина<sup>✉1</sup>

<sup>1</sup> Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 191186, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 48

<sup>2</sup> Научно-исследовательский Институт нейронаук и медицины, 630117, Россия, г. Новосибирск, ул. Тимакова, д. 4

### Сведения об авторах

Елена Ивановна Николаева, SPIN-код: [4312-0718](#), ResearcherID: [D-2869-2016](#), ORCID: [0000-0001-8363-8496](#), e-mail: [klemtina@yandex.ru](mailto:klemtina@yandex.ru)

Евгений Геннадьевич Вергунов, SPIN-код: [9940-3675](#), Scopus AuthorID: [57191523873](#), ResearcherID: [N-7962-2014](#), ORCID: [0000-0002-8352-5368](#), e-mail: [vergounov@gmail.com](mailto:vergounov@gmail.com)

Надежда Владимировна Сутормина, SPIN-код: [7957-8122](#), ORCID: [0000-0002-5073-8922](#), e-mail: [nadya.sutormina.92@mail.ru](mailto:nadya.sutormina.92@mail.ru)

**Для цитирования:** Николаева, Е. И., Вергунов, Е. Г., Сутормина, Н. В. (2023) Возможный подход к сопоставлению сформированности исполнительных функций и активности сетей покоя ЭЭГ у подростков (на материале анализа онлайн-поисковой активности). *Психология человека в образовании*, т. 5, № 1, с. 138–152. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9527-2023-5-1-138-152> EDN USWPLE

**Получена** 3 ноября 2022; прошла рецензирование 28 декабря 2022; принята 13 января 2023.

**Финансирование:** Публикация подготовлена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-29-14005 «Эффективные стратегии онлайн-поиска информации детьми и подростками в процессе решения учебных задач: когнитивные и психофизиологические механизмы».

**Права:** © Е. И. Николаева, Е. Г. Вергунов, Н. В. Сутормина (2023). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях [лицензии CC BY-NC 4.0](#).

### Аннотация

**Введение.** Поиск информации в интернете — одна из самых актуальных когнитивных задач учащихся в настоящее время, как в школе, так и дома. Сегодня широко обсуждается вопрос о соотношении успешности выполнения когнитивных задач с активностью дефолтных сетей.

**Материалы и методы.** Задачей испытуемого стал поиск определенной информации в интернете, который соотносился с результатами других заданий. В них оценивались исполнительные функции (рабочая память и тормозный контроль), параметры, полученные с помощью айтрекинга при чтении инструкции, и 5-минутные записи ЭЭГ (64 канала). Структура исследования: проводилась запись ЭЭГ, затем испытуемый выполнял задания, позволяющие оценить сформированность рабочей памяти и тормозного контроля, читал инструкцию, а затем выполнял задание, направленное на поиск информации в интернете. После всех заданий снова проводилась запись ЭЭГ. В эксперименте участвовало 68 школьников в возрасте 8–16 лет. Для изучения электрической активности мозга был использован электроэнцефалограф BE Plus PRO (64 каналов, частота дискретизации 1000 Гц). Для изучения параметров окулографии использовался айтрекер Gazepoint GP3 HD.

**Результаты.** Результатом многомерного анализа стала бикомпонентная (Two-Block PLS) модель, включающая переменные, представляющие собой ряды инструментальных данных (46 переменных и ряды признаков). Соответственно, было получено 46 латентных структур. В статье анализируются связи двух латентных структур. Было показано, что полученная модель может отражать работу исполнительной сети и дефолтной сети. Активность этих сетей соответствовала как изменениям показателей, оцененных с помощью айтрекера, так и параметрам рабочей памяти и тормозного контроля. Показано, что выраженные изменения параметров рабочей памяти связаны с выполнением задачи и активностью исполнительной сети в состоянии покоя. Отсутствие связи параметров исполнительных функций с выполнением задания поиска информации в интернете были связаны только с активацией дефолтной сети в состоянии оперативного покоя.

**Заключение.** Была разработана модель соотношения сетей по умолчанию с уровнем сформированности исполнительных функций, позволяющая описать степень успешности поиска подростком информации в интернете.

**Ключевые слова:** нейросети, дефолтная сеть, исполнительная сеть, исполнительные функции, айтрекер, поиск в интернете, подростки

## Research article

# Online search for educational information in the structure of online educational activity of school students with different academic motivation

E. I. Nikolaeva<sup>1</sup>, E. G. Vergunov<sup>2</sup>, N. V. Sutormina<sup>✉1</sup>

<sup>1</sup> Herzen State Pedagogical University of Russia, 48 Moika Emb., Saint Petersburg 191186, Russia

<sup>2</sup> Scientific Research Institute of Neurosciences and Medicine, 4 Timakova Str., Novosibirsk 630117, Russia

### Authors

Elena I. Nikolaeva, SPIN: [4312-0718](#), ResearcherID: [D-2869-2016](#), ORCID: [0000-0001-8363-8496](#), e-mail: [klematina@yandex.ru](mailto:klematina@yandex.ru)

Eugeny G. Vergunov, SPIN: [9940-3675](#), Scopus AuthorID: [57191523873](#), ResearcherID: [N-7962-2014](#), ORCID: [0000-0002-8352-5368](#), e-mail: [vergounov@gmail.com](mailto:vergounov@gmail.com)

Nadezhda V. Sutormina, SPIN: [7957-8122](#), ORCID: [0000-0002-5073-8922](#), e-mail: [nadya.sutormina.92@mail.ru](mailto:nadya.sutormina.92@mail.ru)

**For citation:** Nikolaeva, E. I., Vergunov, E. G., Sutormina, N. V. (2023) Online search for educational information in the structure of online educational activity of school students with different academic motivation. *Psychology in Education*, vol. 5, no. 1, pp. 138–153. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9527-2023-5-1-138-153> EDN USWPLE

**Received** 3 November 2022; reviewed 28 December 2022; accepted 13 January 2023.

**Funding:** The article was prepared with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research (RFBR), grant 19-29-14005 “Effective strategies for online information search by children and adolescents when solving educational tasks: cognitive and psychophysiological mechanisms”.

**Copyright:** © E. I. Nikolaeva, E. G. Vergunov, N. V. Sutormina (2023). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under [CC BY-NC License 4.0](#).

### Abstract

**Introduction.** Today, searching for information on the Internet is one of the key cognitive tasks that students face both at school and at home. The question also arises about the relationship between the success of cognitive tasks and the activity of default mode networks.

**Materials and Methods.** The result of searching for certain information on the Internet was compared with the performance of other tasks. The study assessed executive functions (working memory and inhibitory control); parameters obtained using eye tracking while students were reading the instructions; and 5-minute EEG recordings (64 channels).

**Results.** The result of multivariate analysis was a bicomponent (Two-Block PLS) model, which includes variables representing a series of instrumental data (46 variables and series of features). Accordingly, 46 latent structures were obtained. The article analyzes the links between two latent structures. It was shown that the resulting model reflects the work of the executive network and the default mode network. The activity of these networks corresponded both to the changes in indicators assessed using the eye tracker and to the parameters of working memory and inhibitory control. Pronounced changes in the parameters of working memory are associated with the performance of the task and the activity of the executive network at rest. The lack of connection between the parameters of executive functions and the performance of the task of searching for information on the Internet was associated only with the activation of the default mode network at rest.

**Conclusions.** A model was developed to show the relationship between default mode networks and the development level of executive functions. It allows to describe the degree of success of an adolescent's search for information on the Internet.

**Keywords:** neural networks, default mode network, executive network, executive functions, eye tracker, Internet search, adolescent

## Введение

Специфика современного состояния проблемы анализа активности мозга состоит в смещении исследования этой активности при решении конкретных задач на изучение активности мозга до или после решения внешне поставленных задач. Оказалось, что эта активность может в существенной мере предсказать многие аспекты выполнения задач (Величковский и др. 2019; Князев и др. 2021; Николаева 2021). Другой важной особенностью является понимание значимости изучения не столько активности структур мозга, вовлеченных в ту или иную активность, сколько поиск сетей взаимосвязанных нейронов, вовлеченных в эту активность. Подобное смещение требует поиска нового математического аппарата и новых моделей описания взаимодействующих параметров.

Цель исследования — описание модели соотношения активности сетей по умолчанию с уровнем сформированности исполнительных функций, позволяющей предсказать степень успешности поиска школьником информации в интернете.

### *Обзор современного состояния проблемы*

Появление новых инструментов анализа состояния активности мозга, и прежде всего, различных методов визуализации, позволило представить мозг не как некоторую совокупность структур, но как единство, воплощенное в функционировании множества связанных в различные сети нейронов, контролируемых функциональными реле — хабами (Пирадов и др. 2016). Тот факт, что активность мозга не прекращается после выполнения той или иной задачи, но, напротив, потребление энергии в состоянии пассивного покоя и выполнения внешнего задания практически не отличается, позволяет сделать ряд предположений о возможности использования этого состояния между воздействиями для предсказания эффективности включенности в будущую навязанную деятельность. Сочетание этих двух подходов позволило обнаружить сети синхронно активных нейронов, которые были названы сетями покоя, или сетями по умолчанию (Buckner et al. 2008). Значимость открытия подобных сетей важна не только для понимания работы мозга, но и в практическом плане для получения качественных записей ЭЭГ: запись ЭЭГ с закрытыми глазами в случае обследования детей резко снижает число артефактов, что позволяет получать более надежные результаты.

Первой подобной сетью стала первичная моторная сеть, включающая активность моторных областей правого и левого полушарий головного мозга (Biswal et al. 1997). В настоящее время описано около восьми сетей покоя, среди которых в большей мере изучены три, имеющие отношение к когнитивной активности человека: сеть пассивного режима (оперативного покоя) работы мозга (default mode network), сеть выявления значимости (salience network) и исполнительная сеть или сеть исполнительного (управляющего) контроля (executive-control network) (Di et al. 2013).

Сеть пассивного режима работы мозга была открыта М. Райхлом (Raichle 2015) и включает префронтальную, переднюю и заднюю сингулярную кору, нижневисочную извилину и верхнюю теменную долю (Seeley et al. 2007). Есть предположение, что ее активность связана со свободным потоком сознания человека, когда нет внешней задачи, но есть погруженность внутрь себя. Сеть выявления значимости включает дорзальные отделы сингулярной коры и орбитальную кору, которые взаимодействуют с подкорковыми структурами лимбической системы. Сеть исполнительного контроля включает дорсолатеральную префронтальную и теменную кору (Culperper 2015).

Есть некоторая проблема обозначения последней сети на русском языке, поскольку английское слово «executive» на русский язык может переводиться как «управляющий, регуляторный», так и «исполнительный». В русскоязычных источниках можно встретить оба варианта как для исполнительных (управляющих) сетей мозга, так и для исполнительных (управляющих) когнитивных функций. Ранее мы показали, что наиболее точным будет использования длинного термина «функции управления изменением поведения». Тем не менее в российских источниках одинаково прижились оба термина (Николаева, Вергунов 2017). В данной работе мы будем использовать термины «исполнительные сети» и «исполнительные функции».

Исполнительные функции (executive functions) — функции, включающиеся в активность, когда шаблонное поведение меняется на новое. К ним относятся тормозный (когнитивный контроль), рабочая память и когнитивная гибкость (Diamond 2013).

Чаще всего соотнесение той или иной сети с состоянием человека происходит на основе опроса испытуемых о том, о чем они думали в момент записи ЭЭГ. С нашей точки зрения, интересно также и соотнесение подобных сетей

с будущей активностью. Наибольший интерес представляет соотнесение исполнительных сетей с исполнительными функциями, поскольку есть достаточно понятные методы оценки исполнительных функций, и есть понимание, нейроны каких областей должны быть синхронизированы при описании исполнительных сетей.

Для оценки исполнительных функций была выбрана задача поиска в интернете информации. Поиск информации в интернете — одна из самых актуальных задач учащегося в настоящее время, как в школе, так и дома (Твенге 2021; Хансен 2021). Ученики сталкиваются с ней при работе в классе и при подготовке домашних заданий (Улс 2019; Bezgodova et al. 2020). Более того, экзамены в вузы в настоящее время стали проводиться удаленно, что обнаруживает весьма нерадостную картину, состоящую в том, что часть абитуриентов не может зайти в личный кабинет, а затем не может войти на экзамен (Вулф 2021; Килби 2019). Все это ставит вопрос о более глубоком понимании причин неудач при поиске информации в интернете. В этой работе мы ставим задачу разработать модель соотношения активности исполнительных сетей и исполнительных функций, позволяющую описать степень успешности поиска подростком информации в интернете. При постановке цели мы опирались на принцип, согласно которому, чем выше коэффициент корреляции между областями мозга в состоянии покоя, тем выше вероятность их совместной активации и в соответствующем задании (Di et al. 2013). Проблема состояла в решении задачи восстановления активности сетей при использовании 64-канальных ЭЭГ, тогда ранее были описаны сети на основе анализа 124 и 256 каналов или на основе данных визуализации. Необходимо было найти математический метод, позволяющий проанализировать взаимодействие изучаемых каналов.

## Организация и методы исследования

Психофизиологическими показателями эффективности когнитивной активности в интернете были выбраны исполнительные сети ЭЭГ и исполнительные функции. Выбор именно этих характеристик обусловлен тем, что изменение ЭЭГ активности может отражать напряженность мозговой деятельности в процессе выполнения задания, а уровень сформированности исполнительных функций отражает качество регуляции когнитивной активности в процессе выполнения задания (Разумникова, Николаева

2021). Кроме этого, были использованы данные, полученные с помощью айтрекера, поскольку движение глаз при чтении информации позволяло контролировать включенность испытуемого в активность (Николаева, Сутормина 2022; Conklin et al. 2018). Испытуемым давалось задание поиска ответа на заданный вопрос: «Найдите, какой самый крупный кратер на Марсе?». При поиске использовался браузер «Яндекс». Результат поиска оценивался как «верный» или «неверный».

В эксперименте участвовало 68 школьников в возрасте 8–16 лет (из них 30 девочек). Дети были заинтересованы в выполнении заданий, так как до начала исследования им сообщалось, что они не только получают все результаты исследования, но смогут поучаствовать в собственном небольшом исследовании, где они увидят изменения на ЭЭГ и айтрекинге под воздействием тех задач, которые они поставят сами. Многие дети интересовались тем, как работает их мозг. После основного исследования дети участвовали в собственном эксперименте, в котором они закрывали и открывали глаза, не двигались для обнаружения Мю-ритма, наблюдали изменения различных ритмов, рассматривали тепловые карты и карты движения взгляда по результатам айтрекинга.

У обследуемых записывали до начала эксперимента ЭЭГ в состоянии оперативного покоя при закрытых глазах, затем оценивали исполнительные функции и окулограмму, после этого они производили поиск в интернете для выполнения предложенного им задания, затем проводилась вторая запись ЭЭГ в состоянии оперативного покоя.

Для изучения электрической активности мозга был использован итальянский электроэнцефалограф BE Plus PRO (64 канала, частота дискретизации 1000 Гц). Поскольку поиск информации требует активности глаз, которые при движении создают сигнал, создающий существенные помехи на записи ЭЭГ, то электроэнцефалограмму регистрировали до начала работы в интернете и после нее. Запись велась в течение 5 минут до и после поиска информации подростком информации в интернете. Непрерывные данные фильтровались (1–45 Гц) с использованием функции FIR-фильтра (Delorme, Makeig 2004). Для удаления артефактов ЭЭГ-записи обрабатывалась в EEGLAB методом ICA. Затем ЭЭГ-данные были пересчитаны до среднего эталона и подверглись понижающей дискретизации до 250 Гц (рис. 1).

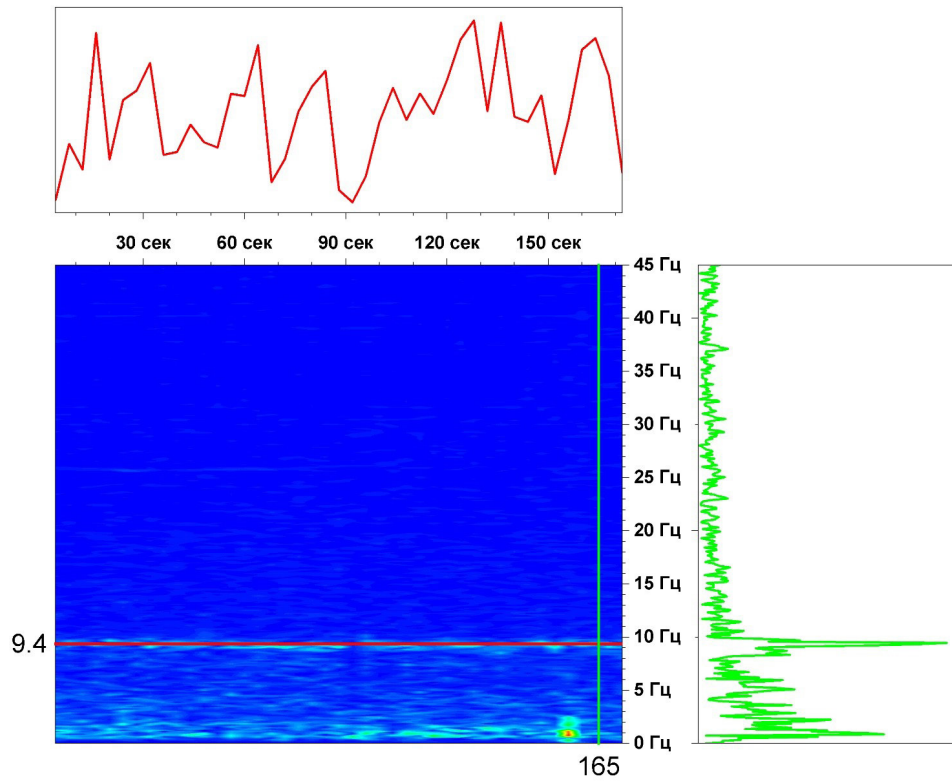


Рис. 1. Пример STFT-анализа амплитуд спектра ЭЭГ-регистрации испытуемого с закрытыми глазами в состоянии оперативного покоя (Short-Time Fourier Transform, FFT Length = 2048, Windows type Bartlett, перекрытие 50%); испытуемый № 70 (запись «до»)

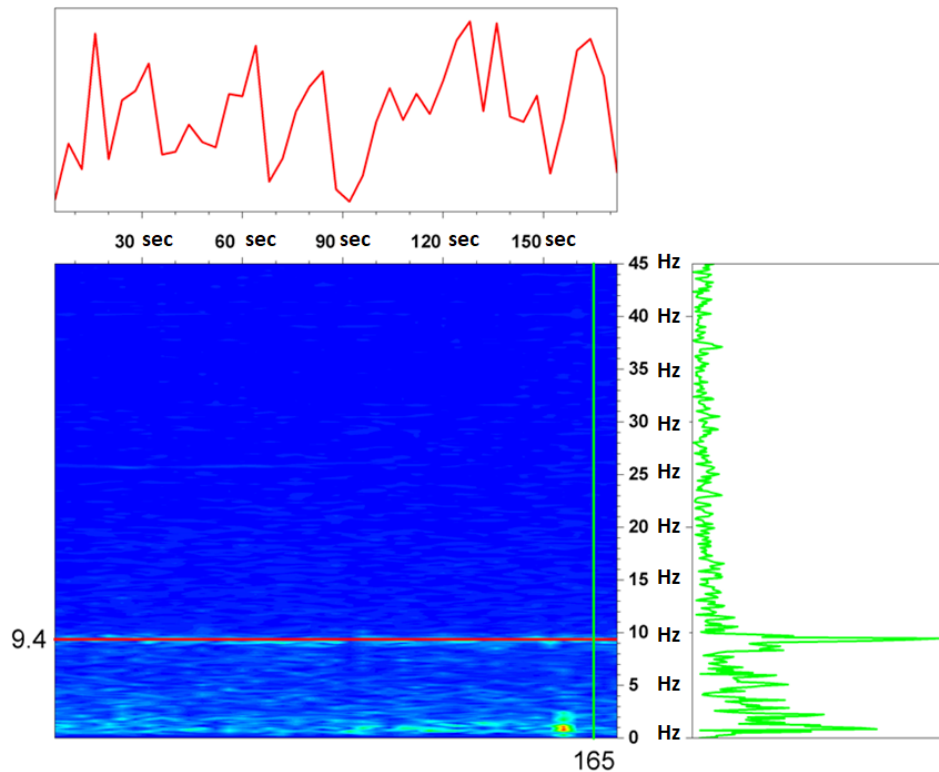


Fig. 1. An example of STFT analysis of the amplitudes of the EEG spectrum; recording of a subject with closed eyes at rest (Short-Time Fourier Transform, FFT Length = 2048, Windows type Bartlett, 50% overlap); subject No. 70 (recording "before")

Спектральный анализ проводился методом STFT (Short-Time Fourier Transform, FFT Length = 2048, Windows type Bartlett, перекрытие 50%). Таким образом, были получены амплитуды спектра для эпох продолжительностью 4 секунды по всем частотам. Затем эти результаты суммировались по диапазонам частот шириной 1 Гц (число эпох для всех записей было одинаковым и составило 42 эпохи).

Типичный пример STFT-анализа амплитуд спектра ЭЭГ-регистрации испытуемого с закрытыми глазами в состоянии оперативного покоя приведен на рисунке 1 (Short-Time Fourier Transform, FFT Length = 2048, Windows type Bartlett, перекрытие 50%), был сделан у испытуемого № 70 (запись «до»).

Из показателей исполнительных функции в анализ вошли:

- интерференционное торможение и обучение в процессе воспроизведения из авторской методики, направленной на описание характеристик зрительной рабочей памяти О. М. Разумниковой (Разумникова, Николаева 2019а).
- число ошибок в парадигме go/no-go из авторской методики Е. Г. Вергунова (Николаева, Вергунов 2021) для оценки тормозного контроля.

Описание результатов анализа исполнительных функций было сделано в предыдущих статьях (Микляева и др. 2022; Николаева, Сутормина 2022).

Согласно современным представлениям, в рабочей памяти существует два механизма, обеспечивающие изменение ее параметров в процессе деятельности: интерференционное торможение и обучение в процессе воспроизведения. Первый механизм состоит в том, что каждое последующее воспроизведение имеет более низкий уровень по отношению к предыдущему, поскольку ранее заученная информация препятствует запоминанию последующей. Механизм обучения как следствие воспроизведения состоит в том, что человек с каждым последующим воспроизведением ищет стратегию, препятствующую интерференционному торможению, что приводит к улучшению объема каждого последующего воспроизведения. По нашим данным, этот механизм формируется постепенно и наиболее активно включается в подростковом возрасте (Разумникова, Николаева 2019б).

### Описание методик

Когнитивный (тормозный) контроль принято исследовать в парадигме go/go и go/no-go. На экране монитора появляются круги разного

цвета. В первой серии испытуемому необходимо нажимать на пробел каждый раз, когда появляется круг (go). Во второй серии необходимо нажимать на все круги кроме красного (no-go). Следовательно, сначала у испытуемого вырабатывается определенная реакция, а потом оценивается скорость формирования тормозной реакции при запрете реагировать на определенный стимул. Число ошибочных реакций обратно сформированности тормозного контроля (Кривошеков и др. 2022).

Показатели рабочей памяти также оценивались с помощью компьютерной методики. На экране испытуемому предъявлялись различные объекты в произвольном порядке ( $n = 30$ ) в арифметической прогрессии ( $d = 1$ ). Каждый раз необходимо было с помощью компьютерной мыши нажимать на новый объект. Задание повторялось три раза, но одни и те же объекты появлялись в разной последовательности в каждом предъявлении. Уменьшение числа запомненных объектов в каждой последующей попытке оценивалось как интерференционное торможение, а увеличение числа запомненных объектов в последующей попытке по отношению к предыдущей определялось как обучение в процессе воспроизведения.

Для оценки параметров окулографии использовался айтрекер Gazepoint GP3 HD. Это дистанционный айтрекер, представляет собой блок, который располагается на подставке между испытуемым и монитором ноутбука. Технические характеристики айтрекера Gazepoint GP3 HD: точность регистрации: 0,5–1,0 град; рабочая частота: 150 Гц; калибровка по 5 или 9 точкам (в исследовании — 9 точек); область свободного перемещения головы: по горизонтали не менее 35 см; по вертикали не менее 22 см; вперед/назад не менее 15 см в каждую сторону; размеры: 320 × 45 × 47 (мм); вес 170 г. (Николаева, Сутормина 2022).

Испытуемый читал про себя инструкцию — задание для поиска в интернете (область интереса). Она предъявлялась на экране монитора черными буквами на белом фоне. Оценивались параметры: время фиксации на области интереса (показывает суммарное время, которое взгляд находился в пределах области интереса); длительность первой фиксации (показывает время первой фиксации взгляда в пределах области интереса при первом попадании); число повторных возвратов в область интереса (показывает сколько раз испытуемый отводил взгляд и возвращал в область интереса); среднее время фиксации (выводит среднюю длительность фиксации на области интереса; суммарное

время нахождения взора в области интереса, деленное на количество фиксации в этой области); все фиксации (сумма всех фиксации в области интереса). На этом этапе эксперимента в анализ было включено число повторных возвратов в область интереса.

Испытуемые, которые не прошли полный набор методик или записи ЭЭГ, которых содержали высокий уровень «шума», были исключены из дальнейшей обработки.

Результатом многомерного анализа стала бикомпонентная (Two-Block PLS) модель.

PLS-анализ — это метод получения проекций на латентные структуры (Projection to Latent Structure), первоначальное название «метод частичных наименьших квадратов» (Partial Least Squares). Эффективным инструментом PLS-анализа является бикомпонентные модели (2B-PLS, Two-Block PLS) (Kovaleva et al. 2019). Бикомпонентные модели используются для изучения имплицитных когнитивных процессов путем выявления глубинных «латентных структур» (независимых психофизиологических механизмов), единых для 2 блоков (матрицы B1 и B2) многомерных показателей (Rännar et al. 1994).

При построении бикомпонентных моделей происходит центрирование рядов данных, масштабирование и повороты обоих блоков для получения максимальной ковариации между матрицами счетов (B1-score и B2-score), которые являются проекциями матриц B1 и B2 на искомые ортогональные латентные структуры. В один блок можно поместить переменные-признаки (состоят только из «0» и «1»), а в другой — ряды инструментальных данных.

Полученные в бикомпонентной модели латентные структуры описываются с помощью ортогональных матриц нагрузок (B1-loadings и B2-loadings, коэффициенты перехода от исходных «явных структур» к найденным «латентным структурам»). Цель бикомпонентной модели состоит в определении системы пар осей для обоих блоков сразу, которые выражают максимальный шаблон ковариации для B1-score и B2-score (Polunin et al. 2019).

В результате бикомпонентной модели мы получаем число латентных структур (новых осей координат), которое равно минимальному числу переменных из двух блоков исходных данных. Заметим, что соотношения для структур сырых данных в блоках остаются теми же самыми после любого количества (и порядка применения) таких операций, как центрирование, масштабирование,

поворот, которые применяются в PLS-моделях. Таким образом, полностью сохраняется структура сырых данных, вся информация из исходных рядов данных при построении бикомпонентной PLS-модели собирается в первых независимых латентных структурах. 2B-PLS допускает ситуацию, когда переменных больше, чем объектов, а также взаимную коррелированность исходных данных, которые могут включать в себя линейные комбинации друг друга (Rohlf, Corti 2000).

Для бикомпонентной PLS-модели по графику «осыпи структур» по первому перегибу графика ( $\pm 1$  структура) определяются те латентные структуры, которые описывают общие особенности. Далее идут те латентные структуры, которые связаны с отдельными аспектами частной специфики.

## Результаты и их обсуждение

В блоки бикомпонентной модели вошли переменные (табл. 1), представляющие собой ряды инструментальных данных (46 переменных, блок 1) и ряды признаков (125 переменных, блок 2). Соответственно, было получено 46 латентных структур.

На основе графика «осыпи» для сформированной 2B-PLS модели (рис. 2) представляют интерес первые две латентные структуры, которые описывают общие особенности (по первому перегибу графика). Последующие латентные структуры связаны с отдельными аспектами частной специфики (и сгруппированы в соответствующие совокупности) и не связаны с активностью сетей. Однако данный подход в дальнейшем может быть использован для осуществления профайлинга испытуемых для изучения тех или иных индивидуальных аспектов.

На рисунке 3 представлена первая латентная структура, описывающая связь параметров с возрастом. Значимые нагрузки не выявлены для признаков ЭЭГ-ритмов и записи «до» или «после». На рисунке видно, что по мере взросления у мальчиков отмечается низкий уровень проявления обучения как следствие воспроизведения при небольшой выраженности интерференционного торможения в рабочей памяти, тормозного контроля и рост числа возвратов взгляда на область интереса. Для девочек также характерен низкий уровень обучения в рабочей памяти, но выражено интерференционное торможение в рабочей памяти, обнаружено снижение тормозного контроля.

Табл. 1. Блоки переменных для бикомпонентной модели

Переменные	Блок
#_01... #_42, ЭЭГ-амплитуды STFT на интервалах по 4 сек (всего 42) *	№ 1
(a) Age, возраст испытуемых с точностью до 0,01 года	№ 1
(b) Ret, число возвратов взгляда на область интереса	№ 1
(c1) e1, число ошибок в 1 части парадигмы go/no-go (новые условия)	№ 1
(c2) e2, число ошибок во 2 части парадигмы go/no-go (привычные условия)	№ 1
Hz_01...Hz_44, признак частоты (01— от 1 до 2 Гц, 44 — от 44 до 45 Гц, всего 44)	№ 2
(d1) f, признак принадлежности к женскому полу	№ 2
(d2) m, признак принадлежности к мужскому полу	№ 2
(e1) do, признак ЭЭГ-записи до когнитивной нагрузки	№ 2
(e2) po, признак ЭЭГ-записи после когнитивной нагрузки	№ 2
(f1) r, признак верного ответа на поисковый запрос в интернете	№ 2
(f2) w, признак неверного ответа на поисковый запрос в интернете	№ 2
(f3) c, признак другой когнитивной нагрузки (не поиск в интернете)	№ 2
(g1) i0, признак отсутствия интерференционного торможения	№ 2
(g2) i1, признак слабой выраженности интерференционного торможения	№ 2
(g3) i2, признак сильной выраженности интерференционного торможения	№ 2
(h1) p0, признак отсутствия научения	№ 2
(h2) p1, признак слабой выраженности научения	№ 2
(h3) p2, признак сильной выраженности научения	№ 2
#01... #76 признаки индивидуальной специфики (коды испытуемых (всего 68)	№ 2

Примечание: латинские буквы в круглых скобках слева — идентификаторы внешних факторов, которые контролировались в исследовании; \* — переменные-сумматоры по всем каналам ЭЭГ.

Table 1. Units of variables for the bicomponent model

Variables	Unit
#_01... #_42, EEG-amplitude STFT in intervals of 4 seconds (all 42) *	No. 1
(a) Age, age of the subjects with an accuracy of 0.01 yr.	No. 1
(b) Ret, number of gaze returns to the area of interest	No. 1
(c1) e1, number of errors in the 1st part of the go/no-go paradigm (new conditions)	No. 1
(c2) e2, number of errors in the 2nd part of the go/no-go paradigm (familiar conditions)	No. 1
Hz_01...Hz_44, variable frequency (01—from 1 to 2 Hz, 44—from 44 to 45 Hz, total—44)	No. 2
(d1) f, variable—female	No. 2
(d2) m, variable—male	No. 2
(e1) do, EEG recording before cognitive load	No. 2
(e2) po, EEG recording after cognitive load	No. 2
(f1) r, the correct answer to a question related to searching information on the Internet	No. 2
(f2) w, incorrect answer to a question related to searching information on the Internet	No. 2
(f3) c, sign of another cognitive load (not Internet search)	No. 2
(g1) i0, absence of interference inhibition	No. 2
(g2) i1, weak expression of interference inhibition	No. 2
(g3) i2, strong manifestation of interference inhibition	No. 2
(h1) p0, absence of learning	No. 2
(h2) p1, weak expression of learning	No. 2
(h3) p2, strong manifestation of learning	No. 2
#01... #76 variables of individual specificity (subject codes, total 68)	No. 2

Note: Latin letters in parentheses on the left are identifiers of external factors that were controlled in the study; \*—adder variables for all EEG channels.



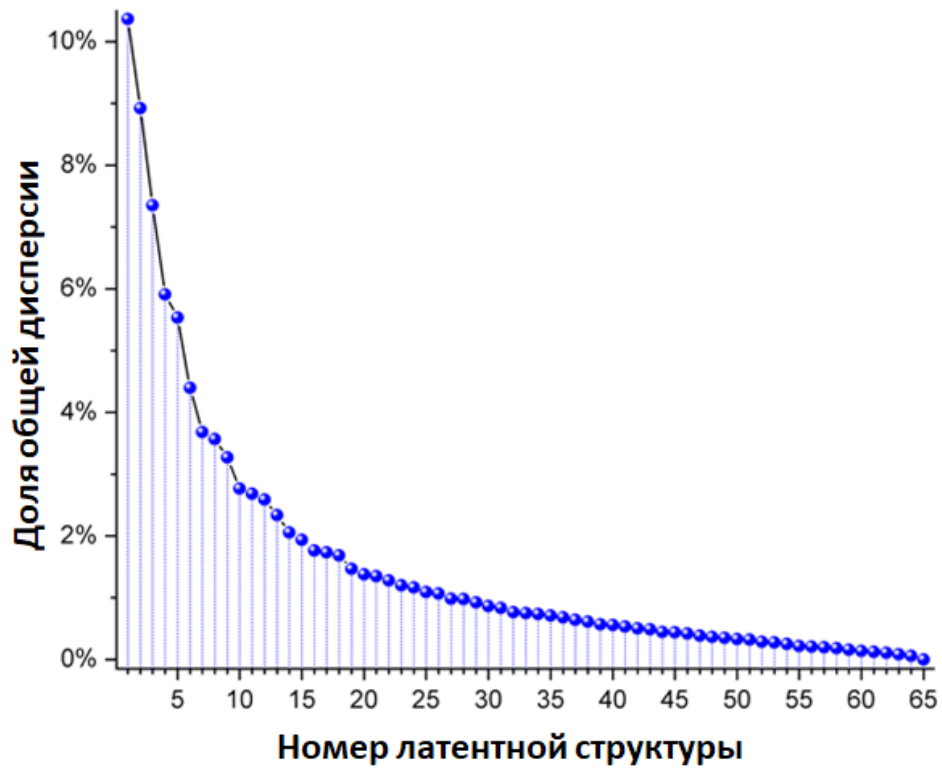


Рис. 2. График «осыпи» латентных структур бикомпонентной модели. Латентные структуры 1–5 (первый перегиб графика+1) описывают общие особенности для выборки испытуемых

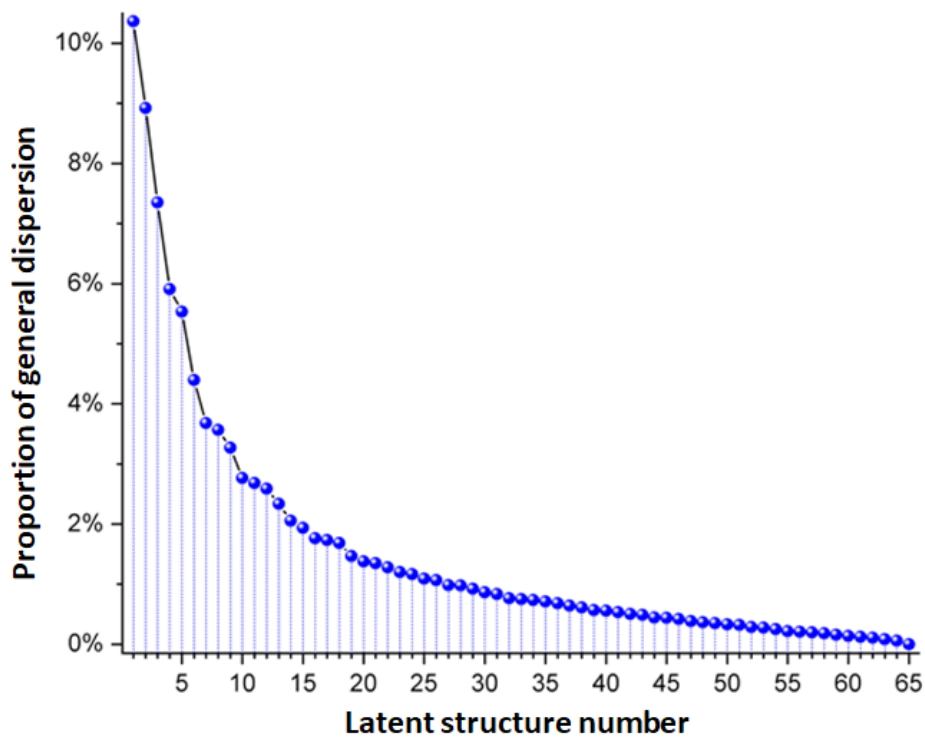


Fig. 2. A scree plot of latent structures of the bicomponent model. Latent structures 1-5 (the first inflection of the graph + 1) describe common features for a sample of subjects

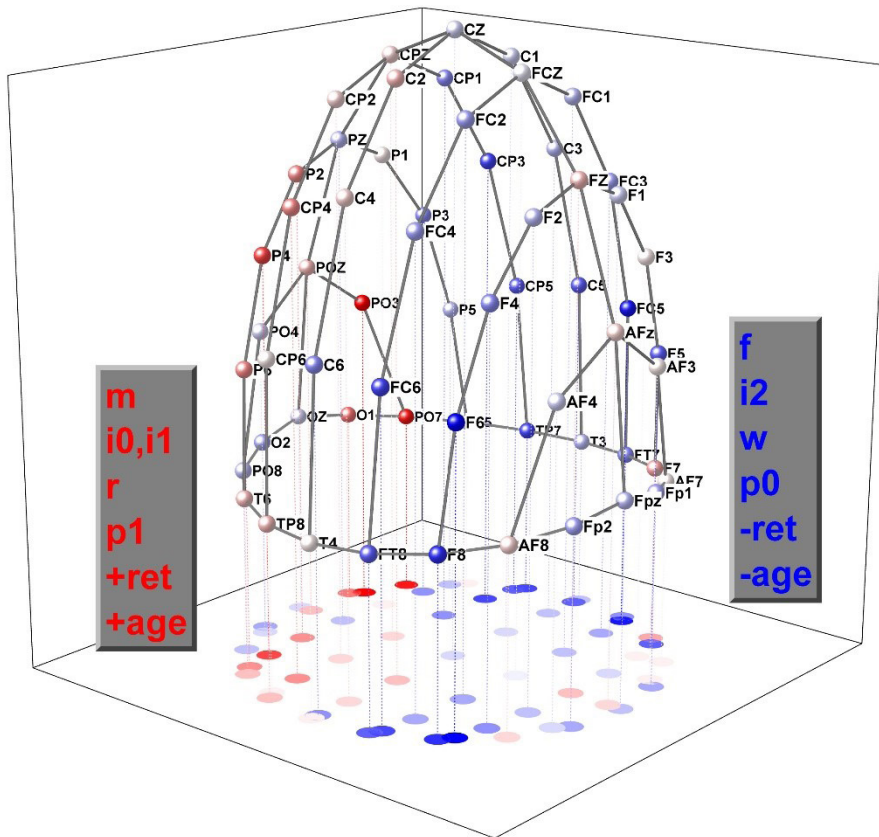


Рис. 3. Латентная структура 1. Красным/синим цветом отмечены противоположные стороны оси структуры

Fig. 3. Latent structure 1. Opposite sides of the axis of the structure are marked red/blue

Таким образом, верный ответ на поисковый вопрос достигается сочетанием сформированного тормозного контроля с умеренной выраженностью интерференционного торможения и обучением как следствие воспроизведением в рабочей памяти с увеличением числа возвратов взгляда в область интереса. При записи ЭЭГ до начала обследования обнаруживается высокая амплитуда для каналов (показаны красным), которые могут быть отнесены к работе дефолтной нейросети.

Дисбаланс в рамках рабочей памяти между интерференционным торможением и научением при уменьшении числа возвратов взгляда на область интереса обуславливает неверный ответ на поисковый запрос, а амплитуды для соответствующих каналов (показаны синим) могут быть отнесены к работе исполнительных

нейросетей при регистрации ЭЭГ (оперативный покой).

Структура 2 представлена на рисунке 4. Значимые нагрузки (коэффициенты корреляции) не выявлены для признаков записи «до» или «после». Если с возрастом не усиливается научение при слабом интерференционном торможении и тормозном контроле и не увеличивается число возвратов взгляда к области у мальчиков, то в состоянии оперативного покоя наблюдается снижение амплитуд для частот от 7–13 Гц и рост амплитуд для частот 41–45 Гц (каналы показаны красным). В целом, высокая активность соответствует активации части дефолтной сети и части исполнительной сети в передних отведениях в состоянии оперативного покоя (показано красным).

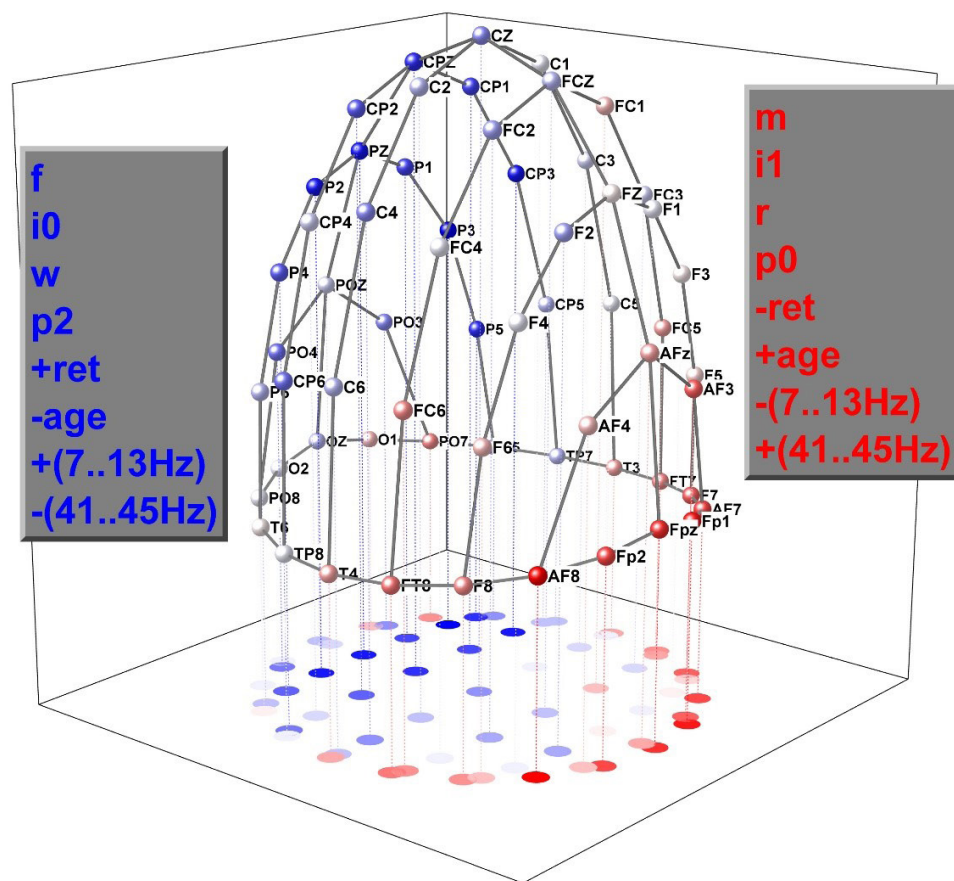


Рис. 4. Латентная структура 2. Красным/синим цветом отмечены противоположные стороны оси структуры

Fig. 4. Latent structure 2. Opposite sides of the axis of the structure are marked red/blue

### Заключение

У девочек неверный ответ на поисковый вопрос связан с более ранним возрастом, активностью исполнительской сети, выраженностью интерференционного торможения (как элемента исполнительных функций), с низким уровнем научения как следствия воспроизведения, уменьшением возвратов в область интереса.

У мальчиков с увеличением возраста растет число верных ответов на онлайн поисковый запрос, активность сети пассивного режима связана со слабой выраженностью или отсутствием интерференционного торможения, научения как следствие воспроизведения, увеличением возвратов в область интереса.

У девочек со снижением возраста активность сети пассивного режима связана с отсутствием интерференционного торможения, с неверным ответом на онлайн поисковый вопрос, сильной выраженностью научения через воспроизведение, с увеличением числа возвратов в область интереса, увеличением частотного диапазона

от 7 до 13 Гц и сокращением частотного диапазона от 7 до 13 Гц.

У мальчиков частичная активность исполнительской сети и сети пассивного режима связана со слабой выраженностью интерференционного торможения, верным ответом на онлайн поисковый вопрос, с отсутствием научения через воспроизведение, уменьшением возвратов в область интереса и увеличением возраста, сокращением частотного диапазона от 7 до 13 Гц и увеличением частотного диапазона от 7 до 13 Гц.

Таким образом, мы смогли показать, что наша модель может отражать работу исполнительской и дефолтной сети, причем эти результаты соответствовали как изменениям показателей, оцененных с помощью айтрекера, так и параметрам рабочей памяти и тормозного контроля. Мы смогли показать, что выраженные изменения параметров рабочей памяти связаны с выполнением задачи и активностью исполнительской сети в состоянии покоя.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

### Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest, either existing or potential.

## Соответствие принципам этики

Авторы сообщают, что при проведении исследования соблюдены этические принципы, предусмотренные для исследований с участием людей и животных. Программа исследования была одобрена Этическим комитетом Российского государственного педагогического университета имени А. И. Герцена, решение № IRB00011060, протокол № 12 от 17 октября 2020 года.

## Ethics Approval

The authors report that the study complied with the ethical principles for research involving humans and animals. The research program was approved by the Ethics Committee of Herzen State Pedagogical University of Russia No IRB00011060, Decision No. 12, 17 October 2020.

## Вклад авторов

В подготовке публикации все авторы приняли участие в равной мере.

### Author Contributions

All authors participated equally in the preparation of the publication.

## Литература

- Величковский, Б. М., Князев, Г. Г., Валуева, Е. А., Ушаков, Д. В. (2019) Новые подходы в исследованиях творческого мышления: от феноменологии инсайта к объективным методам и нейросетевым моделям. *Вопросы психологии*, № 3, с. 3–16.
- Вулф, М. (2021) *Читающий мозг в цифровом мире*. М.: АСТ, 256 с.
- Килби, Э. (2019) *Гаджетомания: как не потерять ребенка в виртуальном мире*. СПб.: Питер, 256 с.
- Князев, Г. Г., Бочаров, А. В., Савостьянов, А. Н., Величковский, Б. М. (2020) Эффект инкубации и активность сетей покоя. *Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова*, т. 70, № 5, с. 601–608. <https://doi.org/10.31857/S0044467720050068>
- Кривошеков, С. Г., Николаева, Е. И., Вергунов, Е. Г., Приходько, А. Ю. (2022) Многомерный анализ показателей тормозного и автономного контроля при ортостазе и в эмоциональных ситуациях. *Физиология человека*, т. 48, № 1, с. 26–37. <https://doi.org/10.31857/S0131164621060059>
- Микляева, А. В., Николаева, Е. И., Сутормина, Н. В., Панферов, В. Н. (2022) Психофизиологические и психологические особенности подростков, связанные с эффективным онлайн-поиском учебной информации. *Теоретическая и экспериментальная психология*, т. 15, № 4, с. 60–76.
- Николаева, Е. И. (2021) Функциональные роли нейронных сетей в раннем детском возрасте. *Вопросы психологии*, т. 67, № 5, с. 15–29.
- Николаева, Е. И., Вергунов, Е. Г. (2017) Что такое «executive functions» и их развитие в онтогенезе. *Теоретическая и экспериментальная психология*, т. 10, № 2, с. 62–81.
- Николаева, Е. И., Вергунов, Е. Г. (2021) Оценка связи асимметрии лицевой экспрессии с тормозным контролем и латеральными предпочтениями у физически активных мужчин. *Асимметрия*, т. 15, № 4, с. 38–53. <https://doi.org/10.25692/ASY.2021.15.4.004>
- Николаева, Е. И., Сутомина, Н. В. (2022) Методологические подходы к использованию психофизиологических параметров для оценки эффективности поиска информации подростками в интернете. *Вестник психофизиологии*, № 2, с. 97–105. <https://doi.org/10.34985/v3578-1549-1121-1>
- Пирадов, М. А., Супонева, Н. А., Селиверстов, Ю. А. и др. (2016) Возможности современных методов нейровизуализации в изучении спонтанной активности головного мозга в состоянии покоя. *Неврологический журнал*, т. 21, № 1, с. 4–12.
- Разумникова, О. М., Николаева, Е. И. (2019а) Тормозные функции мозга и возрастные особенности организации когнитивной деятельности. *Успехи физиологических наук*, т. 50, № 1, с. 75–89. <https://doi.org/10.1134/S0301179819010090>
- Разумникова, О. М., Николаева, Е. И. (2019б) Возрастные особенности тормозного контроля и проактивная интерференция при запоминании зрительной информации. *Вопросы психологии*, № 2, с. 124–132.
- Разумникова, О. М., Николаева, Е. И. (2021) *Онтогенез тормозного контроля когнитивных функций и поведения*. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 158 с.
- Твенге, Д. (2021) *Поколение айфона: кто они?* М.: Рипол-Классик, 408 с.

- Улс, Я. Т. (2019) *Добавьте в друзья своих детей. Путеводитель по воспитанию в цифровую эпоху*. М.: Эксмо, 240 с.
- Хансен, А. (2021) *На цифровой игле*. М.: Рипол-Классик, 240 с.
- Bezgodova, S., Miklyaeva, A., Nikolaeva, E. (2020) Computer vs smartphone: How do pupils complete educational tasks that involve searching for information on the internet? In: *CEUR Workshop Proceedings. 15. "NESinMIS 2020—Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Conference "New Educational Strategies in Modern Information Space"*. [S. l.]: [s. n.], pp. 52–62.
- Biswal, B. B., Van Kylen, J., Hyde, J. S. (1997) Simultaneous assessment of flow and BOLD signals in resting-state functional connectivity maps. *NMR in Biomedicine*, vol. 10, no. 4-5, pp. 165–170. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1492\(199706/08\)10:4/5<165::AID-NBM454>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1492(199706/08)10:4/5<165::AID-NBM454>3.0.CO;2-7)
- Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R., Schacter, D. L. (2008) The brain's default network: Anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1124, no. 1, pp. 1–38. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.011>
- Conklin, K., Pellicer-Sánchez, A., Carrol, G. (2018) *Eye-tracking: A guide for applied linguistics research*. New York: Cambridge University Press, 244 p. <https://doi.org/10.1017/9781108233279>
- Culpepper, L. (2015) Neuroanatomy and physiology of cognition. *The Journal of Clinical Psychiatry*, vol. 76, no. 7, article e900. <https://doi.org/10.4088/JCP.13086tx3c>
- Delorme, A., Makeig, S. (2004) EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Method*, vol. 134, no. 1, pp. 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009>
- Di, X., Gohel, S., Kim, E. H., Biswal, B. B. (2013) Task vs. rest—different network configurations between the coactivation and the resting-state brain networks. *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 7, article 493. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00493>
- Diamond, A. (2013) Executive functions. *Annual Review of Psychology*, vol. 64, pp. 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Kovaleva, V. Yu., Pozdnyakov, A. A., Litvinov, Yu. N., Efimov, V. M. (2019) Estimation of the congruence between morphogenetic and molecular-genetic modules of gray voles *Microtus S.L.* variability along a climatic gradient. *Ecological Genetics*, vol. 17, no. 2, pp. 21–34. <https://doi.org/10.17816/ecogen17221-34>
- Polunin, D., Shtaiyer, I., Efimov, V. (2019) JACOBI4 software for multivariate analysis of biological data. *BioRxiv*. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.1101/803684> (accessed 14.10.2022).
- Raichle, M. E. (2015) The brain's default mode network. *Annual Review of Neuroscience*, vol. 38, pp. 433–447. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071013-014030>
- Rännar, S., Lindgren, F., Geladi, P., Wold, S. (1994) A PLS kernel algorithm for data sets with many variables and fewer objects. Part 1: Theory and algorithm. *Journal of Chemometrics*, vol. 8, no. 2, pp. 111–125. <https://doi.org/10.1002/cem.1180080204>
- Rohlf, F. J., Corti, M. (2000) Use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. *Systematic Biology*, vol. 49, no. 4, pp. 740–753. <https://doi.org/10.1080/106351500750049806>
- Seeley, W. W., Menon, V., Schatzberg, A. F. et al. (2007) Dissociable intrinsic connectivity networks for salience processing and executive control. *Journal of Neuroscience*, vol. 27, no. 9, pp. 2349–2356. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5587-06.2007>

## References

- Bezgodova, S., Miklyaeva, A., Nikolaeva, E. (2020) Computer vs smartphone: How do pupils complete educational tasks that involve searching for information on the internet? In: *CEUR Workshop Proceedings. 15. "NESinMIS 2020—Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Conference "New Educational Strategies in Modern Information Space"*. [S. l.]: [s. n.], pp. 52–62. (In English)
- Biswal, B. B., Van Kylen, J., Hyde, J. S. (1997) Simultaneous assessment of flow and BOLD signals in resting-state functional connectivity maps. *NMR in Biomedicine*, vol. 10, no. 4-5, pp. 165–170. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1492\(199706/08\)10:4/5<165::AID-NBM454>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1492(199706/08)10:4/5<165::AID-NBM454>3.0.CO;2-7) (In English)
- Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R., Schacter, D. L. (2008) The brain's default network: Anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1124, no. 1, pp. 1–38. <https://doi.org/10.1196/annals.1440.011> (In English)
- Conklin, K., Pellicer-Sánchez, A., Carrol, G. (2018) *Eye-tracking: A guide for applied linguistics research*. New York: Cambridge University Press, 244 p. <https://doi.org/10.1017/9781108233279> (In English)
- Culpepper, L. (2015) Neuroanatomy and physiology of cognition. *The Journal of Clinical Psychiatry*, vol. 76, no. 7, article e900. <https://doi.org/10.4088/JCP.13086tx3c> (In English)
- Delorme, A., Makeig, S. (2004) EEGLAB: An open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Method*, vol. 134, no. 1, pp. 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009> (In English)

- Di, X., Gohel, S., Kim, E. H., Biswal, B. B. (2013) Task vs. rest—different network configurations between the coactivation and the resting-state brain networks. *Frontiers in Human Neuroscience*, vol. 7, article 493. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00493> (In English)
- Diamond, A. (2013) Executive functions. *Annual Review of Psychology*, vol. 64, pp. 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750> (In English)
- Hansen, A. (2021) *Na tsifrovoj igle [On a digital needle]*. Moscow: Ripol Classic Publ., 240 p. (In Russian)
- Knyazev, G. G., Bocharov, A. V., Savost'yanov, A. N., Velichkovskij, B. M. (2020) Effekt inkubatsii i aktivnost' setej pokoya [Effect of incubation and resting state networks]. *Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti im. I. P. Pavlova — I. P. Pavlov Journal of Higher Nervous Activity*, vol. 70, no. 5, pp. 601–608. <https://doi.org/10.31857/S0044467720050068> (In Russian)
- Kilbey, E. (2019) *Gadzhetomaniya: kak ne poteryat' rebenka v vvirtual'nom mire [Gadget mania: How to not lose a child in the virtual world]*. Saint Petersburg: Piter Publ., 256 p. (In Russian)
- Kovaleva, V. Yu., Pozdnyakov, A. A., Litvinov, Yu. N., Efimov, V. M. (2019) Estimation of the congruence between morphogenetic and molecular-genetic modules of gray voles *Microtus S.L.* variability along a climatic gradient. *Ecological Genetics*, vol. 17, no. 2, pp. 21–34. <https://doi.org/10.17816/ecogen17221-34> (In English)
- Krivoshchyokov, S. G., Nikolaeva, E. I., Vergunov, E. G., Prikhodko, A. Yu. (2022) Mnogomernyj analiz pokazatelej tormoznogo i avtonomnogo kontrolya pri ortostaze i v emotsional'nykh situatsiyakh [Multivariate analysis of indicators of inhibitory and autonomic control in orthostasis and in emotional situations]. *Fiziologiya cheloveka*, vol. 48, no. 1, pp. 26–37. <https://doi.org/10.31857/S0131164621060059> (In Russian)
- Miklyaeva, A. V., Nikolaeva, E. I., Sutormina, N. V., Panferov, V. N. (2022) Psikhofiziologicheskie i psikhologicheskie osobennosti podrostkov, svyazannye s effektivnym onlajn-poiskom uchebnoj informatsii [Psychophysiological and psychological characteristics of adolescents associated with effective online search for educational information]. *Teoreticheskaya i eksperimental'naya psikhologiya — Theoretical and Experimental Psychology*, vol. 15, no. 4, pp. 60–76. (In Russian)
- Nikolaeva, E. I. (2021) Funktsional'nye roli neyronnykh setej v rannem detskom vozraste [Functional role of neural networks in early children]. *Voprosy psikhologii*, vol. 67, no. 5, pp. 15–29. (In Russian)
- Nikolaeva, E. I., Sutormina, N. V. (2022) Metodologicheskie podkhody k ispol'zovaniyu psikhofiziologicheskikh parametrov dlya otsenki effektivnosti poiska informatsii podrostkami v internete [Methodological approaches to the use of psycho-physiological parameters to assess the effectiveness of information search by teenagers on the Internet]. *Vestnik psikhofiziologii — Psychophysiology News*, no. 2, pp. 97–105. <https://doi.org/10.34985/v3578-1549-1121-1> (In Russian)
- Nikolaeva, E. I., Vergunov, E. G. (2017) Chto takoe “executive functions” i ikh razvitie v ontogeneze [Executive functions and their development in ontogenesis]. *Teoreticheskaya i eksperimental'naya psikhologiya — Theoretical and Experimental Psychology*, vol. 10, no. 2, pp. 62–81. (In Russian)
- Nikolaeva, E. I., Vergunov, E. G. (2021) Otsenka svyazi asimmetrii litsevoj ekspressii s tormoznym kontrolem i lateral'nymi predpochteniyami u fizicheski aktivnykh muzhchin [Estimation of the relationship of facial expression asymmetry with inhibitory control and lateral preferences in physically active men]. *Asimetriya — Journal of Asymmetry*, vol. 15, no. 4, pp. 38–53. <https://doi.org/10.25692/ASY.2021.15.4.004> (In Russian)
- Piradov, M. A., Suponeva, N. A., Seliverstov, Yu. A. et al. (2016) Vozmozhnosti sovremennykh metodov nejrovizualizatsii v izuchenii spontannoj aktivnosti golovnogo mozga v sostoyanii pokoya [The opportunities of modern imaging methods in the study of spontaneous brain activity in state]. *Nevrologicheskij zhurnal — Neurological Journal*, vol. 21, no. 1, pp. 4–12. (In Russian)
- Polunin, D., Shtaiiger, I., Efimov, V. (2019) JACOBI4 software for multivariate analysis of biological data. *BioRxiv*. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.1101/803684> (accessed 14.10.2022). (In English)
- Raichle, M. E. (2015) The brain's default mode network. *Annual Review of Neuroscience*, vol. 38, pp. 433–447. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071013-014030> (In English)
- Rännar, S., Lindgren, F., Geladi, P., Wold, S. (1994) A PLS kernel algorithm for data sets with many variables and fewer objects. Part 1: Theory and algorithm. *Journal of Chemometrics*, vol. 8, no. 2, pp. 111–125. <https://doi.org/10.1002/cem.1180080204> (In English)
- Razumnikova, O. M., Nikolaeva, E. I. (2019a) Tormoznye funktsii mozga i vozrastnye osobennosti organizatsii kognitivnoj deyatel'nosti [Inhibitory brain functions and age-associated specificities in organization of cognitive activity]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, vol. 50, no. 1, pp. 75–89. <https://doi.org/10.1134/S0301179819010090> (In Russian)
- Razumnikova, O. M., Nikolaeva, E. I. (2019b) Vozrastnye osobennosti tormoznogo kontrolya i proaktivnaya interferentsiya pri zapominanii zritel'noj informatsii [Age characteristics of inhibition control in the model of proactive interference]. *Voprosy psikhologii*, vol. 2, pp. 124–132. (In Russian)
- Razumnikova, O. M., Nikolaeva, E. I. (2021) *Ontogenez tormoznogo kontrolya kognitivnykh funktsij i povedeniya [Ontogeny of inhibitory control of cognitive functions and behavior]*. Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University Publ., 158 p. (In Russian)
- Rohlf, F. J., Corti, M. (2000) Use of two-block partial least-squares to study covariation in shape. *Systematic Biology*, vol. 49, no. 4, pp. 740–753. <https://doi.org/10.1080/106351500750049806> (In English)

- Seeley, W. W., Menon, V., Schatzberg, A. F. et al. (2007) Dissociable intrinsic connectivity networks for salience processing and executive control. *Journal of Neuroscience*, vol. 27, no. 9, pp. 2349–2356. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5587-06.2007> (In English)
- Twenge, J. (2021) *Pokolenie ajfona: kto oni? [iGen: Why today's super-connected kids are growing up less rebellious, more tolerant, less happy and completely unprepared for adulthood]*. Moscow: Ripol Classic Publ., 408 p. (In Russian)
- Uhls, Ya. T. (2019) *Dobav'te v druž'ya svoikh detej. Putevoditel' po vospitaniyu v tsifrovuyu epokhu [Media moms and digital dads, a fact not fear approach to parenting in the digital age]*. Moscow: Eksmo Publ., 240 p. (In Russian)
- Velichkovskij, B. M., Knyazev, G. G. Valueva, E. A., Ushakov, D. V. (2019) Novye podkhody v issledovaniyakh tvorcheskogo myshleniya: ot fenomenologii insajta k ob'ektivnym metodam i nejrosetevym modelyam [New approaches in creative thinking research: From insight phenomenology to objective methods and neural network models]. *Voprosy psikhologii*, no. 3, pp. 3–16. (In Russian)
- Wolf, M. (2021) *Chitayushchij mozg v tsifrovom mire [Reader, come home: The reading brain in a digital world]*. Moscow: AST Publ., 256 p. (In Russian)