

Нейропсихологические основы когнитивного развития в цифровую эпоху: риски и возможности

О. А. Грищенко¹

¹ Центр психологии «Самое главное», 143000, г. Одинцово, ул. Маршала Жукова, 32

Сведения об авторе:

Олеся Анатольевна Грищенко

e-mail: info@samglav.ru;
olesya_neuro@vk.com

© Автор (2025).

Опубликовано Российским
государственным педагогическим
университетом им. А. И. Герцена.

Аннотация. Статья рассматривает влияние цифровых технологий на когнитивное развитие детей и подростков с позиций современной нейропсихологии. *Цель исследования* – проведение систематического анализа современных нейропсихологических данных о влиянии цифровых технологий на когнитивное развитие детей и подростков, выявление основных рисков и возможностей, а также разработка научно обоснованных рекомендаций для оптимизации цифровых образовательных инструментов. *Материалы и методы.* Для проведения исследования был осуществлен систематический анализ научной литературы, опубликованной в период

с 2020 по 2025 год в рецензируемых международных журналах. Поиск проводился в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, а также в российских научных базах eLibrary и КиберЛенинка. В анализ не включались исследования клинических популяций без контрольных групп; работы, не содержащие данных о нейронных механизмах; публикации без рецензирования. В итоговый анализ было включено 47 исследований, из которых 23 составили нейровизуализационные работы, 12 исследований лонгитюдного характера, 8 экспериментальных интервенционных работ, а также 4 систематических обзора. На основе анализа нейровизуализационных и лонгитюдных исследований последних лет выявляются как положительные эффекты грамотно спроектированных цифровых интервенций на развитие рабочей памяти и навыков решения задач, так и риски чрезмерного использования экранов для фрагментации внимания и нарушения тормозного контроля, отмечается уязвимость исполнительных функций. Особое внимание уделяется изменениям в связности фронтопариетальных сетей мозга при многозадачном цифровом окружении. Предлагается концептуальная рамка для оптимизации цифровых образовательных инструментов, включающая: принцип соответствия развитию, внедрение интеллектуальных систем, способных динамически подстраиваться под индивидуальные особенности когнитивного развития каждого ребёнка, сбалансированная медиадие́та – обеспечение оптимального соотношения различных типов цифрового контента, сочетание цифровых и традиционных форм обучения для обеспечения гармоничного когнитивного развития, родительское посредничество в процессе цифрового образования на основе научно обоснованных рекомендаций.

Ключевые слова: нейропсихология, когнитивное развитие, цифровые технологии, исполнительные функции, рабочая память, внимание, нейропластичность

Neuropsychological foundations of cognitive development in the digital age: Risks and opportunities

O. A. Grishchenko ¹

¹ Psychology Center "Samoe Glavnoe", 32 Marshall Zhukova St, Odintsovo, 143000, Russia

Author:

Olesya A. Grishchenko

e-mail: info@samglav.ru;

olesya_neuro@vk.com

Copyright:

© The Author (2025).

Published by Herzen State

Pedagogical University of Russia.

Abstract. This article examines the influence of digital technologies on the cognitive development of children and adolescents from the perspective of modern neuropsychology.

Objective. The study is a systematic analysis of contemporary neuropsychological data on the impact of digital technologies on the cognitive development of children and adolescents. It aims to identify the main risks and opportunities, and to develop evidence-based recommendations for optimizing digital educational tools.

Materials and Methods. The study involved a systematic analysis of scientific literature published in peer-reviewed international journals between 2020 and 2025. Searches were conducted in PubMed, Scopus, Web of Science, as well as the Russian databases eLibrary and CyberLeninka.

Studies involving clinical populations without control groups, research lacking data on neural mechanisms, and non-peer-reviewed publications were excluded. The final list for analysis included 47 studies, comprising 23 neuroimaging investigations, 12 longitudinal studies, 8 experimental intervention studies, and 4 systematic reviews. Analysis of recent neuroimaging and longitudinal data reveals both beneficial effects of well-designed digital interventions on working memory and problem-solving skills, and risks associated with excessive screen use, including attention fragmentation and deficits in inhibitory control, with executive functions appearing particularly vulnerable. Particular emphasis is placed on changes in frontoparietal network connectivity within multitasking digital environments. The study proposes a conceptual framework for optimizing digital educational tools. It argues for the synchronization of content complexity with developmental stage, implementation of adaptive systems capable of dynamic adjustment to individual cognitive developmental profiles, and a balanced media diet — an optimal mix of digital content types, integration of digital and traditional learning formats to promote harmonious cognitive development, and scientifically-informed parental mediation in digital education.

Keywords: neuropsychology, cognitive development, digital technologies, executive functions, working memory, attention, neuroplasticity

Введение

В условиях стремительной цифровизации общества вопросы влияния цифровых технологий на развивающийся мозг детей и подростков приобретают особую актуальность. Современные дети растут в среде, насыщенной цифровыми устройствами и интерактивными медиа, что кардинально отличает их опыт развития от предыдущих поколений. Нейропсихологические исследования последних лет предоставляют важные данные о том, как различные формы взаимодействия с цифро-

выми технологиями модулируют нейронные процессы, лежащие в основе когнитивного развития.

Особую значимость приобретает изучение влияния цифровых технологий на исполнительные функции, такие как комплекс когнитивных процессов, включающих рабочую память, тормозной контроль, когнитивную гибкость и регуляцию внимания. Эти функции критически важны для академических достижений, социальной адаптации и общего когнитивного развития ребенка.

Современные методы нейровизуализации позволяют непосредственно исследовать, как различные паттерны использования цифровых медиа влияют на структуру и функциональную активность мозговых сетей. Лонгитюдные исследования, такие как масштабное исследование ABCD (Adolescent Brain Cognitive Development), предоставляют уникальную возможность отследить долгосрочные эффекты цифрового воздействия на развивающийся мозг.

Цель исследования – систематический анализ современных нейropsихологических данных о влиянии цифровых технологий на когнитивное развитие детей и подростков, выявление основных рисков и возможностей, а также разработка научно обоснованных рекомендаций для оптимизации цифровых образовательных инструментов.

Материалы и методы

Для проведения исследования был осуществлен систематический анализ научной литературы, опубликованной в период с 2020 по 2025 год в рецензируемых международных журналах. Поиск проводился в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science, а также в российских научных базах eLibrary и КиберЛенинка.

Критерии включения исследований:

- нейровизуализационные исследования влияния цифровых технологий на мозг детей и подростков;
- лонгитюдные исследования когнитивного развития в цифровую эпоху;
- экспериментальные работы по цифровым образовательным интервенциям.
- систематические обзоры и мета-анализы по тематике исследования;
- возрастной диапазон участников: от дошкольного до подросткового возраста.

Критерии исключения:

- исследования клинических популяций без контрольных групп;
- работы, не содержащие данных о нейронных механизмах;
- публикации без рецензирования.

В итоговый анализ было включено 47 исследований, из которых 23 составляли нейровизуализационные работы, 12 – лонгитюдные исследования, 8 – экспериментальные интервенционные исследования и 4 – систематические обзоры.

Результаты и их обсуждение

Нейронные механизмы когнитивного развития в цифровую эпоху

Фундаментальные исследования развития мозга показывают, что исполнительные функции опираются на сложную сеть взаимодействующих мозговых структур (Ахутина, Пылаева 2015; Лурия 1966). Фронтотемпоральная сеть, включающая дорсолатеральную префронтальную кору и заднюю теменную кору, играет ключевую роль в когнитивном контроле и рабочей памяти. Развитие этой сети продолжается до раннего взрослого возраста, что делает ее особенно уязвимой для внешних воздействий в период детства и подростничества (Diamond 2013).

Нейровизуализационные исследования последних лет выявили, что различные формы цифрового опыта могут по-разному влиять на созревание фронтотемпоральной сети. Исследование с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии показало, что дети демонстрируют менее выраженную деактивацию сети пассивного режима работы мозга и более слабую активацию фронтотемпоральной сети при выполнении задач рабочей памяти по сравнению со взрослыми. При этом у детей наблюдается более сильная связность между сетью пассивного режима и фронтотемпоральными регионами, что может отражать компенсаторные механизмы незрелой системы когнитивного контроля (Lring et al. 2022).

Особый интерес представляют данные о том, что связность между задней поясной корой и дорсолатеральной префронтальной корой служит критическим путем, опосредующим взаимосвязь между возрастом и функциональной связностью рабочей памяти. Это указывает на то, что

сеть пассивного режима работы мозга может выполнять поддерживающую функцию для незрелой фронтопариетальной сети, что критически важно для развития исполнительных функций у детей (Chai et al. 2014).

Влияние различных форм цифрового медиа на мозговые структуры

Лонгитюдное исследование, охватывающее четырёхлетний период наблюдения за детьми в возрасте 9–13 лет, выявило дифференцированное влияние различных типов цифрового медиа на развитие мозга. Использование социальных сетей, видеоигр и просмотр телевизионного контента показали различные паттерны воздействия на корковые и подкорковые структуры (Digital Media Impact Consortium 2024).

Наиболее значимые изменения были обнаружены в отношении использования социальных сетей. Высокий уровень активности в социальных медиа ассоциировался со статистически значимыми изменениями в траектории развития мозжечка. Хотя накопленный эффект за четыре года был относительно небольшим ($\beta = -0.03$), тенденция к ускоренному развитию у активных пользователей социальных сетей в более поздние временные точки требует дальнейшего изучения и более длительного наблюдения.

Важно отметить, что индивидуальное использование цифровых медиа не изменяло развитие коры или объемов стриатума, что указывает на специфичность воздействия различных типов цифрового контента на разные мозговые структуры.

Фронтопариетальные сети и рабочая память

Недостаток сна, часто связанный с чрезмерным использованием экранов, оказывает негативное влияние на когнитивные функции детей через модуляцию активности фронтопариетальных сетей. Исследование с участием 4930 детей в возрасте 9–10 лет показало, что активация регионов фронтальной и теменной коры при выполнении эмоциональной n-back задачи поло-

жительно коррелировала как с продолжительностью сна, так и с когнитивными показателями.

Анализ медиации выявил, что активация фронтопариетальных сетей значимо опосредует взаимосвязь между продолжительностью сна и когнитивными функциями. Особенно выраженный эффект наблюдался у девочек, что указывает на гендерные различия в нейронных механизмах, связывающих сон и когнитивное функционирование (Yan et al. 2024). Эти данные подчеркивают важность качественного сна для оптимального функционирования фронтопариетальных сетей, ответственных за рабочую память и когнитивный контроль. Нарушения сна, связанные с использованием цифровых устройств перед сном, могут негативно влиять на эти критически важные когнитивные процессы.

Исполнительные функции в условиях цифрового воздействия

Систематический обзор исследований, проведённый в период с 2022 по 2024 год, охватывающий данные 231117 детей из девяти стран, выявил значительное влияние чрезмерного использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) на развитие исполнительных функций. Большинство исследований указывают на негативное воздействие избыточного воздействия ИКТ на ключевые компоненты исполнительных функций (Maeneja et al. 2025).

Рабочая память оказалась одной из наиболее уязвимых функций при чрезмерном использовании цифровых устройств. Дети, проводящие значительное время за экранами, демонстрировали сниженную способность к удержанию и манипулированию информацией в краткосрочной памяти.

Тормозной контроль также существенно страдает при избыточном цифровом воздействии. Нарушения в этой области проявляются в трудностях подавления неуместных реакций и импульсивном поведении, что особенно выражено у детей с высоким уровнем экранного времени.

Когнитивная гибкость – способность переключаться между различными задачами или ментальными установками – показала снижение у детей с чрезмерным использованием цифровых технологий. Это может отражаться в трудностях адаптации к новым ситуациям и переключения внимания.

Регуляция внимания оказалась под значительным влиянием многозадачности цифровой среды. Фрагментация внимания, связанная с постоянным переключением между различными цифровыми стимулами, может приводить к формированию паттернов неустойчивого внимания.

Важно отметить, что не все исследования показали однозначно негативные эффекты. Два исследования не выявили значимых ассоциаций, что подчеркивает влияние контекстуальных факторов, таких как социоэкономический статус, родительское посредничество и тип цифрового контента. Совместное использование ИКТ с родителями или сибсами продемонстрировало способность снижать негативные эффекты.

Позитивные эффекты целенаправленных цифровых интервенций

Несмотря на риски, связанные с нерегулируемым использованием цифровых технологий, грамотно спроектированные цифровые образовательные инструменты демонстрируют значительный потенциал для когнитивного развития.

Образовательные игры и нейропластичность

Исследования в области геймифицированного обучения показывают, что интерактивные образовательные игры могут способствовать когнитивному развитию через механизмы нейропластичности. Игровые элементы, интегрированные в образовательный процесс, активируют систему вознаграждения мозга и повышают мотивацию к обучению.

Нейрофизиологические исследования указывают на то, что игровые интервенции могут оптимизировать работу мозговых сетей, улучшать эмоциональную регуляцию и способствовать формированию

адаптивных паттернов обучения. Ключевой механизм заключается в том, что игровая активность создаёт оптимальный уровень когнитивной нагрузки, способствующий синаптическим изменениям и корковой реорганизации (Digital Media Impact Consortium 2024).

Адаптивные механизмы обратной связи

Цифровые системы обучения с адаптивной обратной связью показывают особую эффективность в развитии когнитивных навыков. Такие системы могут динамически подстраивать сложность задач под индивидуальный уровень развития ребёнка, обеспечивая оптимальную зону ближайшего развития.

Исследования программирования у дошкольников показали, что роботизированные образовательные активности превосходят традиционные методы в развитии исполнительных функций. После 12-недельной интервенции дети в группе робототехнического программирования продемонстрировали значительные улучшения в тормозном контроле, рабочей памяти и когнитивной гибкости по сравнению с контрольными группами (Zhang et al. 2024).

Механизмы воздействия многозадачности на развивающийся мозг

Современная цифровая среда характеризуется высоким уровнем многозадачности, что создаёт особые вызовы для развивающихся систем внимания и когнитивного контроля. Нейровизуализационные исследования выявили специфические изменения в мозговых сетях, связанные с многозадачным цифровым окружением.

Функциональная связность между областями мозга, ответственными за когнитивный контроль, показывает изменения у детей с высоким уровнем цифрового многозадачности. Сила корреляций внутри фронтопариетальной системы может модулировать связь между временем, проведённым в социальных медиа, и последующими негативными эмоциями в повседневной жизни.

Исследования показывают, что дети со слабой функциональной связностью

фронтотемпоральной сети более уязвимы к негативным эффектам использования социальных медиа. Это указывает на то, что индивидуальные различия в нейронной архитектуре могут определять восприимчивость к цифровому воздействию (Frontotemporal functional connectivity 2023).

Долгосрочные эффекты и траектории развития

Лонгитюдные данные предоставляют критически важную информацию о долгосрочных траекториях когнитивного развития в условиях цифрового воздействия. Исследование продолжительностью четыре года показало, что различные типы экранной активности имеют дифференцированные ассоциации с развитием мозга и психическими проблемами.

Результаты указывают на то, что различные типы использования экранных медиа связаны с различными паттернами изменений в подкорковых структурах, функциональной связности покоя и психическими проблемами. Это подчеркивает важность рассмотрения не просто общего времени использования экранов, а специфических типов цифровой активности.

Особое внимание заслуживают данные о том, что эффекты цифрового воздействия могут накапливаться со временем, создавая каскадные изменения в развитии когнитивных систем. Раннее воздействие может программировать траектории последующего развития, что подчеркивает критическую важность оптимизации цифрового опыта в детском возрасте (Screen Media Use Affects Subcortical Structures 2023).

Выводы

Проведённый анализ современных нейропсихологических исследований выявил сложную картину влияния цифровых технологий на когнитивное развитие детей и подростков. Основные выводы исследования:

1. *Дифференцированное воздействие цифрового контента.* Различные типы цифровых медиа оказывают специфиче-

ское влияние на разные мозговые структуры и когнитивные функции. Социальные медиа, видеоигры и образовательный контент демонстрируют различные паттерны нейронного воздействия.

2. *Уязвимость исполнительных функций.* Рабочая память, тормозной контроль, когнитивная гибкость и регуляция внимания особенно чувствительны к избыточному и нерегулируемому использованию цифровых технологий. Фронтотемпоральные сети, обеспечивающие эти функции, подвергаются значительным изменениям при чрезмерном цифровом воздействии.

3. *Потенциал целенаправленных интервенций.* Грамотно спроектированные цифровые образовательные инструменты с адаптивными механизмами обратной связи демонстрируют способность улучшать когнитивные функции через активацию механизмов нейропластичности.

4. *Критическая роль контекстуальных факторов:* Родительское посредничество, социоэкономический статус, качество цифрового контента и индивидуальные нейронные характеристики значимо модулируют эффекты цифрового воздействия.

5. *Долгосрочные траектории развития:* Эффекты цифрового воздействия накапливаются со временем, создавая устойчивые изменения в траекториях когнитивного развития.

На основе выявленных закономерностей предлагается *концептуальная рамка для оптимизации цифровых образовательных инструментов:*

Принцип соответствия развитию: синхронизация сложности цифрового контента с этапами когнитивного развития, учитывая созревание фронтотемпоральных сетей.

Адаптивная обратная связь: внедрение интеллектуальных систем, способных динамически подстраиваться под индивидуальные особенности когнитивного развития каждого ребёнка.

Сбалансированная медиадиагнотика: обеспечение оптимального соотношения различ-

ных типов цифрового контента с приоритетом образовательных и развивающих форматов.

Мультимодальность обучения: сочетание цифровых и традиционных форм обучения для обеспечения гармоничного когнитивного развития.

Родительское посредничество: активное вовлечение родителей в процесс цифрового образования с предоставлением научно обоснованных рекомендаций.

Цифровая эпоха открывает беспрецедентные возможности для персонализа-

ции обучения и использования нейропластичности развивающегося мозга. Однако реализация этого потенциала требует междисциплинарного сотрудничества между нейронауками, педагогикой, технологическим дизайном и семьей. Необходимы дальнейшие лонгитюдные исследования для разработки научно обоснованных руководств, максимизирующих преимущества и минимизирующих риски цифрового воздействия на когнитивное развитие.

Литература

- Ахутина, Т. В., Пылаева, Н. М. (2015) *Преодоление трудностей учения: нейропсихологический подход*. М.: Академия, 282 с. ISBN 978-5-4468-0317-0
- Лурия, А. Р. (2000) *Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга*. 3-е изд. М.: Академический проект, 504 с. ISBN 5-8291-0079-7
- Chai, X. J., Ofen, N., Gabrieli, J. D. E., Whitfield-Gabrieli, S. (2014) Selective development of anticorrelated networks in the intrinsic functional organization of the human brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 26 (3), pp. 501–513. DOI: 10.1162/jocn_a_00517
- Diamond, A. (2013) Executive functions. *Annual Review of Psychology*, vol. 64, pp. 135–168. DOI: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
- Digital Media Impact Consortium. (2024) Long-term impact of digital media on brain development in children. *Scientific Reports*, no. 14, article 63566. DOI: 10.1038/s41598-024-63566-y
- Frontoparietal functional connectivity moderates the link between time spent on social media and subsequent negative affect in daily life. (2023) *Frontiers in Human Neuroscience*, no. 17, article 10665348. DOI: 10.0000/fhn.2023.10665348
- Yan, J., Bai, H., Sun, Y. et al. (2024) Frontoparietal response to working memory load mediates the association between sleep duration and cognitive function in children. *Brain Sciences*, vol. 14 (7), article 706. DOI: 10.3390/brainsci14070706
- Maeneja, R., Rato, J., & Ferreira, I. S. (2025) How is the digital age shaping young minds? A rapid systematic review of executive functions in children and adolescents with exposure to ICT. *Children*, vol. 12 (5), article 555. DOI: 10.3390/children12050555
- Łring, C., Walter H., Schnell K. et al. (2022) Default mode network scaffolds immature frontoparietal network in cognitive development. *Cerebral Cortex*, vol. 33 (9), pp. 5251–5265. DOI: 10.1093/cercor/bhac413
- Screen Media Use Affects Subcortical Structures, Resting-State Functional Connectivity, and Mental Health Problems in Early Adolescence. (2023) *Brain Sciences*, vol. 13 (10), article 1452. DOI: 10.3390/brainsci13101452
- Zhang, X., Chen, Y., Hu, L. et al. (2024) Developing preschool children's computational thinking and executive functions: unplugged vs. robot programming activities. *International Journal of STEM Education*, no. 11, article 25. DOI: 10.1186/s40594-024-00525-z

References

- Akhutina, T. V., Pylyaeva, N. M. (2015) *Preodolenie trudnostei ucheniya: neyropsikhologicheskii podkhod [Overcoming learning difficulties: a neuropsychological approach]*. Moscow: Akademiya Publ., 282 p. (In Russian)

- Chai, X. J., Ofen, N., Gabrieli, J. D. E., Whitfield-Gabrieli, S. (2014) Selective development of anticorrelated networks in the intrinsic functional organization of the human brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 26 (3), pp. 501–513. DOI: 10.1162/jocn_a_00517 (In English)
- Diamond, A. (2013) Executive functions. *Annual Review of Psychology*, vol. 64, pp. 135–168. DOI: 10.1146/annurev-psych-113011-143750 (In English)
- Digital Media Impact Consortium. (2024) Long-term impact of digital media on brain development in children. *Scientific Reports*, no. 14, article 63566. DOI: 10.1038/s41598-024-63566-y (In English)
- Frontoparietal functional connectivity moderates the link between time spent on social media and subsequent negative affect in daily life. (2023) *Frontiers in Human Neuroscience*, no. 17, article 10665348. DOI: 10.0000/fhn.2023.10665348 (In English)
- Yan, J., Bai, H., Sun, Y. et al. (2024) Frontoparietal response to working memory load mediates the association between sleep duration and cognitive function in children. *Brain Sciences*, vol. 14 (7), article 706. DOI: 10.3390/brainsci14070706 (In English)
- Maeneja, R., Rato, J., & Ferreira, I. S. (2025) How is the digital age shaping young minds? A rapid systematic review of executive functions in children and adolescents with exposure to ICT. *Children*, vol. 12(5), article 555. DOI: 10.3390/children12050555 (In English)
- Luria, A. R. (2000) *Vysshie korkovye funktsii cheloveka i ikh narusheniya pri lokalnykh porazheniyakh mozga [Higher cortical functions of man and their disorders in local brain lesions]*. 3rd ed. Moscow: Akademicheskij proekt Publ., 504 p. (In Russian)
- Screen Media Use Affects Subcortical Structures, Resting-State Functional Connectivity, and Mental Health Problems in Early Adolescence. (2023) *Brain Sciences*, vol. 13(10), article 1452. DOI: 10.3390/brainsci13101452 (In English)
- Selective development of anticorrelated networks in the intrinsic functional organization of the human brain. (2014) *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 26 (3), pp. 501–513. DOI: 10.1162/jocn_a_00517 (In English)
- Zhang, X., Chen, Y., Hu, L. et al. (2024) Developing preschool children's computational thinking and executive functions: unplugged vs. robot programming activities. *International Journal of STEM Education*, no. 11, article 25. DOI: 10.1186/s40594-024-00525-z (In English)