

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»

Департамент психологии

На правах рукописи

Корякина Мария Михайловна

**Взаимосвязь когнитивного и моторного развития у детей с нарушением
двигательной активности**

Резюме диссертации
на соискание ученой степени
кандидата когнитивных наук

Научный руководитель:
Кандидат биологических наук Благовещенский Е.Д.

Москва – 2024

Диссертация включает в себя следующие исследования:

Публикации первого уровня¹

- A. Blagovechtchenski, E., Koriakina, M., Bredikhin, D., Agranovich, O., Kadieva, D., Ermolovich, E., ... & Shestakova, A. N.. Similar Cognitive Skill Impairment in Children with Upper Limb Motor Disorders Due to Arthrogryposis Multiplex Congenita and Obstetrical Brachial Plexus Palsy //International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2023. – Т. 20. – №. 3. – С. 1841.
- Б. Ntoumanis, I., Shestakova, A., Koriakina, M., Kadieva, D., Копытин, G., & Jääskeläinen, I. P. (2023). Developmental differences in the perception of naturalistic human movements. *Frontiers in Human Neuroscience*, 16, 1046277.
- B. Ntoumanis I, Agranovich O, Shestakova AN, Blagovechtchenski E, Koriakina M, Kadieva D, Копытин G, Jääskeläinen IP. Altered Cerebral Processing of Videos in Children with Motor Dysfunction Suggests Broad Embodiment of Perceptual Cognitive Functions. *J Pers Med*. 2022 Nov 4;12(11):1841. doi: 10.3390/jpm12111841. PMID: 36579567; PMCID: PMC9697218.

Публикации второго уровня²

- Г. Maria Koriakina, Olga Agranovich, Ekaterina Petrova, Dzerassa Kadieva, Grigory Kopytin, Evgenia Ermolovich, Olesya Moiseenko, Margarita Alekseeva, Dimitri Bredikhin, Beatriz Bermúdez-Margaretto, Ioannis Ntoumanis, Anna N Shestakova,

¹ К публикациям первого уровня относятся статьи, индексируемые в базах данных Web of Science (Q1 или Q2) или Scopus (Q1 или Q2), а также рецензируемые сборники конференций, которые появляются в рейтингах CORE (ранги A и A*).

² К изданиям второго уровня относятся статьи, опубликованные в журналах, входящих в перечень высококачественных журналов НИУ ВШЭ или индексируемых в базах данных Web of Science (Q3 или Q4) или Scopus (Q3 или Q4), а также рецензируемые сборники конференций, входящие в рейтинг CORE (ранг B).

Iiro P Jääskeläinen, Evgeny Blagovechtchenski. Aberrant auditory and visual memory development of children with upper limb motor disorders //Brain Sciences. – 2021. – Т. 11. – №. 12. – С. 1650

Доклады о конференциях

- A. Koriakina, M., Agranovich, O., Bermúdez-Margaretto, B., Ulanov, M., Shestakova, A., & Blagovechtchenski, E. (2022, September). Relationship Between Motor Impairments And Verbal Fluency In Children. In 2022 Fourth International Conference Neurotechnologies and Neurointerfaces (CNN) (pp. 78-81). IEEE.
- Б. Koriakina, M., Agranovich, O., Bermúdez-Margaretto, B., Ulanov, M., Shestakova, A., & Blagovechtchenski, E. (2023, September). Verbal Fluency and Semantic Association Deficits in Children with Upper Limb Motor Disorders. In 2023 Fifth International Conference Neurotechnologies and Neurointerfaces (CNN) (pp. 1-5). IEEE.

2021 Межрегиональная научно-практическая конференция «Современные методики реабилитации двигательных нарушений у детей» с презентацией на тему «Динамика ЭЭГ как показатель эффективности реабилитации у детей с артрогрипозом»

2022 CNN'2022, Четвертая международная конференция "Нейротехнологии и нейроинтерфейсы», с презентацией на тему: «Relationship Between Motor Impairments And Verbal Fluency In Children»

2022 III Объединенный научный форум физиологов, биохимиков и молекулярных Биологов, с презентацией на тему: «Особенности взаимосвязи между развитием речи и когнитивным развитием у детей с нарушениями верхних конечностей (артрогрипоз)»

2022 Конференция «Современные возможности нейротехнологий в диагностике и лечении тяжелых моторных нарушений у детей» в «НМИЦ детской травматологии и

ортопедии имени Г.И. Турнера» с докладом на тему «Нарушение когнитивных навыков у детей с моторными расстройствами»

2023 CNN'2023, Пятая международная конференция "Нейротехнологии и нейроинтерфейсы», с презентацией на тему: «Verbal Fluency and Semantic Association Deficits in Children with Upper Limb Motor Disorders»

2023 “International Conference on Biomedical Science and Engineering”, с презентацией на тему «Impact of Upper Extremity Motor Impairments on Cognitive Processes and Perception in Children»

Работа проводилась в Центре нейроэкономики и когнитивных исследований Института когнитивных нейронаук Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация, а также в федеральном государственном бюджетном учреждении Национальный медицинский исследовательский центр детской травматологии и ортопедии имени Г.И. Турнера.

Общее описание области исследования

Взаимосвязь между когнитивным и моторным развитием давно является предметом внимания психологии и психофизиологии, но, тем не менее, этот вопрос до сих пор остается дискуссионным, т.к. нейронные механизмы, лежащие в основе этой связи всё ещё не до конца понятны (Hauert, 1986; Iverson, 2010; Van der Fels и др., 2015; Martzog и др., 2019). Целью данной работы было исследование взаимосвязи моторных и когнитивных функций у детей с нарушением развития верхних конечностей.

Современные исследования показывают что существуют взаимосвязи между определенными категориями моторных и когнитивных функций (Stein и др., 2017; Invernizzi P. L. и др.; Nama и др, 2020), включая сложные моторные навыки и когнитивные способности высшего порядка, например, между моторным планированием и рабочей памятью (Stöckel и Hughes, 2016; Marvel и др., 2019).

Так, в недавнем исследовании было показано, что увеличение физической нагрузки детей в младшем школьном возрасте улучшает не только моторные навыки, но и когнитивные способности, связанные с успеваемостью детей в школе (Ferreira Vorkaric и др., 2021). Другие исследования показали, что сохранность когнитивных функций имеет большое значение для поддержания статического и динамического равновесия тела (Salman, 2016), а развитие локомоции и общего контроля над телом расширяет потенциальную сферу опыта и способствует развитию исследовательской деятельности ребенка (Stöckel и Hughes, 2016).

Имеются исследования в которых было обнаружено, что у детей среднего дошкольного возраста наблюдается более выраженная связь между моторными и когнитивными навыками по сравнению с детьми старшего школьного возраста (Van der Fels и др., 2015), это означает что в разные этапы развития ребенка могут проявляться различные формы взаимодействия этих двух функций, и этот вопрос имеет важное прикладное значение.

В нашем исследовании приняли участие дети с нарушениями двигательной функции верхних конечностей, и по этому важным представляется рассмотреть отдельно влияние мелкой моторики на когнитивные функции. Мелкая моторика представляет собой совокупность скоординированных действий различных систем организма и задействуется в процессе выполнении мелких и точных движений кистями рук и пальцами рук и ног (Martzog и др., 2019).

Исследования показали, что пальцы руки имеют обширное представительство в коре больших полушарий мозга (Shapiro, 2019; Tardelli и др., 2022). Развитие движений пальцев рук предшествует появлению артикуляции слогов, и уровень развития моторики связан с качеством артикуляции ребенка (Sullivan, 2018.). Более того, благодаря моторному развитию пальцев, в мозгу формируется проекция «схемы человеческого тела», и речевые реакции находятся в прямой зависимости от тренировки пальцев (Виноградова, 2009; Naito и др., 2017).

То есть, значительная часть деятельности ребенка — это развитие через движение, и новые двигательные навыки провоцируют каскад изменений в областях, напрямую не связанных с двигательной активностью – восприятие, речь, выражение и регуляция эмоций, физический рост и психическое здоровье ребенка. Такая взаимосвязь между двигательной системой и различными аспектами жизни предполагается в многочисленных исследованиях (Baker и др., 1997, Friedman and Förster, 2002, Houwen и др., 2016 , Sakreida и др., 2013).

Процессы, лежащие в основе этих взаимодействий, формируются на ранних стадиях развития ребенка. Важно отметить, что развивающаяся двигательная система, позволяющая ребенку точно управлять мышцами, необходимыми для того или иного движения, дает средства для эффективного взаимодействия с окружающей средой, и при отсутствии таких навыков ребенок привыкает к тому, что все функции такого

взаимодействия выполняет его родитель (Houwen и др., 2016), что впоследствии сказывается на восстановлении ребенка в процессе реабилитации.

Доказательства тесной связи между когнитивным и моторным развитием не ограничиваются поведенческой областью. Также нейрофизиологические исследования выявили совместную активацию структур мозга, ассоциирующихся с моторными и когнитивными функциями мозга. Например, связанная активация мозжечка, базальных ганглиев и префронтальной коры были показаны во время выполнения различных двигательных и когнитивных задач, особенно сложных, новых, с меняющимися условиями или требующих быстрой реакции и концентрации внимания (Davis, 2009; Salman, 2016). Побуждение к движению, цель и план возникают в префронтальной коре с участием многих структур мозга, таких как лимбическая система, неспецифические ядра таламуса, ассоциативных зон теменной коры и ретикулярной формации среднего мозга (Davis и др., 2009).

Верхним конечностям принадлежит особая функциональная роль: в отличие от нижних они участвуют главным образом в выполнении точных произвольных движений. В выполнении произвольных движений задействованы все уровни нервной системы, и ведущую роль играет высший — кора головного мозга (Hauert, 1986; Iverson, 2010; Van der Fels и др., 2015).

Когнитивные навыки также связаны с задействованием высоких уровней контроля в мозге, в особенности коры (Friedman N. P., 2022). Это может быть одним из главных факторов, определяющих взаимосвязь развития когнитивных навыков и двигательных навыков (связанных с точными произвольными движениями). Когнитивные навыки и двигательные навыки развиваются одновременно и активно в возрасте от 5 до 10 лет (Anderson и др., 2001). Как в моторном, так и когнитивном развитии задействованы важные психофизиологические процессы, такие как планирование последовательности, мониторинг (Roebers и др., 2009; Kojima, 2019).

Хотя описанные нейрофизиологические данные в некоторой степени подтверждают связь между моторным и когнитивным развитием у детей, тем не менее, в реальной клинике нет особых подходов к пациентам, связанных с особенностями когнитивного развития у детей с моторными нарушениями (Dusing S. C. и др., 2019).

Таким образом, изучение клинических популяций, в частности детей с нарушением моторного развития может внести значительный вклад в понимание взаимосвязи между моторными и когнитивными функциями в процессе развития. Более того, установление четкой связи между развитием моторных и когнитивных способностей, а также лежащих в их основе нейронных механизмов позволит разработать новые и интегративные реабилитационные подходы для улучшения как когнитивных, так и моторных навыков.

С нашей точки зрения, оценка детей с двигательными нарушениями часто ограничивается только их двигательной дисфункцией, оставляя без внимания их когнитивное развитие. Данное исследование было направлено на изучение особенностей развития когнитивных способностей детей с моторными нарушениями.

В представленном исследовании мы сосредоточились на следующих проблемах:

- 1) Предыдущие исследования продемонстрировали возможную роль моторных функций детей в развитии когнитивных функций, но ни одно исследование не касалось особенностей такой взаимосвязи у детей с тяжелыми моторными заболеваниями верхних конечностей, такими как: множественный артрогрипоз (врожденное заболевание) и акушерским параличом плечевого сплетения («парез Дюшена-Эрба») (приобретенное заболевание). Оба заболевания имеют крайне схожую симптоматику и представляют модель для изучения связи развития моторных и когнитивных систем мозга, т.к. проявляются сразу при рождении ребенка и больше не прогрессируют (Агранович О. Е., и др., 2013).

2) Результаты исследований взаимосвязи моторных и когнитивных функций часто неоднозначны и противоречивы, поэтому требуется дополнительное методологическое исследование для определения оптимальных параметров измерений, позволяющих оценивать когнитивные функции не только при помощи психологических методик, но и методов психофизиологии, а также соотнесение этих методик между собой;

3) Не проводилось исследований электрофизиологической активности головного мозга детей с тяжелыми моторными заболеваниями с целью изучения различия данной группы детей от здоровой группы детей.

Раннее вмешательство, особенно направленное на развитие когнитивных функций, может предотвратить некоторые сопутствующие трудности в обучении и повседневной жизни детей с двигательными нарушениями. В связи с этим текущее исследование было направлено на конкретизацию когнитивных проблем этих детей, для последующей адаптации программ абилитации.

Цели исследования

1) Исследование взаимосвязи моторных и когнитивных функций, выявление закономерностей когнитивной активности ребенка, связанной с развитием моторики;

2) Проведение исследования с помощью психологических метрик, сравнение уровня когнитивного развития детей с двигательными нарушениями верхних конечностей и здоровых детей; выявление взаимосвязи между моторным развитием и когнитивными функциями.

3) Проведение исследования с помощью ЭЭГ и анализ нейрональных коррелятов, лежащих в основе развития ребенка с моторными заболеваниями, в сравнении со здоровыми детьми.

Методология исследования

Для решения поставленных задач в данном исследовании оценивались моторные функции детей с двигательными нарушениями верхних конечностей, в частности, с врожденным множественным артрогрипозом и парезом Дюшена-Эрба.

По клиническим характеристикам у детей с данными заболеваниями по ортопедической классификации имеется следующая общая патология:

1) Имеется наличие контрактур в двух и более крупных суставах, гипоплазия или аплазия мышц, признаки проблем с мотонейронами в передних рогах спинного мозга (Рис.1.). При этом верхняя конечность больного имеет характерный профиль со следующими характеристиками:

- приводящая контрактура в плечевом суставе,
- разгибательная (реже сгибательная) контрактура в локтевом суставе,
- сгибательная контрактура в лучезапястном суставе,
- сгибательные контрактуры пальцев, приводящая контрактура большого пальца,
- гипоплазия или аплазия мышц верхних конечностей,
- ограничение или отсутствие самообслуживания.

2) Мышцы верхних конечностей недоразвиты.

В связи с этой общей патологией (контрактуры в суставах; гипоплазия или аплазия мышц; ограничения самообслуживания; признаки мотонейрональной дисфункции) группа детей с артрогрипозом и группа детей с парезом Дюшена-Эрба были объединены в одну клиническую группу. А также не только с точки зрения симптоматики, но и с точки зрения лечения и реабилитационных процессов, так как хирургические вмешательства и терапевтические процессы после них схожи при

обоих заболеваниях. В клинической практике двигательные навыки восстанавливаются путем аутотрансплантации мышц из различных донорских зон.

У всех больных отмечено наличие симптомов, связанных с диагностированным заболеванием, другие нарушения (например, поражение головного мозга, нарушения слуха, зрения, родовые травмы) не были выявлены. Так же важно отметить, что исследования патологий при артрогрипозе показывают, что заболевание характеризуется именно поражением мотонейронов спинного мозга, при исключении остальных известных системных заболеваний (МКБ 10: Q74. 3. Приложение А. ID: КР446).

При неврологическом обследовании оценивали общую моторику пациента. Анамнез включал сведения о пациенте в младенческом возрасте. Задержка развития отмечалась, когда ребенок не достиг определенных этапов в течение ожидаемого периода времени и его двигательные навыки отличались от навыков здорового ребенка. Оценивались пассивные и активные движения в суставах, силу мышц, объем мышц, мышечный тонус, сухожильные рефлексy и чувствительность. Уровень пареза оценивали клинически по схеме сегментарной иннервации мышц верхних конечностей. Меньший уровень пареза связан с большими двигательными нарушениями у пациента, т. е. с большим вовлечением дистальных мышц (Агранович и др., 2013).

Эффективность работы локтевого сустава у пациентов оценивалась с помощью модифицированной шкалы Ван Херста (Van Heest и др. 1998). Эта шкала включает оценку активного разгибания локтя, мышечной силы и развития навыков повседневной деятельности ребенка и использует адаптивные механизмы для сгибания локтя (толчок стола, упор туловища или шейное сгибание).

Запись и анализ ЭЭГ

На испытуемых/пациентов надевали стандартную электродную шапочку по международной системе 10/10. ЭЭГ-активность регистрировалась с помощью 32 электродов при частоте дискретизации 500 Гц. Вся обработка сигналов проводилась в программе MATLAB. При обработке ЭЭГ сначала были выделены сегменты ЭЭГ, соответствующие длительности каждого видеоблока, и выровнены по времени между испытуемыми и пациентами. Затем сигналы подвергались фильтрации высоких частот (на частоте 1 Гц) и фильтрации низких частот (на частоте 50 Гц). После выделения сегментов ЭЭГ, соответствующих длительности каждого стимула, электродные каналы с высокой дисперсией определялись вручную и заменялись на образцы с нулевым значением, что позволяло не учитывать эти каналы при последующем расчете ковариационных матриц. Артефакты, связанные с движением глаз, удалялись с использованием алгоритма FastICA в среде MATLAB.

Оценка когнитивных функций

Для решения поставленных задач в данном исследовании оценивались когнитивные функции детей с двигательными нарушениями верхних конечностей, в частности, с артрогрипозом и парезом Дюшена-Эрба, а также контрольной группы здоровых детей. Группы детей с моторными нарушениями отбирались в Национальном медицинском исследовательском центре детской ортопедии и травматологии имени Г.И. Турнера.

Для оценки когнитивных функций детей, таких как концентрация внимания, слуховая память, зрительная память, наглядно-образное и логическое мышление и интеллект, использовался комплекс адаптированных диагностических методик так, чтобы он подходил максимальному количеству детей в имеющемся у нас возрастном диапазоне (3-15 лет).

Для оценки внимания и слуховой рабочей памяти использовался тест Векслера (Wechsler Intelligence Scale for Children, WISC-IV для детей от 6 лет, WPPSI для детей от 3-6 лет). Тест заключается в том, что ребенок повторяет ряд цифр за взрослым. Объём памяти исчисляется в количестве воспроизведенных цифр. Объём внимания исчисляется в количестве воспроизведенных цифр в обратном порядке.

Кратковременная зрительная рабочая память, наглядно-образное и логическое мышление, включающее процессы генерализации и способность выделять существенные признаки, измерялись с помощью методики из комплекса Шипициной "Психолого-педагогическая диагностика отклонений в развитии детей младшего школьного возраста". Зрительная память измерялась в количестве запомненных и названных ребенком картинок, показанных ему. Мышление измерялось по правильности восстановления сюжета, изображенного на хаотично разложенных картинках, а также способности рассказать историю по данным картинкам.

Интеллект оценивался с помощью прогрессивных матриц Равена (А, В, С) (СРМ/СВС и SPM+/МНВЗ). Ребенок выполнял задания из трёх сетов, где должен был подобрать верную фигуру, которая вписывается в рисунок.

Научная новизна

Результаты данной работы вносят вклад в область теоретических моделей особенностей развития когнитивных функций и их взаимосвязи с моторными функциями, а именно, что двигательные нарушения могут быть причиной когнитивной задержки, особенно в отношении зрительной и слуховой памяти. Так же наши результаты расширяют предыдущую работу по восприятию человеческого движения за счет внедрения натуралистических стимулов в экспериментальный план, и проведении данного исследования в группе детей с моторными нарушениями.

Эмпирическая новизна

Мы впервые показали особенности различий между двумя группами детей, с моторными заболеваниями (множественным артрогрипозом и парезом Дюшена-Эрба) и здоровых детей. С помощью ЭЭГ мы показали особенности восприятия двигательной активности на видео с натуралистическими стимулами у здоровых взрослых, здоровых детей и детей с моторными нарушениями.

Методологическая новизна

Наше исследование вносит важный вклад в методологическую дискуссию о взаимосвязи моторных и когнитивных функций, и о влиянии моторной дисфункции верхних конечностей на когнитивное развитие детей. В частности, мы предоставили данные о различиях между детьми с задержкой моторного развития и здоровых детей, тем самым указав научному сообществу направление в причинно-следственном отношении данных факторов.

Кроме того, мы исследовали нейрональные корреляты восприятия движений здоровыми взрослыми и детьми, чтобы показать возрастные особенности восприятия видеостимулов, а затем провели аналогичное сравнение групп детей с моторными заболеваниями с контрольной группой здоровых детей. Следует отметить, что наши исследования особенностей когнитивного развития детей с моторными заболеваниями верхних конечностей (множественным артрогрипозом и парезом Дюшена-Эрба) одни из первых в мире, однако, на наш взгляд, полученные нами результаты могут быть распространены и на другие моторные заболевания.

Теоретическая и практическая значимость

Эти результаты могут быть отражены в индивидуальных подходах к обучению и реабилитации детей с двигательными нарушениями. В то время как в настоящее время широко используются специальные реабилитационные программы, предназначенные для детей с различными нарушениями развития (Decker и др. 2011), детям с

двигательными нарушениями необходимы программы, специально адаптированные к их потребностям, учитывающие все нюансы их когнитивного развития, что отражено в настоящем исследовании. Такая программа была разработана нами для реализации в институте Турнера.

Улучшение двигательного развития, например, с помощью интерактивных видеоигр может стать новым направлением экспериментальных исследований, такие игры можно использовать, чтобы мотивировать детей медленно тренировать свои неразвитые мышцы, а затем можно будет оценить, влияет ли это на их когнитивное развитие. В будущем этот подход может помочь понять, какие именно аспекты необходимо учитывать при разработке программ реабилитации и абилитации для детей с двигательными нарушениями.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Независимо от степени двигательной дисфункции у детей с моторными заболеваниями (множественным артрогрипозом и парезом Дюшена-Эрба) наблюдается задержка когнитивного развития (в особенности внимания и памяти).
2. Существуют значимые различия уровня когнитивного развития у детей с вышеупомянутыми моторными заболеваниями верхних конечностей и здоровых детей, особенно в возрастной период от 8-10 лет.
3. У детей с вышеупомянутыми моторными нарушениями и здоровых детей наблюдаются различные электрофизиологические нейрональные корреляты восприятия видео-стимулов, а именно, пациенты с врожденным множественным артрогрипозом или парезом Дюшена Эрба демонстрируют дивергентные нейрональные реакции на натуралистические видео.

Вклад автора

Автор принимал непосредственное участие в следующих этапах исследования: обзор соответствующей литературы, планирование и программирование экспериментальных парадигм, подбор батареи диагностических методов, анализ поведенческих данных, сбор данных для части исследования ЭЭГ, интерпретация и описание результатов.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование 1

В данном исследовании мы сравнили группы детей по уровню когнитивного развития. Мы сравнили группы детей с моторными заболеваниями верхних конечностей между собой, и с группой здоровых детей. Дети с артрогрипозом и парезом Дюшена-Эрба различаются по двигательным навыкам, но не по когнитивным тестам.

Результаты исследования показали избирательность когнитивных нарушений при двигательных заболеваниях и не выявили различий в показателях памяти между пациентами с артрогрипозом и парезом Дюшена-Эрба, несмотря на их значительные различия в моторных навыках. Т.е. когнитивные навыки формируются в связи с двигательными навыками, и эта связь может быть нелинейной. Предположительно, наличие моторного заболевания может быть более значимым фактором, чем степень его выраженности, в объяснении когнитивного дефицита.

Исследование 2

В данном исследовании мы проанализировали влияние двигательных нарушений верхних конечностей на развитие когнитивных функций с использованием психодиагностических методов. Наши результаты показали разницу в когнитивных способностях между детьми с двигательными расстройствами и здоровыми детьми того же возраста.

По результатам исследования мы можем говорить о влиянии двигательных нарушений на работу слуховой и зрительной памяти, а также на вербально-логическое мышление. При этом показатели по тестам на внимание, интеллект и мышление не различались между детьми с двигательными нарушениями верхних конечностей и их сверстниками из контрольной группы. В целом мы подчеркиваем, что уровень общего когнитивного развития был достоверно меньше у детей с двигательными нарушениями верхних конечностей, по сравнению со здоровыми детьми. При этом задержка когнитивного развития, по сравнению с нормой, особенно выражена у детей в возрасте от 8 до 10 лет.

Таким образом, мы можем говорить о том, что двигательная дисфункция верхних конечностей ухудшает когнитивные функции, особенно слуховую и зрительную память. Эти данные необходимо учитывать при разработке программ реабилитации лиц с двигательными нарушениями.

Исследование 3

В настоящем исследовании, используя ISC ЭЭГ в качестве маркера вовлеченности внимания, мы раскрыли дополнительную роль, которую возраст может играть в восприятии движений человека. Наши результаты показывают, что сцены с движениями конечностей, особенно одновременными движениями рук и ног, вызывают более высокую вовлеченность внимания, чем сцены без движений конечностей. Более того, с возрастом этот эффект снижается.

Наши результаты расширяют список факторов, влияющих на ISC. Согласно предыдущим исследованиям, взаимодействие зрителей с видео зависит от эмоционального содержания, напряжения и когнитивной потребности в обработке сложной динамической информации, а также как и от особенностей личности зрителей. Здесь мы демонстрируем, что на восприятие видео влияет моторное развитие ребенка.

Мы продемонстрировали, что ЭЭГ детей с моторными заболеваниями, отличалось от ЭЭГ здоровых детей при просмотре видео-стимулов, а именно, пациенты с врожденным множественным артрогрипозом или парезом Дюшена Эрба демонстрируют дивергентные нейронные реакции на натуралистические видео. Наблюдаемый эффект не ассоциировался с тяжестью клинического состояния пациентов, а также с видом движения на видео стимулах, что свидетельствует о широком воплощении перцептивных когнитивных функций.

Результаты этого исследования позволяют предположить, что двигательная дисфункция влияет не только на особенности познания, связанные с обработкой движений, такие как зеркальное отражение, но и, по-видимому, оказывает общее влияние на обработку натуралистических видео. Это согласуется с гипотезой о том, что когнитивные и перцептивные процессы в значительной степени зависят от наших сенсомоторных способностей и того, как мы взаимодействуем с миром (Dmochowski и др., 2012; Iotzov и др., 2017; Cohen и др., 2018).

Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение того, изменяются ли когнитивно-перцептивные процессы у пациентов с двигательной дисфункцией при восстановлении их двигательных способностей, а также путем изучения влияния ряда других типов двигательных дисфункций на обработку натуралистических стимулов, чтобы еще больше расширить понимание того, как воплощаются перцептивные когнитивные функции.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Я хотела бы выразить искреннюю благодарность моему научному руководителю Благовещенскому Евгению Дмитриевичу, за предоставленную мне возможность провести и завершить аспирантуру в НИУ ВШЭ.

Выражаю искреннюю благодарность руководителю научного центра ВШЭ Анне Николаевне Шестаковой, а также Беатрис-Бермудес, Ииро Яскелайнену за их чрезвычайно ценный вклад.

Отдельную благодарность выражаю Ольге Евгеньевне Агранович и НИИ им. Турнера, за предоставление помещения, и за возможность работы с детьми с моторными заболеваниями, а также за помощь в оценке моторного развития детей.

Большое спасибо моим соавторам Иоаннису Нтуманису, Дмитрию Бредихину и др.

Выражаю благодарность Программе фундаментальных исследований НИУ ВШЭ и Российскому научному фонду (20-65-47016) за финансовую поддержку проектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе мы выявили различия когнитивного развития детей с моторными нарушениями и здоровых детей. Был проведён теоретический анализ существующих исследований взаимосвязи моторного и когнитивного развития, а также проанализированы особенности развития детей с моторными нарушениями. Мы предположили, что дети с моторными заболеваниями имеют особенности в развитии когнитивных функций, что необходимо учитывать при разработке реабилитационных программ.

В ходе исследования было обнаружено что независимо от критериев моторного заболевания (врожденное\приобретенное, уровень задержки моторного развития, сила мышц) оно влияет на когнитивное развитие ребенка. Были обнаружены возрастные особенности развития детей с моторными нарушениями, а именно что наибольшая задержка когнитивного развития происходит в возрастной период от 8-10 лет.

Кроме того, было показано, что двигательная дисфункция влияет не только на особенности познания, связанные с обработкой движений, такие как зеркальное отражение, но и, по-видимому, оказывает общее влияние на обработку натуралистических видео. Это согласуется с гипотезой о том, что когнитивные и перцептивные процессы в значительной степени зависят от наших сенсомоторных способностей и того, как мы взаимодействуем с миром.

Таким образом, мы видим, что дети с моторными нарушениями отличаются от здоровых уровнем когнитивного развития, и на уровне нейронных механизмов, что подтверждает гипотезу о значительном влиянии моторной дисфункции на ребенка и его развитие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Van der Fels, I.M.J.; Te Wierike, S.C.M.; Hartman, E.; Elferink-Gemser, M.T.; Smith, J.; Visscher, C. The relationship between motor skills and cognitive skills in 4–16 year old typically developing children: A systematic review. *J. Sci. Med. Sport* 2015, 18, 697–703.
- Hauert, C.A. The relationship between motor function and cognition in the developmental perspective. *Ital. J. Neurol. Sci.* 1986, Apr;Suppl 5:101-7, PMID: 3759398.
- Iverson, J.M. Developing language in a developing body: The relationship between motor development and language development. *J. Child Lang.* 2010, 37, 229–261, doi:10.1017/S0305000909990432.
- Martzog, P.; Stoeger, H.; Suggate, S. Relations between Preschool Children’s Fine Motor Skills and General Cognitive Abilities. *J. Cogn. Dev.* 2019, 20, 443–465, doi:10.1080/15248372.2019.1607862.
- Stein M., Auerswald M., Ebersbach M. Relationships between motor and executive functions and the effect of an acute coordinative intervention on executive functions in kindergartners //Frontiers in psychology. – 2017. – Т. 8. – С. 258076.
- Invernizzi P. L. и др. Correlation between cognitive functions and motor coordination in children with different cognitive levels //Advances in Physical Education. – 2018. – Т. 8. – №. 1. – С. 98-115.
- Нама S. и др. Relationships between motor and cognitive functions and subsequent post-stroke mood disorders revealed by machine learning analysis //Scientific reports. – 2020. – Т. 10. – №. 1. – С. 19571.
- Stöckel, T.; Hughes, C.M.L. The relation between measures of cognitive and motor functioning in 5- to 6-year-old children. *Psychol. Res.* 2016, 80, 543–554, doi:10.1007/s00426-015-0662-0.

Marvel C. L., Morgan O. P., Kronemer S. I. How the motor system integrates with working memory //Neuroscience & Biobehavioral Reviews. – 2019. – Т. 102. – С. 184-194.

Ferreira Vorkapic C. и др. Does physical activity improve cognition and academic performance in children? A systematic review of randomized controlled trials //Neuropsychobiology. – 2021. – Т. 80. – №. 6. – С. 454-482.

Van der Fels I. M. J. и др. The relationship between motor skills and cognitive skills in 4–16-year-old typically developing children: A systematic review //Journal of science and medicine in sport. – 2015. – Т. 18. – №. 6. – С. 697-703.

Shapiro L., Stolz S. A. Embodied cognition and its significance for education //Theory and Research in Education. – 2019. – Т. 17. – №. 1. – С. 19-39.

Sullivan J. V. Learning and embodied cognition: A review and proposal //Psychology Learning & Teaching. – 2018. – Т. 17. – №. 2. – С. 128-143

Tardelli G. P. et al. Forearm and hand muscles exhibit high coactivation and overlapping of cortical motor representations //Brain Topography. – 2022. – Т. 35. – №. 3. – С. 322-336.

Виноградова О. С. и др. Детская речь как многомерный феномен //Проблемы онтолингвистики—2009: материалы международной конференции (17–19 июня 2009 г., Санкт-Петербург).—СПб.: Злато-уст, 2009.—388 с. ISBN 978-5-86547-509-5
Конференция проводится при поддержке. – 2009. – С. 34.

Naito E., Morita T. Neural representation of human body schema and corporeal self-consciousness //Brain and nerve= Shinkei kenkyu no shinpo. – 2014. – Т. 66. – №. 4. – С. 367-380.

Abdelkarim, O.; Ammar, A.; Chtourou, H.; Wagner, M.; Knisel, E.; Hökelmann, A.; Bös, K. Relationship between motor and cognitive learning abilities among primary school-aged children. Alex. J. Med. 2019, 53, 325–331, doi:10.1016/J.AJME.2016.12.004.

Salman, M.S.; Tsai, P. The Role of the Pediatric Cerebellum in Motor Functions, Cognition, and Behavior: A Clinical Perspective. *Neuroimaging Clin. N. Am.* 2016, 26, 317–329.

Davis, E.E.; Pitchford, N.J.; Jaspan, T.; McArthur, D.; Walker, D. Development of cognitive and motor function following cerebellar tumour injury sustained in early childhood. *Cortex* 2010, 46, 919–932, doi:10.1016/J.CORTEX.2009.10.001.

Bugalho, P.; Correa, B.; Viana-Baptista, M. Papel do cerebelo nas funções cognitivas e comportamentais: Bases científicas e modelos de estudo. *Acta Med. Port.* 2006, 19, 257–267.

Friedman N. P., Robbins T. W. The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function // *Neuropsychopharmacology*. – 2022. – Т. 47. – №. 1. – С. 72-89.

Anderson V. A. и др. Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample // *Developmental neuropsychology*. – 2001. – Т. 20. – №. 1. – С. 385-406.

Roebbers C. M., Kauer M. Motor and cognitive control in a normative sample of 7-year-olds // *Developmental science*. – 2009. – Т. 12. – №. 1. – С. 175-181.

Kojima, M.; Nagano, A. Assessment of physical activity and cognitive function and their potential correlation in convalescent patients of cerebrovascular disease. *Sci. Rep.* 2019, 9, 1–9, doi:10.1038/s41598-019-40460-6

Dusing S. C. и др. A physical therapy intervention to advance cognitive and motor skills: a single subject study of a young child with cerebral palsy // *Pediatric Physical Therapy*. – 2019. – Т. 31. – №. 4. – С. 347-352.

Агранович О. Е., Лахина О. Л. Клинические варианты деформаций верхних конечностей у больных с артрогрипозом // *Травматология и ортопедия России*. – 2013. – №. 3 (69). – С. 125-129.

Van Heest A, Waters PM, Simmons BP. Surgical treatment of arthrogyrosis of the elbow. *J. Hand Surg. Am.* (1998) 23:1063–70. doi: 10.1016/S0363-5023(98)80017-8

Baker S. C., Frith C. D., Dolan R. J. The interaction between mood and cognitive function studied with PET // *Psychological medicine*. – 1997. – Т. 27. – №. 3. – С. 565-578.

Friedman R. S., Förster J. The influence of approach and avoidance motor actions on creative cognition // *Journal of Experimental Social Psychology*. – 2002. – Т. 38. – №. 1. – С. 41-55.

Houwen S. и др. The interrelationships between motor, cognitive, and language development in children with and without intellectual and developmental disabilities // *Research in developmental disabilities*. – 2016. – Т. 53. – С. 19-31.

Sakreida K. и др. Are abstract action words embodied? An fMRI investigation at the interface between language and motor cognition // *Frontiers in human neuroscience*. – 2013. – Т. 7. – С. 125.

Cisek P., Kalaska J. F. Neural mechanisms for interacting with a world full of action choices // *Annual review of neuroscience*. – 2010. – Т. 33. – С. 269-298.

Smith L. B. Cognition as a dynamic system: Principles from embodiment // *Developmental Review*. – 2005. – Т. 25. – №. 3-4. – С. 278-298.

Hauert C. A. The relationship between motor function and cognition in the developmental perspective // *Italian journal of neurological sciences*. – 1986. – С. 101-107.

Iverson J. M. Developing language in a developing body: The relationship between motor development and language development // *Journal of child language*. – 2010. – Т. 37. – №. 2. – С. 229-261.

Higashionna T. и др. Relationship between motor coordination, cognitive abilities, and academic achievement in Japanese children with neurodevelopmental disorders // *Hong Kong Journal of Occupational Therapy*. – 2017. – Т. 30. – №. 1. – С. 49-55.

Thompson J., Parasuraman R. Attention, biological motion, and action recognition //Neuroimage. – 2012. – Т. 59. – №. 1. – С. 4-13.

Simion F., Regolin L., Bulf H. A predisposition for biological motion in the newborn baby //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2008. – Т. 105. – №. 2. – С. 809-813.

Jacobs A., Pinto J., Shiffrar M. Experience, context, and the visual perception of human movement //Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. – 2004. – Т. 30. – №. 5. – С. 822.

Lu Z. L., Sperling G. The functional architecture of human visual motion perception //Vision research. – 1995. – Т. 35. – №. 19. – С. 2697-2722.

Whitney D. Contribution of bottom-up and top-down motion processes to perceived position //Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. – 2006. – Т. 32. – №. 6. – С. 1380.

Dmochowski J. P. и др. Audience preferences are predicted by temporal reliability of neural processing //Nature communications. – 2014. – Т. 5. – №. 1. – С. 4567.

Dmochowski J. P. и др. Correlated components of ongoing EEG point to emotionally laden attention—a possible marker of engagement? //Frontiers in human neuroscience. – 2012. – Т. 6. – С. 112.

Cohen S. S., Parra L. C. Memorable audiovisual narratives synchronize sensory and supramodal neural responses //ENeuro. – 2016. – Т. 3. – №. 6.

Iotzov I. и др. Divergent neural responses to narrative speech in disorders of consciousness //Annals of clinical and translational neurology. – 2017. – Т. 4. – №. 11. – С. 784-792.

Cohen S. S. и др. Neural engagement with online educational videos predicts learning performance for individual students //Neurobiology of learning and memory. – 2018. – Т. 155. – С. 60-64.

Lankinen, K.; Saari, J.; Hari, R.; Koskinen, M. Intersubject consistency of cortical MEG signals during movie viewing //NeuroImage. – 2014. – Т. 92. – С. 217-224.

Petroni A. и др. The variability of neural responses to naturalistic videos change with age and sex //ENeuro. – 2018. – Т. 5. – №. 1.

Ki J. J., Kelly S. P., Parra L. C. Attention strongly modulates reliability of neural responses to naturalistic narrative stimuli //Journal of Neuroscience. – 2016. – Т. 36. – №. 10. – С. 3092-3101.

Pillsbury W. B. The essentials of psychology. – Macmillan Company, 1920.

Titchener E. B. A beginner's psychology. – Macmillan, 1915.

Washburn D. A., Putney R. T. Stimulus movement and the intensity of attention //The Psychological Record. – 1998. – Т. 48. – №. 4. – С. 555-570.

Campbell K. L. и др. Idiosyncratic responding during movie-watching predicted by age differences in attentional control //Neurobiology of aging. – 2015. – Т. 36. – №. 11. – С. 3045-3055.

Nastase S. A. и др. Measuring shared responses across subjects using intersubject correlation //Social Cognitive and Affective Neuroscience. – 2019. – Т. 14. – №. 6. – С. 667-685.

Irving E. L. и др. Effect of stimulus type on the eye movements of children //Investigative ophthalmology & visual science. – 2011. – Т. 52. – №. 2. – С. 658-664.

Dmochowski J.P., Sajda P., Dias J., Parra L.C. Correlated components of ongoing EEG point to emotionally laden attention—A possible marker of engagement? Front. Hum. Neurosci. 2012;6:112. doi: 10.3389/fnhum.2012.00112.

Iotzov I., Fidali B.C., Petroni A., Conte M.M., Schiff N.D., Parra L.C. Divergent neural responses to narrative speech in disorders of consciousness. Ann. Clin. Transl. Neurol. 2017;4:784–792. doi: 10.1002/acn3.470.

Cohen S.S., Madsen J., Touchan G., Robles D., Lima S.F., Henin S., Parra L.C. Neural engagement with online educational videos predicts learning performance for individual students. *Neurobiol. Learn. Mem.* 2018;155:60–64. doi: 10.1016/j.nlm.2018.06.011.

Cohen S.S., Parra L.C. Memorable Audiovisual Narratives Synchronize Sensory and Supramodal Neural Responses. *eNeuro.* 2016;3:203–216. doi: 10.1523/ENEURO.0203-16.2016.

Blagoveschenskiy E.D., Agranovich O.E., Kononova E.L., Baidurashvili A.G., Nazarova M.A., Shestokova A.N., Gabbasova E.L., Nikulin V.V. Characteristics of electrophysiological activity of the cerebral cortex in children with arthrogryposis. *Neuromuscul. Dis.* 2018;8:10–17. doi: 10.17650/2222-8721-2018-8-2-25-32.

Gallese V. Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience. *Phenomenol. Cogn. Sci.* 2005;22:455–479. doi: 10.1007/s11097-005-4737-z.

Gallese V. Bodily selves in relation: Embodied simulation as secondperson perspective on intersubjectivity. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 2014;369:20130177.

Ki J.J., Kelly S.P., Parra L.C. Attention Strongly Modulates Reliability of Neural Responses to Naturalistic Narrative Stimuli. *J. Neurosci.* 2016;36:3092–3101. doi: 10.1523/JNEUROSCI.2942-15.2016.

Ray W.J., Cole H.W. EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science.* 1985;228:750–752. doi: 10.1126/science.3992243.

Khamis, H. Measures of association: How to choose? *J. Diagn. Med Sonogr.* **2008**, 24, 155–162.

Benjamini Y., Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing //Journal of the Royal statistical society: series B (Methodological). – 1995. – T. 57. – №. 1. – C. 289-300.

Сиротюк А. Л. Синдром дефицита внимания с гиперактивностью. Диагностика, коррекция и практические рекомендации родителям и педагогам.(М.: ТЦ Сфера, 2003–128с.). – 2003.

Piek J. P. и др. The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability //Human movement science. – 2008. – Т. 27. – №. 5. – С. 668-681.

Seidler R. D., Bo J., Anguera J. A. Neurocognitive contributions to motor skill learning: the role of working memory //Journal of motor behavior. – 2012. – Т. 44. – №. 6. – С. 445-453.

Abd El-Hady S. S. и др. Correlation between cognitive function, gross motor skills and health-Related quality of life in children with Down syndrome //Egyptian Journal of Medical Human Genetics. – 2018. – Т. 19. – №. 2. – С. 97-101.

Gallese V., Cuccio V. The neural exploitation hypothesis and its implications for an embodied approach to language and cognition: insights from the study of action verbs processing and motor disorders in Parkinson's disease //Cortex. – 2018. – Т. 100. – С. 215-225.

Decker S. L. и др. Cognitive and developmental influences in visual-motor integration skills in young children //Psychological Assessment. – 2011. – Т. 23. – №. 4. – С. 1010.