

Изменения показателей психомоторной координации у учащихся восьмых классов за период с 2004 по 2020 год

Н.Б. Панкова[✉], М.Ю. Карганов

Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии,
г. Москва, Россия

[✉] nbpankova@gmail.com

Аннотация

Обоснование. Цифровизация среды обитания человека, включая образовательную среду, актуализирует изучение её влияний на функциональные показатели жизнедеятельности как в плане соматического здоровья, так и в психофизиологических и психологических аспектах. **Цель:** сравнительный анализ показателей психомоторной координации подростков 14–15 лет (учащиеся 8-х классов) в 2004 и 2020 годах, различающихся по уровню цифровизации образовательной среды. **Материалы и методы.** Изучены показатели психомоторики при выполнении двигательных задач на приборе «компьютерный измеритель движений». Всего обследованы 67 подростков в 2004 году и 31 – в 2020 году, все измерения проведены конце февраля – начале марта. Оценивали показатели скорости, точности и плавности движений, реактивности на стимулы разной модальности и моторной асимметрии. **Результаты.** Обнаружено, что как у девочек, так и у мальчиков за оцениваемый период существенно возросла скорость выполнения моторной задачи, но с существенной потерей точности и плавности движений (данные показатели в абсолютных величинах изменились в 2–2,5 раза). Одновременно возросла скорость реакции на звуковой, но не на световой стимулы. По показателям асимметрии было обнаружено снижение степени латерализации и приближение всех показателей к обоерукости. **Заключение.** Инструментальные методы оценки психомоторной координации обнаружили выраженные сдвиги в способности 14–15-летних подростков выполнять руками незнакомые двигательные задачи. Мы связываем это с цифровизацией среды обитания и формированием нового паттерна движений, включающего более быстрое взаимодействие с компьютером.

Ключевые слова: психомоторная координация, двигательные тесты, скорость движений, точность движений, плавность движений, латентные периоды сенсомоторной реакции, моторная асимметрия, компьютерная нагрузка

Источник финансирования. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта № 19-29-14104 мк «Инструментальная оценка влияния цифровизации образования на физиологический баланс организма».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Панкова Н.Б., Карганов М.Ю. Изменения показателей психомоторной координации у учащихся восьмых классов за период с 2004 по 2020 год // Психология. Психофизиология. 2022. Т. 15, № 4. С. 114–125. DOI: 10.14529/jpps220411

Original article
DOI: 10.14529/jpps220411

Changes in psychomotor coordination in eighth grade students from 2004 to 2020

N.B. Pankova[✉], M.Yu. Karganov

Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, Russia

[✉] nbpankova@gmail.com

Abstract

Background: The digitalization of the human environment, including the educational one, makes relevant the study of its influence on functional parameters in terms of somatic health and psychophysiological and psychological aspects. **Aims:** the paper presents a comparative analysis of psychomotor coordination in adolescents aged 14–15 (8th grade). The data was obtained in 2004 and 2020, the years that differed in the level of digitalization of the educational environment. **Materials and methods.** Psychomotor coordination was evaluated during motor tasks on the digital movement measuring device. A total of 67 adolescents were examined in 2004 and 31 in 2020, all measurements were taken in late February – early March. The data obtained included speed, accuracy, smoothness of movements, reactivity to different stimuli, and motor asymmetry. **Results.** Throughout the study period, increased speed was found both in girls and boys, accompanied by a significant loss of accuracy and smoothness of movements (2–2.5-fold change in these indicators in absolute terms). At the same time, increased reactivity to sound but not light stimuli was observed. According to the asymmetry data, decreased lateralization and the approximation of all indicators to ambidexterity were found. **Conclusion.** Instrumental methods for the assessment of psychomotor coordination revealed significant changes in the ability of 14–15-year-old adolescents to perform unfamiliar motor tasks. These changes were attributed to the digitalization of the environment and the formation of a new pattern of movements, including faster interaction with a computer.

Keywords: psychomotor coordination, motor tests, movement speed, movement accuracy, movement smoothness, reaction time, motor asymmetry, screen time

Acknowledgements: The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 19-29-14104.

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Pankova N.B., Karganov M.Yu. Changes in psychomotor coordination in eighth grade students from 2004 to 2020. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya = Psychology. Psychophysiology.* 2022;15(4):114–125. (in Russ.) DOI: 10.14529/jpps220411

Введение

За последние несколько лет реализована программа информатизации образовательной среды, прошедшая проверку практикой в условиях дистанционного обучения во время пандемии коронавирусной инфекции. При несомненных «плюсах» такой трансформации в плане расширения возможностей педагогики всегда есть опасения по поводу наличия «минусов» в плане здоровья детей [1]. Особенно учитывая, что внедрение цифровых технологий происходит не только в образовательной среде, но и в сфере межличностных коммуникаций, и общее время использования различных устройств возрастает по мере взросления и социализации детей, от дошкольников к студентам [2].

Наверное, главное, что удалось выяснить разным группам исследователей в плане здоровья учащихся, – это отсутствие негативных последствий информатизации образования для когнитивных способностей учащихся, по крайней мере, дошкольников [3, 4]. Есть обоснованные опасения, что возрастание времени общения с компьютером и пользования разнообразными гаджетами снижает двигательную активность детей и подростков, что затрудняет формирование их физических качеств [5], причём это характерно скорее для школьников, чем для более младших возрастных групп дошкольного обучения [6]. Однако доказательств негативного влияния малоподвижного образа жизни на когнитивные возможности и академическую успеваемость

учащихся не получено [7]. Описано наличие корреляций между уровнем физической подготовленности и успеваемостью [8], опосредуемых позитивным влиянием двигательной активности на исполнительную функцию [9], которая необходима для целенаправленного поведения, наряду с тормозным контролем, рабочей памятью, когнитивной гибкостью и способностью к планированию [10]. Однако имеющиеся данные о связи между малоподвижным поведением и исполнительной функцией у детей и подростков неубедительны [11].

Вместе с тем смена форм и способов подачи обучающего материала не может не отразиться на механизмах восприятия и обработки информации [12]. Это проявляется в том числе как изменение показателей психомоторной координации, которые можно оценить количественно.

Установлено, что показатели моторики (как мелкой, так и крупной) коррелируют с когнитивными способностями ребёнка, его возможностями понимать прочитанный текст и успеваемостью по точным наукам [13]. При поиске таких взаимосвязей наиболее информативными оказались показатели работы руками, связанные с проявлением ловкости [14] – способности перестраивать двигательные паттерны в зависимости от ситуации или задания. Для оценки реактивности важно проводить сопоставление ответов на стимулы разной модальности. Так, для человека ведущей сенсорной системой восприятия внешнего мира является зрительная [15], а реакция на звук является индикатором осознанности действия, поскольку аудиоинформация, обычно связанная со второй сигнальной системой, всегда осознаётся [16]. Эти подходы к оценке показателей психомоторной координации реализованы в приборном комплексе «компьютерный измеритель движений» (КИД). С его помощью в работах нашей лаборатории с учащимися начальной школы (1–4-й классы) с разным уровнем компьютерной нагрузки показано, при использовании компьютерных технологий в объёмах, в 2–3 раза превышающих актуальные гигиенические нормативы, происходят изменения показателей скорости и точности движений руками [17], латентных периодов реакции на стимулы разной модальности [18], а также функциональной асимметрии перечисленных показателей [19].

Целью данной работы стал сравнительный анализ показателей психомоторной коор-

динации подростков 14–15 лет (учащиеся 8-х классов) в 2004 и 2020 годах, различающихся по уровню цифровизации образовательной среды.

Материалы и методы

В исследование включены результаты оценки показателей психомоторной координации 98 учащихся 8-х классов двух общеобразовательных школ, расположенных на окраинах Москвы. Подростки из одной школы обследованы в 2004 году, из другой школы – в 2020 году, общая характеристика выборок представлена в табл. 1. Все подростки были практически здоровы и входили в основную группу для занятий физической культурой. В обеих школах эксперимент проходил в конце февраля – начале марта. В 2020 году все измерения были завершены до введения ограничений и перевода школьников на дистанционное обучение в связи с пандемией COVID-19.

Показатели психомоторной координации оценивали по результатам выполнения моторных тестов (вращение горизонтального рычага движением руки в локтевом суставе) на приборе КИД. Прибор зарегистрирован Министерством здравоохранения (РФ № 29/03041202/5085-03 от 10 апреля 2003 г.), методика исследования психомоторной деятельности детей и подростков при оценке влияния образовательных технологий с использованием КИД утверждена и рекомендована к применению ЦГСЭН в г. Москве 27 августа 2001 г., № МОС.МУ 2.4.8.002-01¹. Соответствие протокола исследования международным (включая Хельсинкскую декларацию в редакции 2013 года) и российским законам о правовых и этических принципах научных исследований с участием человека было подтверждено решением Комитета по этике Института общей патологии и патофизиологии, протокол № 1, 22.01.2019. Информированное согласие родителей или законных представителей на проведение обследования было получено.

Принцип работы прибора и содержание тестовых заданий описаны нами ранее [10]. Двигательные тесты на КИД выполняются обеими руками, в очерёдности по выбору учащегося. При выполнении двигательной

¹ Сборник нормативно-методических документов по оценке влияния образовательных технологий на здоровье детей и подростков (учебное пособие). М.: МИОО, 2010. 160 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20110655>

Таблица 1
Table 1Общая характеристика выборок
Characteristics of the studied groups

Группы (пол, год) / Groups (sex, year)	<i>n</i>	Средний возраст, лет / Mean age, years (<i>M</i> ± <i>m</i>)	Возрастной диапазон, годы (мин; макс) / Age range, years (min, max)
Девочки / Girls, 2004	34	14,46 ± 0,06	14,0; 15,2
Девочки / Girls, 2020	8	14,49 ± 0,13	14,4; 15,2
Мальчики / Boys, 2004	33	14,49 ± 0,06	14,0; 15,2
Мальчики / Boys, 2020	23	14,57 ± 0,09	13,9; 15,4

задачи оценивают следующие параметры движений: длительность цикла движения (ДЦД, с), время изменения двигательного стереотипа (ВИДС, с), ошибка сенсорной коррекции условных флексоров (ОКФ, %) и условных экстензоров (ОКЭ, %), плавность движения (ПД, %), латентные периоды простой сенсомоторной реакции на световой (ЛПС, с) и звуковой (ЛПЗ, с) стимулы. Кроме того, было использовано соотношение ЛПЗ/ЛПС, которое, как показано нами ранее, чувствительно к влиянию средовых факторов, включая факторы образовательной среды [11].

Для всех перечисленных показателей психомоторной координации мы использовали усреднённые для правой и левой руки величины. Моторную асимметрию оценивали отдельно, в %, по следующему принципу: для величин ДЦД, ВИДС, ОКФ, ОКЭ, ЛПС и ЛПЗ – чем ниже величина для правой руки (т. е. показатели лучше), тем более у ребёнка выражено правшество, для величины ПД – наоборот, правшество выше при более высоких (т. е. лучших) значениях для правой руки [12].

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакетов Statistica v. 7.0 (StatSoft, USA) и GraphPad Prism 6 (GraphPad

Software, США). Оценку нормальности полученных массивов данных проводили с помощью критерия Шапиро – Уилка. По результатам проверки межгрупповые сравнения проводили с использованием непараметрических методов: *H*-критерий Краскелла – Уоллеса – при множественных сравнениях групп, *U*-критерий Манна – Уитни – при попарном сравнении групп.

Результаты

Полученные данные свидетельствуют о том, что как у девочек, так и у мальчиков за оцениваемый период возросла скорость выполнения моторной задачи (снизилась величина ДЦД), но с потерей точности движений (возросли показатели ОКФ и ОКЭ) и плавности движений (показатель ПД) (табл. 2).

Следует особо обратить внимание, что показатели скорости и точности движений в абсолютных величинах изменились существенно – в 2–2,5 раза.

Показатель ВИДС остался на прежнем уровне. Также мы отмечаем возрастание скорости реакции на звуковой (ЛПЗ), но не на световой (ЛПС) стимулы. Соответственно, отношение ЛПЗ/ЛПС снизилось у всех подростков (рис. 1).

Таблица 2
Table 2Усреднённые для правой и левой рук показатели психомоторной координации при тестировании на приборе КИД у девочек и мальчиков в разные годы и статистическая значимость различий между группами по году исследования
Psychomotor coordination of the right and left hands in girls and boys in different years and the statistical significance of differences between groups by year of study

Показатель / Parameter	Значения показателя / Value of parameters (Me (Q1; Q3))				H (df)
	Девочки / Girls		Мальчики / Boys		
	2004	2020	2004	2020	
ДЦД_ср. / DMC_mean	0,99 (0,83; 1,03)	0,51 ** (0,40; 0,71)	0,97 (0,73; 1,02)	0,50*** (0,42; 0,63)	41,228 (3, 98)
ВИДС_ср. / TMSC_mean	1,81 (0,54; 2,75)	1,04 (0,80; 1,47)	1,40 (0,66; 2,23)	1,21 (0,78; 2,02)	2,052 (3, 98)
ЛПС_ср. / LPL_mean	0,179 (0,164; 0,197)	0,161 (0,153; 0,172)	0,167 (0,155; 0,194)	0,177 (0,163; 0,194)	4,715 (3, 98)

Показатель / Parameter	Значения показателя / Value of parameters (Me (Q1; Q3))				H (df)
	Девочки / Girls		Мальчики / Boys		
	2004	2020	2004	2020	
ЛПЗ_ср. / LPA_mean	0,287 (0,265; 0,299)	0,219*** (0,201; 0,234)	0,281 (0,264; 0,317)	0,223*** (0,209; 0,247)	47,494 (3, 98)
ОКФ_ср. / ECF_mean	4,67 (3,85; 6,18)	11,53*** (7,94; 12,94)	4,61 (4,18; 5,43)	10,76*** (9,72; 14,66)	56,125 (3, 98)
ОКЭ_ср. / ECE_mean	4,07 (3,66; 5,13)	11,25*** (8,18; 17,17)	4,26 (3,50; 5,30)	9,94*** (6,67; 16,58)	44,886 (3, 98)
ПД_ср. / SM_mean	85,7 (84,3; 87,6)	71,0*** (48,1; 78,0)	83,9 (80,3; 86,2)	64,9* (44,7; 85,8)	25,099 (3, 95)

Данные представлены в виде медианы (Me) и межквартильного размаха (Q1; Q3). Межгрупповые различия рассчитаны по критерию Краскела-Уоллиса (H).

Показатели: ДЦД – длительность цикла движения (с), ВИДС – время изменения двигательного стереотипа (с), ЛПС – латентный период простой сенсомоторной реакции на световой стимул (с), ЛПЗ – латентный период простой сенсомоторной реакции на звуковой стимул (с), ОКФ – ошибка сенсорной коррекции условных флексоров (%), ОКЭ – ошибка сенсорной коррекции условных экстензоров (%), ПД – плавность движений (%).

Статистически значимые отличия от 2004 года (по критерию Данна): * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

The data are presented as Me and IQR. Intergroup differences calculated by Kruskal–Wallis test (H).

Parameters: DMC – Duration of the Movement Cycle (s), TMSC – Time of Movement Stereotype Change (s), LPL – Latent Period of a Simple Sensorimotor Reaction to Light Stimuli (s), LPA – Latent Period of a Simple Sensorimotor Reaction to Acoustic Stimuli (s), ECF – Error of Sensory Correction of Conditional Flexors (%), ECE – Error of Sensory Correction of Conditional Extensors (%), SM – Smoothness of Movements (%).

Statistically significant differences from 2004 (according to Dunn's multiple comparisons test): * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

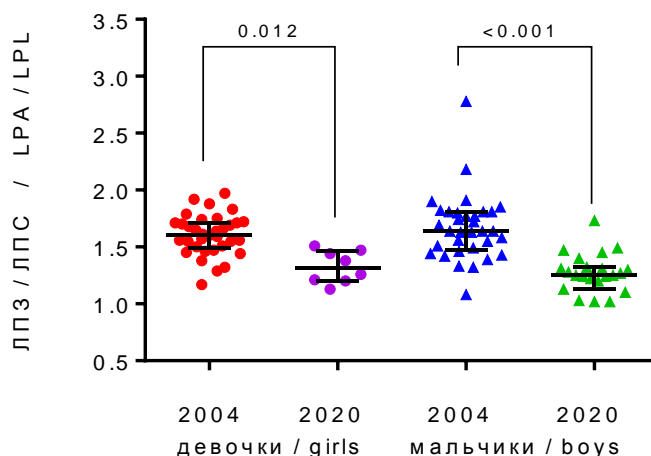


Рис. 1. Степень превышения латентного периода простой сенсомоторной реакции на звуковой стимул над латентным периодом реакции на световой стимул (отношение ЛПЗ/ЛПС). Данные представлены в виде медианы (Me) и межквартильного размаха (Q1; Q3), с индивидуальными значениями. Межгрупповые различия рассчитаны по критерию Краскела – Уоллиса (H)

Fig. 1. Excess of reaction time to acoustic stimulus over reaction time to light stimulus (LPA/LPL). The data are presented as median (Me) and interquartile range (Q1; Q3), with individual values. Intergroup differences were calculated using the Kruskal–Wallis test (H)

По показателям асимметрии было обнаружено приближение всех показателей к обоерукости. Так, у девочек за оцениваемый период снизилось преобладание правшества для показателя точности движений ОКФ и преобладание левшества (на уровне тенденции) для показателей ВИДС и ОКЭ (рис. 2). У мальчиков преобладание правшества также снизилось для ОКФ, но возросло для ДЦД (рис. 3).

Для проверки возможного влияния на показатели психомоторики подростков в разные годы изменений в работе самого прибора КИД мы провели анализ результатов тестирования одного из авторов. Использовали данные за 2006–2011 годы (всего 8 записей) и результаты тестирования, проведенного в дни работы со школьниками в 2020 году (всего 5 записей). Обнаружено, что за этот период произошло только возрастание ЛПС и сдвиг

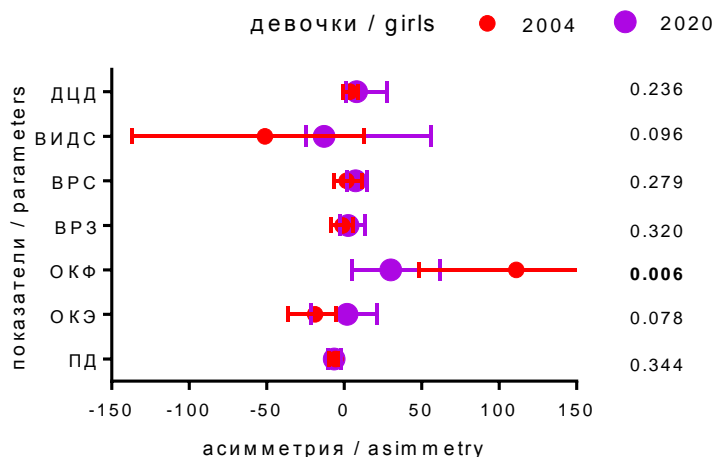


Рис. 2. Асимметрия (в %, положительные значения – правость, отрицательные – левость) показателей психомоторной координации у девочек. Обозначения показателей – как в табл. 1. Данные представлены в виде медианы (Me) и межквартильного размаха (Q1; Q3). Справа приведена статистическая значимость различий между 2004 и 2020 годом по критерию Манна – Уитни (U)

Fig. 2. Asymmetry (% , positive values – right, negative – left) data for psychomotor coordination in girls. Parameters as shown in table 1. The data are presented as median (Me) and interquartile range (Q1; Q3). On the right is the statistical significance of the differences between 2004 and 2020 according to the Mann–Whitney test (U)

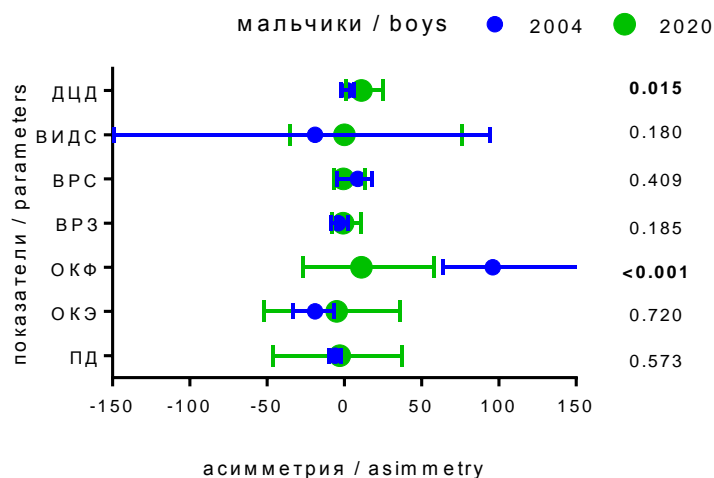


Рис. 3. Асимметрия (в %, положительные значения – правость, отрицательные – левость) показателей психомоторной координации у мальчиков. Обозначения – как на рис. 2

Fig. 3. Asymmetry (% , positive values – right, negative – left) data for psychomotor coordination in boys. Parameters as shown in Fig. 2

моторной асимметрии в сторону правшества ДЦД и ВИДС (табл. 3).

Обсуждение

Результаты сравнительного анализа эффективности выполнения моторных тестов одним из авторов исследования показали только сдвиги, ассоциированные с возрастом – снижение реактивности. Небольшой сдвиг в сторону большей эффективности правой руки может быть обусловлен её большей вовлеченностью в многолетнюю рутинную работу, в том числе на консоли компьютера. В любом случае, эти данные исключают влияние технической составляющей на выявленные сдвиги в показателях психомоторики подростков.

Улучшение скоростных показателей работы на приборе КИД при потере точности движений были описаны нами ранее у учащихся начальной школы с высоким уровнем компьютерной нагрузки [17], с максимальными проявлениями в весенних тестированиях. Стоит отметить, что в том исследовании уровень компьютерной нагрузки на сказалося на ПД. Также в весенних обследованиях в той же выборке младшеклассников описано снижение отношения ЛПЗ/ЛПС [18]. Видно, что перечисленные сдвиги показателей психомото-

рики в двух выборках совпадают не полностью, но не противоречат друг другу: как у подростков в 2020 году по сравнению с их сверстниками в 2004, так и у учащихся 4–5-х классов со сверхнормативной компьютерной нагрузкой при работе на приборе КИД весной обнаружены более быстрые, но менее точные двигательные навыки с лучшей реактивностью на звуковые стимулы. Различия по другим показателям могут быть обусловлены как онтогенетическими особенностями психомоторики у школьников разного возраста, так и различной степенью воздействия возмущающего фактора, в данном случае – разным уровнем компьютерной нагрузки, даже с учетом гигиенического нормирования. Стоит обратить внимание, что у учащихся младших классов изменения показателей психомоторики были не столь драматичны в абсолютных величинах, как у подростков. В данной работе уместно говорить не об изменении, а о коренной перестройке двигательных стереотипов при выполнении моторных задач.

Отдельно следует остановиться на показателях функциональной асимметрии. Известно, что латерализация функций головного мозга в значительной степени определяется генетическими факторами [19], но конечный результат может быть модифицирован под

Таблица 3
Table 3

Усреднённые персональные данные одного из авторов статьи в 2006–2011 и 2020 годах
Average personal data of one of the authors of the article in 2006–2011 and 2020

Показатели Parameter	2006–2011 (n = 8)		2020 (n = 5)	
	Me (Q1; Q3)	Асимметрия / Asymmetry	Me (Q1; Q3)	Асимметрия / Asymmetry
ДЦД / DMC	0,51 (0,48; 0,52)	2,22 (–2,03; 4,48)	0,54 (0,47; 0,61)	10,59 * (8,89; 12,28)
ВИДС / TMSC	1,14 (0,93; 0,64)	3,75 (–25,35; 7,30)	1,53 (0,98; 2,09)	76,83 * (60,00; 93,66)
ЛПС / LPL	0,176 (0,166; 0,180)	–0,09 (–7,14; 5,33)	0,184 * (0,182; 0,184)	–5,34 (–10,83; 1,85)
ЛПЗ / LPA	0,232 (0,175; 0,296)	–2,63 (–5,22; 1,52)	0,241 (0,232; 0,249)	–2,79 (–11,38; 5,78)
ЛПЗ/ЛПС / LPA/LPL	1,34 (1,02; 1,68)	–	1,31 (1,26; 1,36)	–
ОКФ / ECF	4,44 (3,64; 4,93)	30,29 (–9,74; 63,35)	5,60 (3,11; 8,09)	14,36 (–4,87; 33,14)
ОКЭ / ECE	4,73 (3,45; 5,64)	54,78 (–2,03; 88,87)	6,23 (5,37; 7,09)	14,17 (–5,34; 28,00)
ПД / SM	92,64 (89,39; 94,08)	1,18 (0,32; 7,78)	89,73 (89,64; 89,82)	10,47 (6,95; 13,99)

Примечание. Межгрупповые различия рассчитаны по критерию Манна – Уитни (U). Остальные обозначения – как для табл. 2.

влиянием средовых и эпигенетических факторов [20]. В частности, модулирующий эффект могут оказывать условия стресса – через изменения в работе нервной и гуморальной регуляции и по эпигенетическим механизмам [21]. У человека особое влияние на функциональную асимметрию мозга оказывает вторая сигнальная система, что особенно ярко манифестируется при переходе к систематическому школьному обучению, т. е. в начальной школе. Это проявляется в виде растущего предпочтения визуального поиска слева направо от дошкольников к второклассникам [22] и как увеличение правой латерализации лобно-теменной сети с возрастом во время выполнения задач зрительно-пространственной памяти и зрительно-пространственного поиска [23].

Ранее у учащихся начальной школы с высокой компьютерной нагрузкой мы выявили усиление левшества для ОКФ и правшества – для ВРС [24]. В данной работе у подростков были обнаружены сдвиги асимметрии точности работы флексоров – снижение степени правшества (приближение к обоерукости). Мы интерпретируем наши результаты как изменение у детей и подростков паттерна управления движениями рук под влиянием длительного и частого общения с разными вариантами консоли компьютера и гаджетов. Для тех, кто имеет значительный опыт работы с цифровыми технологиями, выполнение двигательной задачи на приборе КИД не представляет сложности, в отличие от детей в 2004 году, впервые встретившихся с подобной задачей. Соответственно, у детей с разным уровнем компьютерной нагрузки, и у подростков в 2004 и в 2020 годах могут быть разные паттерны активации структур мозга, соответствующие «новичкам» и «профессионалам» [25]. Обнаруженные сдвиги показателей функциональной асимметрии головного мозга соответствуют также клиническим данным

о преобладании правополушарной активности по моторным и когнитивным функциям у интернет-зависимых лиц [26] – у тех, кто проводит в цифровом мире существенную часть своей жизни, и об активации правого полушария у детей с возрастными нарушениями координации движений в динамике их нейро-реабилитации [27]. Важно также отметить, что общий характер сдвигов асимметрии свидетельствует о снижении степени латерализации моторной и сенсорной функций и приближении её оценки к обоерукости.

Поскольку измерения показателей психомоторики проведены в одной и той же местности, с отсутствием за интервал наблюдения (2004–2020 гг.) природных катаклизмов и социально-экономических потрясений, мы убеждены, что причину таких сдвигов следует искать в изменении социальной среды обитания, возможно, что в первую очередь – в её тотальной цифровизации. Мы полагаем, что изменения показателей психомоторики связаны с уходом от ручного письма к работе на разных вариантах консолей и формированием паттерна движений, акцентирующего более быстрое взаимодействие с компьютером.

Заключение

Результаты сравнительного анализа показателей психомоторной координации (при помощи инструментальных методов) у учащихся 8-х классов в 2004 и 2020 годах показали, что за оцениваемый период произошли радикальные изменения в способности 14–15-летних подростков выполнять руками незнакомые двигательные задачи. Движения стали более быстрыми, но менее точными и менее плавными. Кроме того, у них улучшились показатели реактивности на звуковые стимулы. Оценка асимметрии показателей выявила признаки активации правого полушария и снижения степени латерализации головного мозга в целом.

Список источников

1. Влияние технологий цифрового обучения на функциональные и психофизиологические ответы организма: анализ литературы / Д.З. Шибкова, П.А. Байгужин, А.Д. Герасёв, Р.И. Айзман // *Science for Education Today*. – 2021. Т. 11, № 3. С. 125–141. DOI: <http://doi.org/10.15293/2658-6762.2103.07>
2. Длительность использования мобильных электронных устройств как современный фактор риска здоровью детей, подростков и молодежи / И.Б. Ушаков, В.И. Попов, Н.А. Скоблина, С.В. Маркелова // *Экология человека*. 2021. № 7. С. 43–50. DOI: <http://doi.org/1033396/1728-0869-2021-7-43-50>

3. Каменская В.Г., Томанов Л.В. Динамика интеллектуальных функций российских дошкольников в период становления интернет-технологий / В.Г. Каменская, // Психология. Психофизиология. 2019. Т. 12, № 3. С. 56–63. DOI: <http://doi.org/10.14529/jpps190305>
4. Обзор исследований, посвященных изучению взаимосвязи использования цифровых устройств и развития когнитивной сферы у дошкольников / Д.А. Бухаленкова, Е.А. Чичина, А.В. Чурсина, А.Н. Веракса // Science for Education Today. 2021. Т. 11, № 3. С. 7–25. DOI: <http://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.04>
5. Association Between Sitting, Screen Time, Fitness Domains, and Fundamental Motor Skills in Children Aged 5-16 Years: Cross-Sectional Population Study / L.L. Hardy, D. Ding, L.R. Peralta [et al.] // Journal of Physical Activity and Health. 2018. Vol. 15(12). P. 933–940. DOI: <http://doi.org/10.1123/jpah.2017-0620>
6. Sedentary behavior and motor competence in children and adolescents: a review / G.D. Santos, P.H. Guerra, S.A. Milani [et al.] // Revista de Saúde Pública. 2021. Vol. 55. P. 57. DOI: <http://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055002917>
7. A critical evaluation of systematic reviews assessing the effect of chronic physical activity on academic achievement, cognition and the brain in children and adolescents: a systematic review / T.M. Wassenaar, W. Williamson, H. Johansen-Berg [et al.] // International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. 2020. Vol. 17(1). P. 79. DOI: <http://doi.org/10.1186/s12966-020-00959-y>
8. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review / J.E. Donnelly, C.H. Hillman, D. Castelli [et al.] // Medicine & Science in Sports & Exercise. 2016. Vol. 48(6). P. 1197–1222. DOI: <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
9. Do Physical Fitness and Executive Function Mediate the Relationship between Physical Activity and Academic Achievement? An Examination Using Structural Equation Modelling / A. Muntaner-Mas., E. Mazzoli, G. Abbott [et al.] // Children (Basel). 2022. Vol. 9(6). P. 823. DOI: <http://doi.org/10.3390/children9060823>
10. Diamond A. Executive functions // Annual Review of Psychology. 2013. Vol. 64. P. 135–168. DOI: <http://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
11. Is Sedentary Behavior Associated With Executive Function in Children and Adolescents? A Systematic Review / S. Li, J. Guo, K. Zheng [et al.] // Frontiers in Public Health. 2022. Vol. 10. Art. no. 832845. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpubh.2022.832845>
12. Байгужин П.А., Шибкова Д.З., Айзман Р.И. Факторы, влияющие на психофизиологические процессы восприятия информации в условиях информатизации образовательной среды // Science for Education Today. 2019, № 5. С. 58–70. DOI: <http://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.04>
13. Motor Skills and Exercise Capacity Are Associated with Objective Measures of Cognitive Functions and Academic Performance in Preadolescent Children / S.S. Geertsen, R. Thomas, M.N. Larsen, I. [et al.] // PLoS One. 2016. Vol. 11, № 8. Art. no. e0161960. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0161960>
14. Relationships Between Motor Proficiency and Academic Performance in Mathematics and Reading in School-Aged Children and Adolescents: A Systematic Review / K. Macdonald, N. Milne, R. Orr [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2018. Vol. 15, № 8. P. 1603. DOI: <http://doi.org/10.3390/ijerph15081603>
15. When kinesthetic information is neglected in learning a Novel bimanual rhythmic coordination / Q. Zhu, T. Mirich, S. Huang [et al.] // Attention, Perception, & Psychophysics. 2017. Vol. 79 (6). P. 1830–1840. DOI: <http://doi.org/10.3758/s13414-017-1336-3>
16. Chiou S.C., Chang E.C. Bimanual Coordination Learning with Different Augmented Feedback Modalities and Information Types // PLoS One. 2016. Vol. 11 (2). Art. no. e0149221. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0149221>
17. Точностные и скоростные показатели работы руками у младших школьников с разным уровнем компьютерной нагрузки / Н.Б. Панкова, И.Б. Алчинова, О.И. Ковалева, М.А. Лебедева, Н.Н. Хлебникова, А.Б. Черепов, Л.А. Носкин, М.Ю. Карганов // Science for Education Today. 2021. Т. 11, № 3. С. 142–160. DOI: <http://doi.org/10.15293/2658-6762>

18. Влияние разных объёмов компьютерной нагрузки на латентные периоды простой сенсомоторной реакции у младших школьников / Н.Б. Панкова, М.А. Лебедева, Л.А. Носкин, Н.Н. Хлебникова, М.Ю. Карганов // Психология. Психофизиология. 2020. Т. 13, № 2. С. 112–122. DOI: <http://doi.org/10.14529/jpps200210>

19. McManus C. Half a century of handedness research: Myths, truths; fictions, facts; backwards, but mostly forwards // Brain and Neuroscience Advances. 2019. № 3. Art. no. e2398212818820513. DOI: <http://doi.org/10.1177/2398212818820513>

20. Human Lateralization, Maternal Effects and Neurodevelopmental Disorders / G. Malatesta, D. Marzoli, G. Prete [et al.] // Frontiers in Behavioral Neuroscience. 2021. Vol. 15. Art. no. e668520. DOI: <http://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.668520>

21. O'Connor D.B., Thayer J.F., Vedhara K. Stress and Health: A Review of Psychobiological Processes // Annual Review of Psychology. 2021. Vol. 72. P. 663–688. DOI: <http://doi.org/10.1146/annurev-psych-062520-122331>

22. The effects of hemispheric dominance, literacy acquisition, and handedness on the development of visuospatial attention: A study in preschoolers and second graders / L. Rinaldi, S. Di Luca, C. Toneatto [et al.] // Journal of Experimental Child Psychology. 2020. Vol. 195. Art. no. e104830. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104830>

23. Development of handedness, anatomical and functional brain lateralization / N. Tzourio-Mazoyer, L. Zago, H. Cochet [et al.] // Handbook of Clinical Neurology. 2020. Vol. 173. P. 99–105. DOI: <http://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00011-3>

24. Влияние компьютерной нагрузки на моторную асимметрию при выполнении двигательных тестов у младших школьников / Н.Б. Панкова, М.А. Лебедева, Л.А. Носкин, Н.Н. Хлебникова, М.Ю. Карганов // Психология. Психофизиология. 2021. Т. 14, № 4. С. 144–155. DOI: <http://doi.org/10.14529/jpps210413>

25. Use of neuroimaging to measure neurocognitive engagement in health professions education: a scoping review / S. Toy, D.D. Huh, J. Materi [et al.] // Medical Education Online. 2022. Vol. 27(1). P. 2016357. DOI: <http://doi.org/10.1080/10872981.2021.2016357>

26. Рабаданова А.И., Черкесова Д.У., Ашурбекова М.И. Особенности функциональной асимметрии при формировании интернет-зависимости // Успехи современной науки и образования. 2017. Т. 2, № 3. С. 96–100.

27. Neural Basis and Motor Imagery Intervention Methodology Based on Neuroimaging Studies in Children With Developmental Coordination Disorders: A Review / K. Irie, A. Matsumoto, S. Zhao [et al.] // Frontiers in Human Neuroscience. 2021. Vol. 15. № 620599. DOI: <http://doi.org/10.3389/fnhum.2021.620599>

Поступила 09.09.2022; одобрена после рецензирования 12.10.2022; принята к публикации 20.10.2022.

Информация об авторах:

Панкова Наталия Борисовна, доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии (Россия, 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3582-817X>, e-mail: nbpankova@gmail.com

Карганов Михаил Юрьевич, доктор биологических наук, профессор, и.о. заведующего лабораторией физико-химической и экологической патофизиологии, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии (Россия, 125315, г. Москва, ул. Балтийская, д. 8), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5862-8090>, e-mail: mkarganov@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Панкова Н.Б. – разработка концепции и дизайна исследования; сбор, анализ и интерпретация данных; написание первоначального текста статьи.

Карганов М.Ю. – научное руководство; разработка концепции и дизайна исследования; анализ и интерпретация данных; редактирование окончательной версии статьи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Shibkova D.Z., Baiguzhin P.A., Gerasov A.D., Aizman R.I. The impact of digital learning technologies on functional and psychophysiological responses of the organism: An analytical literature review. *Science for Education Today*. 2021;11(3):125–141. (in Russ.). DOI: <http://doi.org/10.15293/2658-6762.2103.07>
2. Ushakov I.B., Popov V.I., Skoblina N.A., Markelova S.V. Duration of the Use of Mobile Electronic Devices as a Risk Factor for Health of Children, Adolescents and Youth. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2021;7:43–50. (in Russ.). DOI: <http://doi.org/1033396/1728-0869-2021-7-43-50>
3. Kamenskaya V.G., Tomanov L.V. The dynamics of intellectual functions in Russian preschoolers during the emergence of Internet technologies. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya = Psychology. Psychophysiology*. 2019;12(3):56–63. (in Russ.). DOI: <http://doi.org/10.14529/jpps190305>
4. Bukhalenkova D.A., Chichinina E.A., Chursina A.V., Veraksa A.N. The relationship between the use of digital devices and cognitive development in preschool children: Evidence from scholarly literature. *Science for Education Today*. 2021;11(3):7–25. (in Russ.). DOI: <http://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.04>
5. Hardy L.L., Ding D., L.R. Peralta et al. Association Between Sitting, Screen Time, Fitness Domains, and Fundamental Motor Skills in Children Aged 5-16 Years: Cross-Sectional Population Study. *Journal of Physical Activity and Health*. 2018;15(12):933–940. DOI: <http://doi.org/10.1123/jpah.2017-0620>
6. Santos G.D., Guerra P.H., Milani S.A. et al. Sedentary behavior and motor competence in children and adolescents: a review. *Revista de Saúde Pública*. 2021;55:57. DOI: <http://doi.org/10.11606/s1518-8787.2021055002917>
7. Wassenaar T.M., Williamson W., Johansen-Berg H. et al. A critical evaluation of systematic reviews assessing the effect of chronic physical activity on academic achievement, cognition and the brain in children and adolescents: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2020;17(1):79. DOI: <http://doi.org/10.1186/s12966-020-00959-y>
8. Donnelly J.E., Hillman C.H., Castelli D. et al. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2016;48(6):1197–1222. DOI: <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
9. Muntaner-Mas A., Mazzoli E., Abbott G. et al. Do Physical Fitness and Executive Function Mediate the Relationship between Physical Activity and Academic Achievement? An Examination Using Structural Equation Modelling. *Children (Basel)*. 2022;9(6):823. DOI: <http://doi.org/10.3390/children9060823>
10. Diamond A. Executive functions. *Annual Review of Psychology*. 2013;64:135–168. DOI: <http://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
11. Li S., Guo J., Zheng K. et al. Is Sedentary Behavior Associated With Executive Function in Children and Adolescents? A Systematic Review. *Frontiers in Public Health*. 2022;10:832845. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpubh.2022.832845>
12. Baiguzhin P.A., Shibkova D.Z., Aizman R.I. Factors affecting the psychophysiological processes of perception of information in the conditions of informatization of the educational environment. *Science for Education Today*. 2019;5:58–70. (in Russ.). DOI: <http://doi.org/10.15293/2658-6762.1905.04>
13. Geertsen S.S., Thomas R., Larsen M.N. et al. Motor Skills and Exercise Capacity Are Associated with Objective Measures of Cognitive Functions and Academic Performance in Preadolescent Children. *PLoS One*. 2016;11(8):e0161960. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0161960>
14. Macdonald K., Milne N., Orr R. et al. Relationships Between Motor Proficiency and Academic Performance in Mathematics and Reading in School-Aged Children and Adolescents: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(8):1603. DOI: <http://doi.org/10.3390/ijerph15081603>
15. Zhu Q., Mirich T., Huang S. et al. When kinesthetic information is neglected in learning a Novel bimanual rhythmic coordination. *Attention, Perception, & Psychophysics*. 2017;79 (6):1830–1840. DOI: <http://doi.org/10.3758/s13414-017-1336-3>
16. Chiou S.C., Chang E.C. Bimanual Coordination Learning with Different Augmented Feedback Modalities and Information Types. *PLoS One*. 2016;11(2):e0149221. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0149221>

17. Pankova N.B., Alchinova I.B., Kovaleva O.I., Lebedeva M.A., Khlebnikova N.N., Cherepov A.B., Noskin L.A., Karganov M.Yu. Accuracy and speed of hand control in primary schoolchildren with different screen time. *Science for Education Today*. 2021;11(3):142–160. (in Russ.). DOI: <http://doi.org/10.15293/2658-6762>

18. Pankova N.B., Lebedeva M.A., Noskin L.A., Khlebnikova N.N., Karganov M.Yu. The Effect of Different Volumes of Computer Load on the Latent Periods of a Simple Sensorimotor Reaction in Primary Schoolchildren. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya = Psychology. Psychophysiology*. 2020;13(2):112–122. (in Russ.). DOI: <http://doi.org/10.14529/jpps200210>

19. McManus C. Half a century of handedness research: Myths, truths; fictions, facts; backwards, but mostly forwards. *Brain and Neuroscience Advances*. 2019;3:e2398212818820513. DOI: <http://doi.org/10.1177/2398212818820513>

20. Malatesta G., Marzoli D., Prete G. et al. Human Lateralization, Maternal Effects and Neurodevelopmental Disorders. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2021;15:e668520. DOI: <http://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.668520>

21. O'Connor D.B., Thayer J.F., Vedhara K. Stress and Health: A Review of Psychobiological Processes. *Annual Review of Psychology*. 2021;72:663–688. DOI: <http://doi.org/10.1146/annurev-psych-062520-122331>

22. Rinaldi L., Di Luca S., Toneatto C. et al. The effects of hemispheric dominance, literacy acquisition, and handedness on the development of visuospatial attention: A study in preschoolers and second graders. *Journal of Experimental Child Psychology*. 2020;195:e104830. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104830>

23. Tzourio-Mazoyer N., Zago L., Cochet H. et al. Development of handedness, anatomical and functional brain lateralization. *Handbook of Clinical Neurology*. 2020;173:99–105. DOI: <http://doi.org/10.1016/B978-0-444-64150-2.00011-3>

24. Pankova N.B., Alchinova I.B., Khlebnikova N.N., Noskin L.A., Karganov M.Yu. Effects of Screen Time on Motor Asymmetry in Primary Schoolchildren. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya = Psychology. Psychophysiology*. 2021;14(4):144–155. (in Russ.). DOI: <http://doi.org/10.14529/jpps210413>

25. Toy S., Huh D.D., Materi J. et al. Use of neuroimaging to measure neurocognitive engagement in health professions education: a scoping review. *Medical Education Online*. 2022;27(1):2016357. DOI: <http://doi.org/10.1080/10872981.2021.2016357>

26. Rabadanova A.I., Cherksova D.U., Ashurbekova M.I. Functional asymmetry features in the formation of Internet-addiction. *Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya = Successes of Modern Science and Education*. 2017;2(3):96–100.

27. Irie K., Matsumoto A., Zhao S. et al. Neural Basis and Motor Imagery Intervention Methodology Based on Neuroimaging Studies in Children With Developmental Coordination Disorders: A Review. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2021;15:620599. DOI: <http://doi.org/10.3389/fnhum.2021.620599>

Submitted 09.09.2022; approved after reviewing 12.10.2022; accepted for publication 20.10.2022.

About the authors:

Natalia B. Pankova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Physico-Chemical and Environmental Pathophysiology, Research Institute of General Pathology and Pathophysiology (8 Baltiyskaya Str., Moscow, 125315, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3582-817X>, e-mail: nbpankova@gmail.com

Mikhail Yu. Karganov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Acting Head of the Laboratory of Physico-Chemical and Environmental Pathophysiology, Research Institute of General Pathology and Pathophysiology (8 Baltiyskaya Str., Moscow, 125315, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5862-8090>, e-mail: mkarganov@mail.ru

Contribution of the authors:

N.B. Pankova – conception and design of the work; the acquisition, analysis, and interpretation of data for the work; drafting the work.

M.Yu. Karganov – scientific management; conception and design of the work; analysis, and interpretation of data for the work; final approval of the version to be published.

All authors have read and approved the final manuscript.