



© Н. Б. Панкова, И. Б. Алчинова, О. И. Ковалёва, М. А. Лебедева,  
Н. Н. Хлебникова, А. Б. Черепов, Л. А. Носкин, М. Ю. Карганов

DOI: [10.15293/2658-6762.2103.08](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2103.08)

УДК 612.821.1+371

## Зависимость точностных и скоростных показателей психомоторной координации при работе руками у младших школьников от уровня компьютерной нагрузки

Н. Б. Панкова, И. Б. Алчинова, О. И. Ковалёва, М. А. Лебедева,  
Н. Н. Хлебникова, А. Б. Черепов (Москва, Россия),  
Л. А. Носкин (Санкт-Петербург, Россия), М. Ю. Карганов (Москва, Россия)

**Проблема и цель.** Внедряемые в последние годы в систему образования средства и методы компьютеризированного обучения изменяют отношение к письму ручкой – дети все чаще работают с клавиатурой. Это актуализирует исследования по выявлению возможного влияния такого вида учебной деятельности на показатели психомоторики. Целью данного исследования является изучение точностных и скоростных показателей психомоторной координации при работе руками у учащихся начальной школы в зависимости от уровня компьютерной нагрузки.

**Методология.** Проведено обследование 4205 учащихся 1–4 классов из 66 образовательных организаций г. Москвы (5 учебных лет, тестирования в октябре и марте-апреле; все выборки были независимыми). Оценивались показатели психомоторной координации (скорость, точность и плавность движений) при выполнении двигательного теста на приборе «компьютерный измеритель движений» (КИД). Объем урочной и внешкольной компьютерной нагрузки оценивали учителя, на основании требований СанПиН: 0 баллов – нет нагрузки, 1 балл – соответствие требованиям СанПиН, 2 балла – двукратное превышение требований, 3 балла – превышение требований в 3 и более раза. Статистическую обработку данных проводили с использованием непараметрических критериев.

---

*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»*

**Панкова Наталия Борисовна** – доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии.

E-mail: [nbpankova@gmail.com](mailto:nbpankova@gmail.com)

**Алчинова Ирина Борисовна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии.

E-mail: [alchinovairina@yandex.ru](mailto:alchinovairina@yandex.ru)

**Ковалёва Ольга Игоревна** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник научно-аналитического отдела, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии.

E-mail: [oikx@yandex.ru](mailto:oikx@yandex.ru)



**Результаты.** Обнаружено, что у учащихся начальной школы существует связь между общим (школьным и внешкольным) уровнем компьютерной нагрузки и показателями психомоторной координации. Наиболее явные различия в показателях психомоторики обнаружены в самом начале школьного обучения – в октябре, в 1 классе: у детей с минимальным уровнем компьютерной нагрузки показатели скорости и точности были наихудшими. Скоростные показатели психомоторики в группах детей (особенно мальчиков) с высокой компьютерной нагрузкой имеют сезонную вариабельность в виде улучшения к концу учебного года. Точностные показатели психомоторики, наоборот, при повышении уровня общей компьютерной нагрузки теряют вариабельность и снижаются. Плавность движений от уровня компьютерной нагрузки не зависела.

**Заключение.** Выявленные изменения в психомоторике у учащихся начальной школы при активном использовании компьютеров можно рассматривать как позитивный адаптивный ответ в виде формирования новых двигательных навыков.

**Ключевые слова:** мониторинг здоровья школьников; психомоторная координация; скорость движений; точность движений; плавность движений; учащиеся начальных классов; компьютерная нагрузка; гигиенические нормативы.

### Постановка проблемы

Долгие годы, даже столетия, одним из ведущих видов учебной деятельности в начальной школе является обучение письму [3]. Само по

себе письмо (пером, карандашом, ручкой) – это классический пример мелкой моторики. С одной стороны, уровень развития мелкой моторики считается важным показателем интеллектуальной готовности к школьному

**Лебедева Марина Андреевна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии.

E-mail: [ma\\_lebedeva@mail.ru](mailto:ma_lebedeva@mail.ru)

**Хлебникова Надежда Николаевна** – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории общей патологии нервной системы, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии.

E-mail: [nanikh@yandex.ru](mailto:nanikh@yandex.ru)

**Черепов Антон Борисович** – научный сотрудник лаборатории физико-химической и экологической патофизиологии, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии.

E-mail: [ipmagus@mail.ru](mailto:ipmagus@mail.ru)

**Носкин Леонид Алексеевич** – доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией медицинской биофизики, Петербургский институт ядерной физики имени Б. П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

E-mail: [lanoskin42@mail.ru](mailto:lanoskin42@mail.ru)

**Карганов Михаил Юрьевич** – доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией физико-химической и экологической патофизиологии, Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии.

E-mail: [mkarganov@mail.ru](mailto:mkarganov@mail.ru)

обучению<sup>1</sup>. С другой стороны, до 95 % отечественных педагогов уверены в том, что дальнейшее развитие мелкой моторики у школьников способствует их речевому развитию: развивает речь как средство общения и повышает грамотность [4]. Эта уверенность подтверждается данными последних лет о взаимосвязи уровня развития мелкой моторики с академической успеваемостью не только по предметам, связанным с лингвистикой [15; 18; 23; 25], но и с успехами в математике [14; 16; 17; 19; 21; 24]. Выяснено, что показатели психомоторной координации в работе руками связаны с общей грамотностью и уровнем сформированности общих академических компетенций [15], коррелируют с объемом рабочей и эпизодической памяти, способностью удерживать внимание и с высокой скоростью обработки информации [18]. Формирование зрительно-пространственных связей при реализации мелкой ручной моторики стимулирует математическое развитие еще до начала формального школьного образования [17; 19], но продолжает вносить свой развивающий вклад и в подростковом возрасте [21].

Вместе с тем обнаружены значимые положительные связи между успеваемостью и компонентами не только мелкой, но и общей моторики, в частности скоростью и точностью движений, ловкостью, особенно координацией верхних конечностей [24]. В целом появление в процессе индивидуального развития ребенка новых моторных навыков изменяет его восприятие предметов и людей таким образом, что это становится актуальным как для общего коммуникативного развития, так и для овладения языком [20]. Развитие моторики открывает новые возможности для познания

мира, а развивающиеся моторные навыки могут спровоцировать каскады изменений в развитии в перцептивной, когнитивной и социальной сферах [13]. Именно поэтому оценка различных показателей психомоторной координации детей относится к обязательным компонентам мониторинга здоровья обучающихся и здоровьесберегающей деятельности образовательных организаций [1; 9].

Внедряемые в последние годы в систему образования средства и методы компьютеризованного обучения не только предъявляют новые требования к психофизиологическим качествам обучающихся [2], но и изменяют отношение к письму ручкой – дети все чаще работают с клавиатурой. Это актуализирует исследования по выявлению возможного влияния такого вида учебной деятельности на показатели психомоторики.

Целью данного исследования является изучение точностных и скоростных показателей психомоторной координации при работе руками у учащихся начальной школы в зависимости от уровня компьютерной нагрузки.

### Методология исследования

В исследовании использованы данные, полученные в образовательных организациях Москвы в рамках программы «Здоровье школьника» Департамента образования города Москвы (2006–2011 гг.). Все исследования, в соответствии со статьями 5, 6 и 7 «Всеобщей декларации о биоэтике и правах человека», проводились только с согласия учащихся и их родителей (или законных представителей). Соответствие протокола исследования международным (включая Хельсинкскую декларацию в редакции 2013 г.) и российским законам о правовых и этических принципах

<sup>1</sup> Ружникова И. Г. Развитие крупной и мелкой моторики в процессе подготовки детей к обучению в школе // Детский сад: теория и практика. – 2014. –

научных исследований с участием человека было подтверждено решением Комитета по этике Института общей патологии и патофизиологии (протокол № 1 от 22.01.2019 г.).

Объем школьной компьютерной нагрузки оценивали учителя на основании требований СанПиН<sup>2</sup>, действовавших во время проведения исследований: 0 баллов – нет нагрузки, 1 балл – соответствие требованиям СанПиН (15 мин. в день, только на одном уроке), 2 балла – двукратное превышение требований, 3 балла – превышение требований в 3 и более раза. Внешкольные компьютерные нагрузки также оценивали учителя на основании анкетирования родителей по тому же принципу: 0 – нет нагрузки, 1 – до 1 часа в неделю (соответствие требованиям СанПиН), 2 – 1–2 часа в неделю, 3 – 3 часа и более.

Обследования проводили дважды в год (октябрь – точка тестирования «осень»; март-апрель – точка тестирования «весна») в 66 различных образовательных организациях. Всего в исследование включены данные по 4205 учащимся 1–4 классов, из них 2677 девочек и 1528 мальчиков. Все выборки были независимыми.

Проведенный нами ранее анализ латентных периодов простой сенсомоторной реакции на стимулы разной модальности в этой же выборке детей [11] показал, что параметры психомоторной координации коррелируют с уровнем суммарной (школьной и внешкольной) компьютерной нагрузки. Поэтому мы сформировали группы именно по такому принципу: 0–1 балла суммарной компьютерной нагрузки (0–1), 2 балла (2), 3 балла (3), 4 и более баллов (4+) (см. табл.).

Таблица

**Число детей в группах с разным уровнем суммарной компьютерной нагрузки  
(указана в баллах в заголовки столбцов)**

Table

**The number of children in groups with different levels of total screen time  
(given in points in the column headings)**

Точки тестирования	Девочки					Мальчики				
	0–1	2	3	4+	всего	0–1	2	3	4+	всего
1-осень	93	245	212	4	554	78	228	222	10	538
1-весна	50	212	106	2	370	50	197	99	4	350
2-осень	38	97	66	13	214	13	43	35	6	97
2-весна	28	32	40	8	108	25	35	29	5	94
3-осень	76	134	122	17	349	12	63	75	18	167
3-весна	115	149	87	13	364	25	34	45	10	114
4-осень	82	118	171	15	386	5	28	71	14	117
4-весна	83	113	126	10	332	13	11	23	4	51

<sup>2</sup> Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 3 июня 2003 г. № 118 «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нор-

мативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03» (с изменениями и дополнениями). URL: <https://docs.cntd.ru/document/901865498?marker=6520IM>

Однако в данном исследовании различий между двумя последними группами выявлено не было, поэтому для дальнейшего анализа малочисленная группа 4+ была объединена с группой 3 в группу 3+.

Показатели психомоторной координации оценивались при выполнении двигательного теста на приборе УПДМ-1 (или КИД – «компьютерный измеритель движений»; производитель – ООО «ИНТОКС», г. Санкт-Петербург). 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 2.4.8.002-01<sup>3</sup>.

Прибор КИД представляет собой платформу  $40 \times 60$  см, на которой расположен рычаг (рис. 1). На одном конце платформы располагается вертикальная ось для крепления рычага, на другом конце – приподнятая дуга с двумя парами светодиодов-маркеров. Свободный конец рычага почти дотягивается до дуги (но не касается ее), и поворачивается в горизонтальной плоскости вдоль нее. На конце рычага находится курсор, вершина которого располагается на уровне светодиодов. Угловое расстояние между внешней парой светодиодов составляет  $50^\circ$ , между внутренней –  $25^\circ$ . Во время тестирования испытуемый кладет свой локоть на закрепленный конец рычага и работает рукой только в локтевом суставе, перемещая свободный конец рычага с курсором.



**Рис. 1.** Внешний вид прибора КИД («компьютерный измеритель движений»), его основные компоненты и положение руки во время тестирования

**Fig. 1.** Appearance of the computer movement meter (CMM) device, its basic elements and hand position during CMM testing

Двигательная задача для оценки скоростных и точностных показателей психомоторной координации заключается в следующем: испытуемому предлагают двигать рычаг

между двумя светящимися светодиодами с максимальной скоростью и с максимальной точностью. При этом сначала светится крайняя пара светодиодов, затем средняя и снова

<sup>3</sup> Сборник нормативно-методических документов по оценке влияния образовательных технологий на здоровье детей и подростков: учеб. пособие. – М.: Изд-во МИОО, 2010. – 160 с.



крайняя пара. Длительность теста 30 с, тест выполняется обеими руками по очереди. В данном исследовании мы использовали средние величины показателей левой и правой руки, не учитывая моторную асимметрию.

При выполнении двигательной задачи оценивают следующие параметры движений (рис. 2):

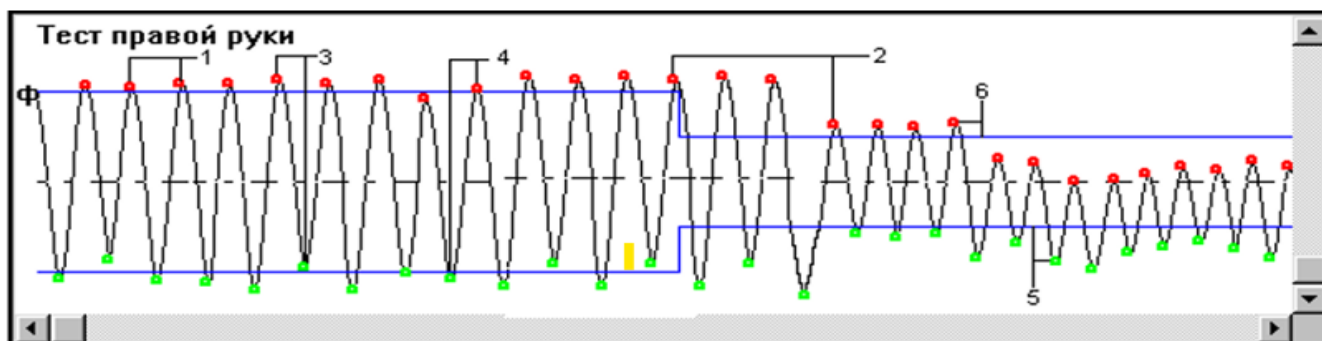
- длительность цикла движения (ДЦД, с), определяемая индивидуальным балансом между максимально возможной для данного испытуемого скоростью движения рычага и максимально возможной точностью выбора точки перемены направления движения;

- время изменения двигательного стереотипа (ВИДС, с) – время, необходимое для достижения требуемой точности движения в новом амплитудном режиме; определяется как период после смены светящейся пары светодиодов, в течение которого величина максимального отклонения курсора от светящегося

маркера перестанет превышать предел точности исполнения движений, полученный в предшествующем режиме деятельности;

- ошибка сенсорной коррекции условных флекторов (ОКФ, %) и условных экстензоров (ОКЭ, %); оценивается по величине «промахов» курсора в точках перемены направления движения и рассчитывается как средняя величина отклонений от границ требуемого диапазона движения, отнесенная к общей амплитуде перемещений рычага за весь цикл; группы мышц определены условно, так как в реализации движения присутствуют не только элементы приведения (флексии) и отведения (экстензии) рук, но и их вращения;

- плавность движения (ПД, %); оценивается на основе соотношения гармоник спектра Фурье как доля основной гармоники в процентах (чем больше доля основной частоты, тем выше плавность движения).



**Рис. 2.** Кинематограмма двигательного задания на приборе КИД и измеряемые параметры движений

**Fig. 2.** Cinematogram of the motor task on the CMM device and the measured parameters of the movements

**Прим.:** 1 – ДЦД, 2 – ВИДС, 3 – время реализации условной флексии, 4 – время реализации условной экстензии, 5 – ОКФ, 6 – ОКЭ; синими линиями отмечены границы требуемого диапазона движений

**Note:** 1 – duration of the movement cycle (DCP, s), 2 – time of movement stereotype change (TMSC, s), 3 – implementation time of the conditional flexion, 4 – implementation time of the conditional extension, 5 – error of sensory correction of conditional flexors (ECF, %), 6 – error of sensory correction of conditional extensors (ECE, %); the blue lines mark the boundaries of the required range of motion

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета Statistica 7.0. По результатам проверки выборок на нор-

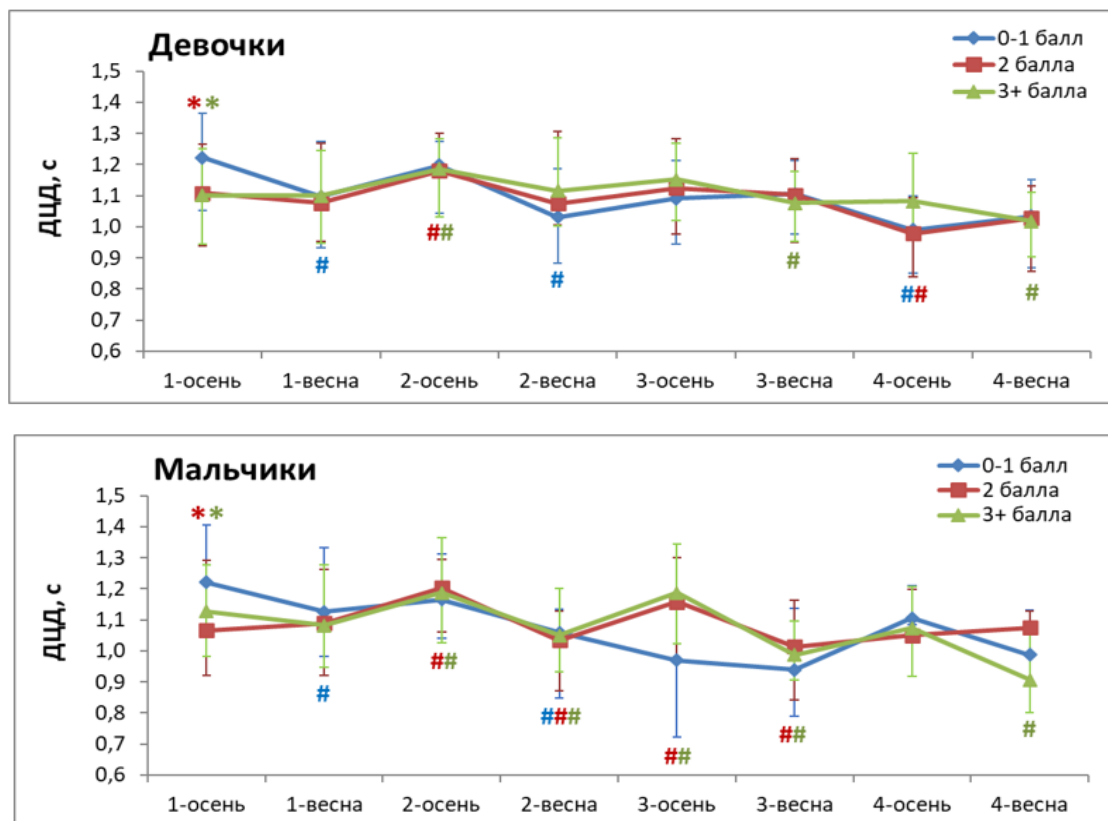
мальность распределения по алгоритму Шапиро–Уилка межгрупповые различия оценивали с использованием непараметрического

U-критерия Манна–Уитни. Данные на рисунках представлены в виде медианы и межквартильного размаха.

### Результаты исследования

Поскольку были выявлены статистически значимые различия между показателями

девочек и мальчиков, результаты для них проанализированы и представлены отдельно, как и ранее [11]. Анализ величин ДЦД, обычно интерпретируемых как скоростные показатели психомоторной координации, показал следующее (рис. 3):



**Рис. 3.** Длительность цикла движения (ДЦД) у учащихся с разным уровнем суммарной компьютерной нагрузки  
**Fig. 3.** Duration of the movement cycle (DCP) in primary schoolchildren with different levels of total (lessons and out-of-school) screen time

**Прим.:** вверху – среди девочек, внизу – среди мальчиков. По горизонтальной оси указаны сроки тестирования, цифрами обозначен класс. Статистически значимые отличия от предыдущей точки тестирования обозначены значком «#» соответствующего цвета. Статистически значимые отличия от других групп на той же точке тестирования обозначены звездочкой соответствующего цвета

**Note:** top – among girls, below – among boys. The horizontal axis indicates the testing time; the numbers indicate the class. Statistically significant differences from the previous test point are indicated by the “#” mark of the corresponding color. Statistically significant differences from other groups at the same testing point are indicated by an asterisk of the corresponding color

– межгрупповые различия между детьми с разным уровнем компьютерной нагрузки обнаружены только в самом начале школьного обучения, в точке тестирования «1–осень»;

как у девочек, так и у мальчиков более высокие величины ДЦД были в группах 0–1;

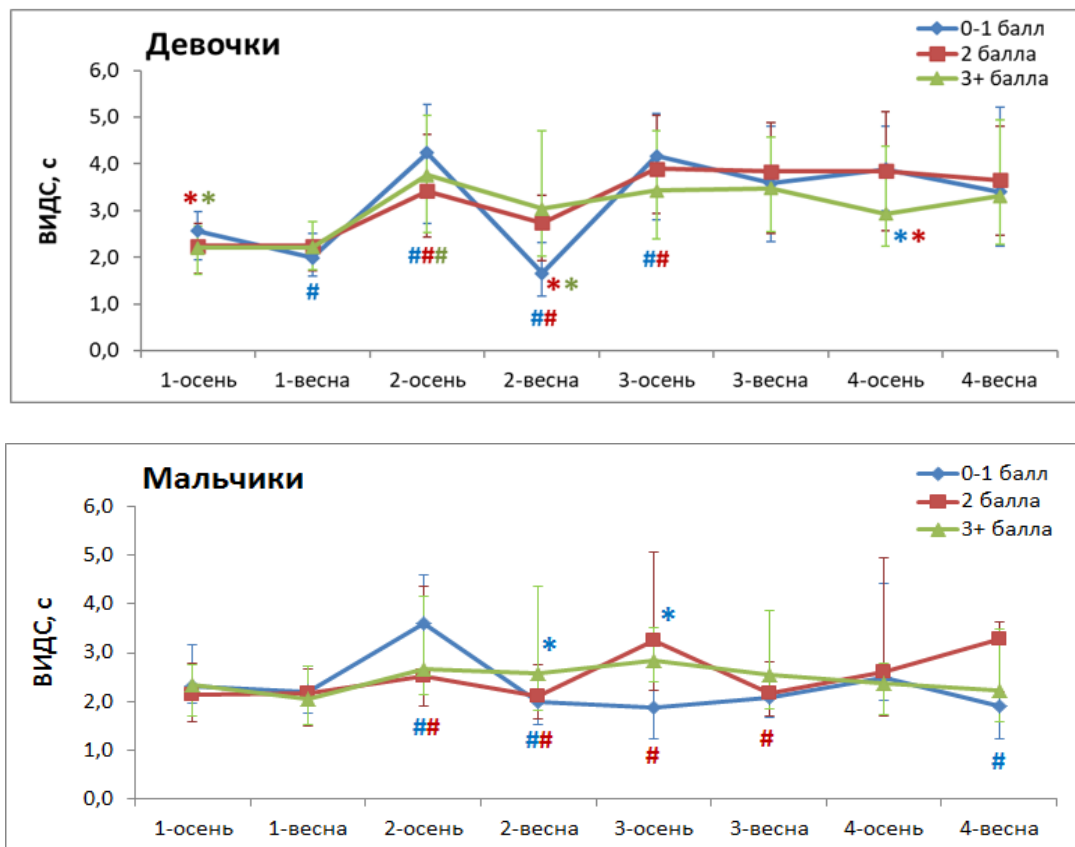
– у мальчиков отмечена сезонная вариабельность показателя в виде более низких величин ДЦД в весенних тестированиях, причем

в группе 0–1 она прослеживается в 1–2 классах, в группе 3+ – до конца исследования, динамика ДЦД в группе 2 ближе к таковой в группе 3+;

– у девочек аналогичная сезонная вариабельность прослеживается только в группе 3+,

а в 4 классе в группах 0–1 и 2 более низкие показатели отмечены, наоборот, осенью.

Показатель ВИДС обычно рассматривается как отражение внимания – насколько быстро ребенок замечает смену пары светящихся светодиодов. При анализе данного показателя мы обнаружили (рис. 4):



**Рис. 4.** Время изменения двигательного стереотипа (ВИДС) у учащихся с разным уровнем суммарной компьютерной нагрузки

**Fig. 4.** Time of movement stereotype change (TMSC) in primary schoolchildren with different levels of total (lessons and out-of-school) screen time; designations

**Прим.:** обозначения – как на рис. 3

**Note:** as in Fig. 3

– у девочек в группе 0–1 были самые высокие величины ВИДС в начале обучения в школе (точка «1-осень»), и наоборот, самые низкие – в конце 2 класса (точка «2-весна»); в начале 4 класса самые низкие величины ВИДС были уже в группе 3+;

– у мальчиков различия обнаружены между группами 0–1 и 3+ в точке «2-весна» и между 0–1 и 2 в точке «3-осень»;

– сезонная вариабельность величины ВИДС наблюдалась у девочек в группах 0–1 и 2 в 1–3 классах в виде более высоких величин показателя в начале учебного года и отсут-



ствовала в группе 3+; у мальчиков аналогичная вариабельность была в группе 0–1 во 2 классе, в группе 2 – в 3 классе и также отсутствовала в группе 3+.

ОКФ и ОКЭ относятся к точностным показателям психомоторной координации. При анализе ОКФ мы выявили (рис. 5):

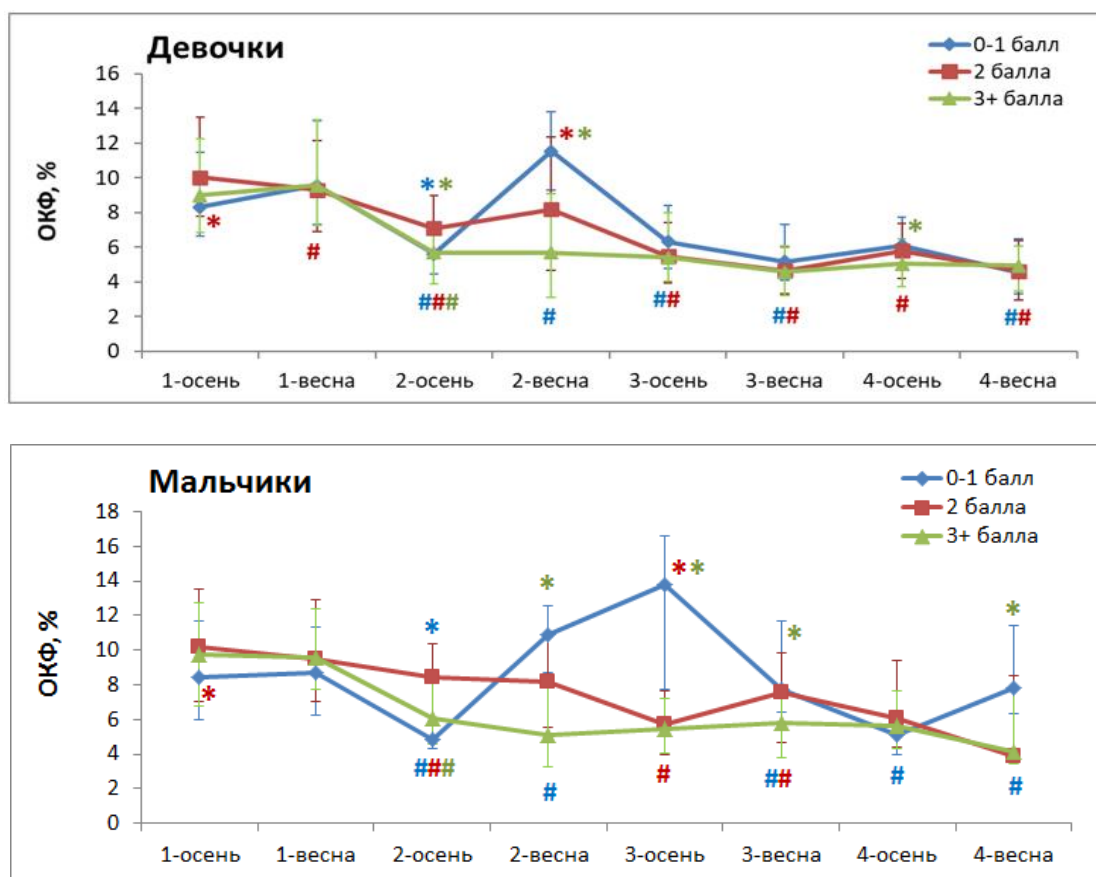
– и у девочек, и у мальчиков в начале 1 класса ОКФ в группе 2 была выше, чем в группе 0–1;

– и у девочек, и у мальчиков во всех группах отмечено значимое улучшение точности работы условных флексов (снижение ОКФ) в

начале 2 класса (точка «2-осень») по сравнению с предыдущей точкой тестирования;

– на последующих точках тестирований и у девочек, и у мальчиков в группах 0–1 и 2 выявлены флуктуации данного показателя, но без привязки к сезонности;

– в группах 3+ и у девочек, и у мальчиков вариабельность ОКФ после точки «2-осень» отсутствовала, величины показателя в этой группе были самыми низкими, в ряде случаев межгрупповые различия достигали уровня статистической значимости.



**Рис. 5.** Ошибка сенсорной коррекции условных флексов (ОКФ) у учащихся с разным уровнем суммарной компьютерной нагрузки

**Fig. 5.** Error of sensory correction of conditional flexors (ECF) in primary schoolchildren with different levels of total (lessons and out-of-school) screen time

**Прим.:** обозначения – как на рис. 3

**Note:** designations, as in Fig. 3

### Обсуждение результатов

Проведенное нами исследование показателей психомоторной координации у учащихся начальной школы имеет несколько аспектов для анализа. Конечно же, главной целью работы был поиск возможных влияний компьютерной нагрузки. Однако мы охватили возрастной диапазон от 7 до 11 лет. Это период интенсивного развития моторной сферы, особенно в плане мелкой моторики, и психомоторной координации. И он не заканчивается в 11 лет. В более старшем возрасте (10–16 лет) также прослеживается тенденция к снижению времени зрительно-моторных реакций и увеличение показателей, характеризующих лабильность нервной системы [12]. С учетом взаимной связи степени развития общей моторики и академической успеваемости у детей [24] не вызывает удивления то, что период обучения в начальной школе является чувствительным для формирования мотивов учения, развития устойчивых познавательных потребностей и интересов<sup>4</sup>. Вероятно, отражением общей динамики развития психомоторной сферы можно считать повышение точности (снижение ОКФ и ОКЭ) и плавности движений как у девочек, так и у мальчиков в начале 2 класса (8–9 лет) во всех группах, сформированных по общему уровню компьютерной нагрузки.

В своей работе показатели психомоторной координации мы оценивали отдельно у девочек и у мальчиков. Известно, что у мужчин визуально-пространственные навыки формируются гораздо легче и быстрее, чем у женщин, что закономерно отражается в более высоких показателях их психомоторной коорди-

нации. И хотя гендерные различия не превышают 5 % групповой дисперсии [26], этого достаточно для создания статистически значимых межполовых различий. Так, у детей и подростков 10–16 лет отмечены различия между девушками и юношами по целому ряду психофизиологических показателей: времени простой зрительно-моторной реакции, времени реакции в условиях динамической помехи, теппинг-теста, теста «Красно-черные таблицы» [12].

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что в самом начале систематического школьного обучения (точка «1–осень») у детей с более высокой компьютерной нагрузкой есть преимущества по скоростным показателям психомоторики (ДЦД), но они проигрывают в точности движений (ОКФ, ОКЭ) детям, обучающимся без компьютеров. Это согласуется с нашими более ранними данными, полученными на других выборках школьников. В исследованиях за период с 2003 по 2013 гг. при анализе данных осенних тестирований психомоторной координации с помощью КИД у первоклассников и у учащихся 5 классов выявлено улучшение скоростных показателей движений при снижении их точности и плавности [10]. Мы предположили, что такие сдвиги отражают адаптацию школьников к новым условиям жизни, включая изменения в образовательной среде. Результаты данной работы позволяют утверждать, что компьютеризация школьного обучения является как минимум одним из таких изменений.

В нашей работе оказалось, что по ВИДС, ассоциируемому с вниманием, лучшие (более

<sup>4</sup> Гребнев А. И. Мелкая моторика и её роль в процессе учебной деятельности младших школьников // Вестник науки и образования. – 2016. – № 4. – С. 61–63. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25833813>

низкие) показатели в точке «1-осень» были характерны только для девочек из групп 2 и 3+, по сравнению с группой 0–1. Это согласуется с данными других авторов об особенностях психомоторной сферы (по способности поддерживать равновесие тела) у девочек и мальчиков и их связью с академической успеваемостью [22].

Наличие сезонной вариабельности у показателя ДЦД позволяет думать, что за учебный год при активном использовании компьютеров происходит формирование новых двигательных навыков, которые за летние каникулы частично теряются – аналогично показателям времени реакции, как это уже описано нами по результатам тестирования детей этой же выборки [11]. Этот процесс больше выражен в группе 3+ как у девочек, так и мальчиков; и больше характерен для мальчиков, так как у них описан не только в группе 3+, но и в группе 2.

Одновременно в группах 3+ отсутствует сезонная вариабельность (и другие флуктуации) ВИДС и ОКФ (ОКЭ), а точность движений (ОКФ и ОКЭ) в этих группах была самая высокая. Такие данные подтверждают гипотезу о формировании новых и весьма устойчивых двигательных навыков при активном использовании компьютеров в школе и дома. Поскольку все выборки в нашем исследовании были независимыми, нет оснований считать, что дети просто «научились играть» на КИДе – мы фиксируем лишь отражение других навыков, сформированных при работе на других устройствах.

Проведенное нами исследование касается психомоторной координации в работе руками. Безусловно, на эти параметры могли также оказать влияние и другие факторы – изменения когнитивных способностей или физических кондиций. Однако, как показали дру-

гие исследователи, гипотеза о негативном влиянии интернет-технологий на интеллектуальные функции современных дошкольников не нашла экспериментального подтверждения [5], а наиболее выраженные межгрупповые различия в нашей работе обнаружены в первой точке тестирования, при самом начале школьного обучения.

В плане физического развития показано, что как в возрасте 6–7 [6], так и 8–9 лет [7], по мере нарастания суммарного времени использования цифровых технологий (в школе и дома), отмечается снижение общей и силовой выносливости, скоростных, скоростно-силовых и координационных способностей, физического развития, а также функциональных возможностей организма.

В целом выявленные нами изменения в тонкой моторике у учащихся начальной школы при активном использовании компьютеров можно рассматривать как позитивный адаптивный ответ [9]: есть развитие способности управлять руками, значит, есть надежда на стимуляцию (по крайней мере, не торможение) когнитивных возможностей. Однако по мере развития образовательной среды, усиления и углубления процессов цифровизации и компьютеризации время, проводимое детьми за компьютером, будет только возрастать, о чем свидетельствует опыт дистанционного обучения во время пандемии COVID-19 [8]. И здесь важно не перейти грань, отделяющую позитивный адаптивный ответ от следующей стадии – перехода в дезадаптацию и истощение функциональных резервов организма. Что еще раз подчеркивает важность и жизненную необходимость многопланового и многоуровневого мониторинга здоровья детей [1], который дает возможность оценить функциональные резервы и адаптивные возможности их организма.

Таким образом, мы пришли к следующим выводам.

1. Уровень суммарной (в школе и дома) компьютерной нагрузки оказывает выраженное влияние на скоростные и точностные показатели психомоторной координации при работе руками у учащихся начальной школы.
2. Наиболее явные различия в показателях психомоторики обнаружены в самом начале школьного обучения – в октябре, в 1 классе: у детей с минимальным уровнем компьютерной нагрузки показатели скорости и точности были наилучшими.
3. Скоростные показатели психомоторики в группах детей (особенно мальчиков) с высокой компьютерной нагрузкой имеют сезонную вариабельность в виде улучшения к концу учебного года.
4. Точностные показатели психомоторики, наоборот, при повышении уровня общей компьютерной нагрузки теряют вариабельность и снижаются.

Плавность движений от уровня компьютерной нагрузки не зависела.

### Заключение

Проведенное нами исследование показало, что уже в самом начале активного использования компьютеров в образовательной среде (2006–2011 гг.) появились значимые сдвиги в показателях психомоторной координации у школьников в начальных классах. Мы интерпретируем их как формирование новых двигательных навыков, отличных от привычного письма ручкой или карандашом, но способствующих развитию моторики в целом. Работа с клавиатурой, компьютерной мышью или джойстиком оказалась эффективна для улучшения скоростных и точностных параметров в работе руками в самом начале школьного обучения (осенью в 1 классе) – при выполнении тестовых заданий нашего приборного комплекса, которые не копируют привычные для детей виды движений. В более старших классах зависимость эффективности психомоторики от уровня компьютерной нагрузки усиливалась к концу учебного года. Эти факты свидетельствуют о наличии активного адаптационного процесса у учащихся начальной школы к новым условиям образовательной среды, что, безусловно, оценивается позитивно.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзман Р. И. Методологические принципы и методические подходы к организации мониторинга здоровья обучающихся и здоровьесберегающей деятельности образовательных организаций // Вестник педагогических инноваций. – 2019. – № 1. – С. 5–13. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37334216>
2. 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. – Т. 9, № 5. – С. 48–70. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.1905.04> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41271740>
3. Безбородова М. А., Безбородова Л. А. Формирование графического навыка письма в начальной школе // Наука и школа. – 2016. – № 3. – С. 111–115. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27322051>
4. Безруких М. М., Иванов В. В., Орлов К. В. Диссонанс между представлениями о развитии мозга в современной нейробиологии и знаниями педагогов // Science for Education Today. –



2021. – Т. 11, № 1. – С. 125–150. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2101.08> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44849697>
5. Каменская В. Г., Томанов Л. В. Динамика интеллектуальных функций российских дошкольников в период становления интернет-технологий // Психология. Психофизиология. – 2019. – Т. 12, № 3. – С. 56–63. DOI: <https://doi.org/10.14529/jpps190305> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41113743>
  6. Криволапчук И. А., Герасимова Ф. Ф., Чернова М. Б. Функциональное развитие детей 6–7 лет с разным уровнем информатизации условий жизнедеятельности // Сибирский педагогический журнал. – 2020. – № 5. – С. 121–135. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/1813-4718.2005.12> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44216852>
  7. Криволапчук И. А., Чернова М. Б. Влияние уровня информатизации условий жизнедеятельности на двигательную подготовленность детей 8–9 лет // Новые исследования. – 2020. – № 4. – С. 113–121. DOI: <http://dx.doi.org/10.46742/2072-8840-2020-64-4-113-121> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44562431>
  8. Кучма В. Р., Седова А. С., Степанова М. И., Рапопорт И. К., Поленова М. А., Соколова С. Б., Александрова И. Э., Чубаровский В. В. Особенности жизнедеятельности и самочувствия детей и подростков, дистанционно обучающихся во время эпидемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19) // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. – 2020. – № 2. – С. 4–23. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43924859>
  9. Панкова Н. Б. Механизмы срочной и долговременной адаптации // Патогенез. – 2020. – Т. 18, № 3. – С. 77–86. DOI: <https://doi.org/10.25557/2310-0435.2020.03.77-86> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44208613>
  10. Панкова Н. Б., Лебедева М. А., Богданова Е. В., Ковалева О. И., Карганов М. Ю. Динамика показателей психомоторной координации у школьников Москвы за 2003–2013 гг. // Профилактическая и клиническая медицина. – 2014. – № 1. – С. 56–60. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21645601>
  11. Панкова Н. Б., Лебедева М. А., Носкин Л. А., Хлебникова Н. Н., Карганов М. Ю. Влияние разных объёмов компьютерной нагрузки на латентные периоды простой сенсомоторной реакции у младших школьников // Психология. Психофизиология. – 2020. – Т. 13, № 2. – С. 112–122. DOI: <https://doi.org/10.14529/jpps200210> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43145532>
  12. Семенова М. В., Шибкова Д. З. Половозрастные особенности приростов психомоторных показателей у обучающихся 10–16 лет (лонгитюдное исследование) // Психология. Психофизиология. – 2021. – Т. 14, № 1. – С. 119–127. DOI: <http://dx.doi.org/10.14529/jpps210112> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44964986>
  13. Adolph K. E., Franchak J. M. The development of motor behavior // Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science. – 2017. – Vol. 8 (1–2). – P. 1430. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/wcs.1430>
  14. Beck M. M., Lind R. R., Geertsen S. S., Ritz C., Lundbye-Jensen J., Wienecke J. Motor-Enriched Learning Activities Can Improve Mathematical Performance in Preadolescent Children // Frontiers in Human Neuroscience. – 2016. – Vol. 10. – P. 645. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2016.00645>
  15. Escolano-Pérez E., Herrero-Nivela M. L., Losada J. L. Association Between Preschoolers' Specific Fine (But Not Gross) Motor Skills and Later Academic Competencies: Educational Implications // Frontiers in Psychology. – 2020. – Vol. 11. – P. 1044. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01044>





16. Fernández-Méndez L. M., Contreras M. J., Mammarella I. C., Feraco T., Meneghetti C. Mathematical achievement: the role of spatial and motor skills in 6-8 year-old children // *PeerJ*. – 2020. – Vol. 8. – P. e10095. DOI: <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.10095>
17. Fischer U., Suggate S. P., Stoeger H. The Implicit Contribution of Fine Motor Skills to Mathematical Insight in Early Childhood // *Frontiers in Psychology*. – 2020. – Vol. 11. – P. 1143. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01143>
18. Geertsen S. S., Thomas R., Larsen M. N., Dahn I. M., Andersen J. N., Krause-Jensen M., Korup V., Nielsen C. M., Wienecke J., Ritz C., Krstrup P., Lundbye-Jensen J. Motor Skills and Exercise Capacity Are Associated with Objective Measures of Cognitive Functions and Academic Performance in Preadolescent Children // *PLoS One*. – 2016. – Vol. 11 (8). – P. e0161960. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0161960>
19. Georges C., Cornu V., Schiltz C. The importance of visuospatial abilities for verbal number skills in preschool: Adding spatial language to the equation // *Journal of Experimental Child Psychology*. – 2021. – Vol. 201. – P. 104971. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104971>
20. Iverson J. M. Developing language in a developing body: the relationship between motor development and language development // *Journal of Child Language*. – 2010. – Vol. 37 (2). – P. 229–261. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0305000909990432>
21. Kahl T., Grob A., Segerer R., Möhring W. Executive Functions and Visual-Spatial Skills Predict Mathematical Achievement: Asymmetrical Associations Across Age // *Psychological Research*. – 2021. – Vol. 85 (1). – P. 36–46. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00426-019-01249-4>
22. Lima R. A., Stodden D. F., Pfeiffer K. A., Larsen L. R., Barros M. V. G., Bugge A., Andersen L. B. Dynamic Balance, but Not Precision Throw, Is Positively Associated with Academic Performance in Children // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2020. – Vol. 17 (8). – P. 2790. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17082790>
23. Macdonald K., Milne N., Orr R., Pope R. Associations between motor proficiency and academic performance in mathematics and reading in year 1 school children: a cross-sectional study // *BMC Pediatrics*. – 2020. – Vol. 20 (1). – P. 69. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12887-020-1967-8>
24. Macdonald K., Milne N., Orr R., Pope R. 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. – Vol. 15 (8). – P. 1603. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15081603>
25. Milne N., Cacciotti K., Davies K., Orr R. The relationship between motor proficiency and reading ability in Year 1 children: a cross-sectional study // *BMC Pediatrics*. – 2018. – Vol. 18 (1). – P. 294. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12887-018-1262-0>
26. Vogel S. A. Gender differences in intelligence, language, visual-motor abilities, and academic achievement in students with learning disabilities: a review of the literature // *Journal of Learning Disabilities*. – 1990. – Vol. 23 (1). – P. 44–52. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/002221949002300111>



DOI: [10.15293/2658-6762.2103.08](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2103.08)

Nataliya Borisovna Pankova

Doctor of Biological sciences, Assistant-Professor, Principal Researcher,  
Laboratory of Physical, Chemical and Ecological Pathophysiology,  
Research Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow,  
Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3582-817X>

E-mail: [nbpankova@gmail.com](mailto:nbpankova@gmail.com) (Corresponding Author)

Irina Borisovna Alchinova

Candidate of Biological sciences, Leading Researcher,  
Laboratory of Physical, Chemical and Ecological Pathophysiology,  
Research Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow,  
Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5294-7317>

E-mail: [alchinovairina@yandex.ru](mailto:alchinovairina@yandex.ru)

Olga Igorevna Kovaleva

Candidate of Medical sciences, Leading Researcher,  
Research and Analytical Department,  
Research Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow,  
Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5198-8440>

E-mail: [oikx@yandex.ru](mailto:oikx@yandex.ru)

Marina Andreevna Lebedeva

Candidate of Biological sciences, Leading Researcher,  
Laboratory of Physical, Chemical and Ecological Pathophysiology,  
Research Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow,  
Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4601-8762>

E-mail: [ma\\_lebedeva@mail.ru](mailto:ma_lebedeva@mail.ru)

Nadezhda Nikolaevna Khlebnikova

Doctor of Biological sciences, Leading Researcher,  
Laboratory of General Pathophysiology of Nervous System,  
Research Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow,  
Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0245-305X>

E-mail: [nanikh@yandex.ru](mailto:nanikh@yandex.ru)

Anton Borisovich Cherepov

Researcher, Laboratory of Physical,  
Chemical and Ecological Pathophysiology,  
Research Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow,  
Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3757-5292>

E-mail: [ipmagus@mail.ru](mailto:ipmagus@mail.ru)



Leonid Alekseevich Noskin

Doctor of Biological sciences, Professor, Head,  
Laboratory of Medical Biophysics,  
B. P. Konstantinov Petersburg Institute of Nuclear Physics, St. Petersburg,  
Russian Federation.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6162-8246>

E-mail: [lanoskin42@mail.ru](mailto:lanoskin42@mail.ru)

Mikhail Yur'evich Karganov

Doctor of Biological sciences, Professor, Head,  
Laboratory of Physical, Chemical and Ecological Pathophysiology,  
Research Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow,  
Russian Federation.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5862-8090>

E-mail: [mkarganov@mail.ru](mailto:mkarganov@mail.ru)

## Correlation between the accuracy and speed of hand control in primary schoolchildren and the amount of screen time

### Abstract

**Introduction.** *The means and methods of computerized learning introduced into the education system in recent years are changing the attitude towards writing with a pen. Children are increasingly typing on a keyboard. This brings into focus research investigations aimed at identifying the possible influence of the above-mentioned type of educational activity on the indicators of psychomotor skills. The purpose of this research is to study accuracy and speed indicators of psychomotor coordination when working with hands in primary school students, depending on the amount of computer load (screen time).*

**Materials and Methods.** *The study involved 4205 primary schoolchildren in grades 1-4 from 66 educational settings in Moscow (5 academic years, testing took place in October and March-April; all samples were independent). Indicators of psychomotor coordination (speed, accuracy, and smoothness of movements) when performing a motor test using "computer movement meter" (CMM) device were evaluated. The amount of lesson and out-of-school screen time was evaluated by teachers, relying on the hygiene standards: 0 points – no load, 1 point – compliance with hygiene standards, 2 points – twice exceeding the standards, 3 points – exceeding the standards by 3 or more times. Statistical data processing was performed using nonparametric criteria.*

**Results.** *The research revealed the correlation between the total (lesson and out-of-school) screen time and indicators of psychomotor coordination in primary schoolchildren. The most obvious differences in psychomotor indices were found at the very beginning of school education – in October, in the 1st grade: in children with a minimum amount of computer load, the indicators of speed and accuracy were the worst. Speed indicators of psychomotor skills in groups of children (especially boys) with a high computer load have seasonal variability in the form of improvement by the end of the school year. Accurate indicators of psychomotor skills, on the contrary, with an increase in the amount of general computer load, lose variability and decrease. The smoothness of movements did not depend on the screen time.*

**Conclusions.** *The identified changes in the psychomotor skills of primary school students who are active computer-users can be considered as a positive adaptive response in the form of developing new motor skills.*

**Keywords**

*School health monitoring; Psychomotor coordination; Movement speed; Movements accuracy; Movements smoothness; Primary school students; Screen time; Hygiene standards.*

**Acknowledgments**

*The study was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research. Project number 19-29-14104 “Instrumental assessment of the impact of digitalization of education on the physiological balance of the body”.*

**REFERENCES**

1. Aizman R. I. Methodological principles and methodical approaches to the monitoring of the students' health and health saving activity of educational organizations. *Journal of Pedagogical Innovation*, 2019, no. 1, pp. 5–13. (In Russian) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37334216>
2. Baiguzhin P. A., Shibkova D. Z., Aizman R. I. Factors affecting psychophysiological processes of information perception within the context of education informatization. *Science for Education Today*, 2019, vol. 9 (5), pp. 48–70. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.1905.04> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41271740>
3. Bezborodova M. A., Bezborodova L. A. Forming of graphic writing skills in primary school. *Science and School*, 2016, no. 3, pp. 111–115. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27322051>
4. Bezrukikh M. M., Ivanov V. V., Orlov K.V. Differences between concepts of brain development in modern neurobiology and teachers' knowledge. *Science for Education Today*, 2021, vol. 11 (1), pp. 125–150. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2101.08> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44849697>
5. Kamenskaya V. G., Tomanov L. V. The dynamics of intellectual functions in Russian preschoolers during the emergence of Internet technologies. *Psychology. Psychophysiology*, 2019, vol. 12 (3), pp. 56–63. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.14529/jpps190305> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41113743>
6. Krivolapchuk I. A., Gerasimova A. A., Chernova M. B. Functional development of children 6–7 years old with different levels of informatization of living conditions. *Siberian Pedagogical Journal*, 2020, no. 5, pp. 121–135. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/1813-4718.2005.12> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44216852>
7. Krivolapchuk I. A., Chernova M. B. Influence of the level of informatization on the physical fitness of 8-9-year-old children. *New Research*, 2020, no. 4, pp. 113–121. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.46742/2072-8840-2020-64-4-113-121> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44562431>
8. Kuchma V. R., Sedova A. S., Stepanova M. I., Rapoport I. K., Polenova M. A., Sokolova S. B., Aleksandrova I.E ., Chubarovsky V. V. Life and wellbeing of children and adolescents studying remotely during the epidemic of a new coronavirus infection (COVID-19). *School and University Medicine and Health Issues*, 2020, no. 2, pp. 4–23. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43924859>
9. Pankova N. B. Mechanisms of short-term and long-term adaptation. *Pathogenesis*, 2020, vol. 18 (3), pp. 77–86. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.25557/2310-0435.2020.03.77-86> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44208613>
10. Pankova N. B., Lebedeva M. A., Bogdanova E. V., Kovaleva O. I., Karganov M. Yu. Dynamics of indicators of psychomotor coordination among schoolchildren in Moscow for years 2003–2013.



- Preventive and Clinical Medicine*, 2014, no. 1, pp. 56–60. (In Russian) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21645601>
11. 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. *Psychology. Psychophysiology*, 2020, vol. 13 (2), pp. 112–122. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.14529/jpps200210> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43145532>
  12. Semenova M. V., Shibkova D. Z. Gender and age-related features of psychomotor indicators in 10–16-year-old students (longitudinal study). *Psychology. Psychophysiology*, 2021, vol. 14 (1), pp. 119–127. (In Russian) DOI: <http://dx.doi.org/10.14529/jpps210112> URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44964986>
  13. Adolph K. E., Franchak J. M. The development of motor behavior. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2017, vol. 8 (1–2), pp. 1430. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/wcs.1430>
  14. Beck M. M., Lind R. R., Geertsen S. S., Ritz C., Lundbye-Jensen J., Wienecke J. Motor-enriched learning activities can improve mathematical performance in preadolescent children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2016, vol. 10, pp. 645. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2016.00645>
  15. Escolano-Pérez E., Herrero-Nivela M. L., Losada J. L. association between preschoolers' specific fine (but not gross) motor skills and later academic competencies: educational implications. *Frontiers in Psychology*, 2020, vol. 11, pp. 1044. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01044>
  16. Fernández-Méndez L. M., Contreras M. J., Mammarella I. C., Feraco T., Meneghetti C. Mathematical achievement: The role of spatial and motor skills in 6-8 year-old children. *PeerJ*, 2020, vol. 8, pp. e10095. DOI: <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.10095>
  17. Fischer U., Suggate S.P., Stoeger H. The implicit contribution of fine motor skills to mathematical insight in early childhood. *Frontiers in Psychology*, 2020, vol. 11, pp. 1143. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01143>
  18. Geertsen S. S., Thomas R., Larsen M. N., Dahn I. M., Andersen J. N., Krause-Jensen M., Korup V., Nielsen C. M., Wienecke J., Ritz C., Krstrup P., Lundbye-Jensen J. Motor skills and exercise capacity are associated with objective measures of cognitive functions and academic performance in preadolescent children. *PLoS One*, 2016, vol. 11 (8), pp. e0161960. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0161960>
  19. Georges C., Cornu V., Schiltz C. The importance of visuospatial abilities for verbal number skills in preschool: Adding spatial language to the equation. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2021, vol. 201, pp. 104971. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104971>
  20. Iverson J. M. Developing language in a developing body: The relationship between motor development and language development. *Journal of Child Language*, 2010, vol. 37 (2), pp. 229–261. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0305000909990432>
  21. Kahl T., Grob A., Segerer R., Möhring W. Executive functions and visual-spatial skills predict mathematical achievement: Asymmetrical associations across age. *Psychological Research*, 2021, vol. 85 (1), pp. 36–46. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00426-019-01249-4>
  22. Lima R. A., Stodden D. F., Pfeiffer K. A., Larsen L. R., Barros M. V. G., Bugge A., Andersen L. B. Dynamic balance, but not precision throw, is positively associated with academic performance in children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, vol. 17 (8), pp. 2790. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17082790>
  23. Macdonald K., Milne N., Orr R., Pope R. Associations between motor proficiency and academic performance in mathematics and reading in year 1 school children: A cross-sectional study. *BMC Pediatrics*, 2020, vol. 20 (1), pp. 69. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12887-020-1967-8>





24. Macdonald K., Milne N., Orr R., Pope R. 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, vol. 15 (8), pp. 1603. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15081603>
25. Milne N., Cacciotti K., Davies K., Orr R. The relationship between motor proficiency and reading ability in Year 1 children: A cross-sectional study. *BMC Pediatrics*, 2018, vol. 18 (1), pp. 294. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12887-018-1262-0>
26. Vogel S. A. Gender differences in intelligence, language, visual-motor abilities, and academic achievement in students with learning disabilities: A review of the literature. *Journal of Learning Disabilities*, 1990, vol. 23 (1), pp. 44–52. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/002221949002300111>

Submitted: 07 April 2021

Accepted: 10 May 2021

Published: 30 June 2021



This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).