

ВЛИЯНИЕ СЕЗОНА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ВОЗРАСТНУЮ ДИНАМИКУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПСИХОМОТОРИКИ У ШКОЛЬНИКОВ

Панкова Н.Б.¹, Алчинова И.Б.¹, Ковалёва О.И.¹, Лебедева М.А.¹, Хлебникова Н.Н.¹, Черепов А.Б.¹, Карганов М.Ю.¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии», Москва, e-mail: nbpankova@gmail.com

Мониторинг показателей психомоторной координации используют как медико-биологическое сопровождение инноваций в образовательной среде, для доказательства, как минимум, безопасности педагогических новшеств для здоровья обучающихся. При более широком подходе изучают отсутствие у них потенциально патогенных влияний, способных привести к альтерации как физического, так и психического здоровья детей. В данной работе проведен анализ результатов тестирования показателей психомоторной координации у учащихся с 1-го по 4-й классы: 2677 девочек и 1528 мальчиков; всего 4205 детей из 66 школ. Часть обследований была проведена осенью (начало октября), часть – весной (март – апрель). Оценку показателей психомоторики проводили по результатам выполнения двигательных тестов на приборе «Компьютеризированный измеритель движений (КИД)» при выполнении движений в локтевом суставе. Оценивали скорость, точность и плавность движений, время изменения двигательного стереотипа и сенсомоторную реактивность на стимулы разной модальности (свет и звук). Показано, что на протяжении 4 лет обучения в начальной школе происходят улучшение скоростных и точностных показателей психомоторики, плавности движений, а также возрастание сенсомоторной реактивности, однако возрастает время изменения двигательного стереотипа (снижается ловкость), что может отражать переход на новую парадигму управления движением. Для всех показателей обнаружены: 1) наличие возрастной динамики (по классам); 2) статистически значимые различия в динамике результатов осенних и весенних обследований; 3) различия между девочками и мальчиками. Следовательно, корректная оценка потенциально патогенных влияний на растущий организм может быть проведена только в один и тот же сезон.

Ключевые слова: психомоторная координация, двигательные тесты, скорость движений, точность движений, плавность движений, латентные периоды сенсомоторной реакции, учащиеся начальных классов, сезонная вариабельность.

EFFECT OF THE RESEARCH SEASON ON THE AGE-RELATED DYNAMICS OF PSYCHOMOTOR INDICATORS IN SCHOOLCHILDREN

Pankova N.B.¹, Alchinova I.B.¹, Kkovaleva O.I.¹, Lebedeva M.A.¹, Khlebnikova N.N.¹, Cherepov A.B.¹, Karganov M.Yu.¹

¹ Institute of General Pathology and Pathophysiology, Moscow, e-mail: nbpankova@gmail.com

Summary. Monitoring of indicators of psychomotor coordination is used as a medical and biological support for innovations in the educational environment, to prove, at a minimum, the safety of pedagogical innovations for the health of students. With a broader approach, they study the absence of potentially pathogenic influences that can lead to alteration of both the physical and mental health of children. In this paper, we analyzed the results of testing the indicators of psychomotor coordination in students from the 1st to 4th grades: 2677 girls and 1528 boys; a total of 4205 children from 66 schools. Some of the surveys were carried out in the fall (early October), some in the spring (March-April). Psychomotor parameters were assessed based on the results of performing motor tests on a computerized movement meter (CMM) when performing movements in the elbow joint. The speed, accuracy and smoothness of movements, the time for changing the motor stereotype, and sensorimotor reactivity to stimuli of different modalities (light and sound) were assessed. It is shown that during 4 years of education in primary school there is an improvement in speed and accuracy indicators of psychomotor, smoothness of movements, as well as an increase in sensorimotor reactivity, however, the time for changing the motor stereotype increases (dexterity decreases), which may reflect the transition to a new paradigm of motion control. For all indicators, the following was found: 1) the presence of age dynamics (by class), 2) statistically significant differences in the dynamics of the results of autumn and spring surveys, 3) differences between girls and boys. Consequently, a correct assessment of potentially pathogenic effects on a growing organism can be carried out only in the same season.

Keywords: psychomotor coordination, motor tests, movement speed, movements accuracy, movements smoothness, reaction time, primary school students, seasonal variability.

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».

Онтогенез человека в период детства проявляется не только ростом габаритных размеров тела, но и развитием функциональных систем, определяющих как физические возможности (скорость, сила, выносливость, ловкость, гибкость), так и возможности социализации, и, в первую очередь, через способность овладения языком идет формирование здоровья человека (процесс саногенеза). И уже с участием второй сигнальной системы происходит обучение детей – передача им накопленных предыдущими поколениями знаний и умений, формирование навыков. Между динамикой физического развития, в частности мелкой моторики рук, и способностью к обучению (что обычно видно по успеваемости в начальной школе по математике и чтению) существует прямая корреляционная связь [1]. В этом контексте оценка различных проявлений ручной моторики может быть инструментом, помогающим учителю понять причины различной успеваемости учеников. Более того, дополнительные занятия с отстающими учениками по развитию мелкой моторики рук способствуют повышению их обучаемости [2].

Для оценки уровня развития систем произвольного управления моторикой рук (психомоторики) используют различные тесты, в том числе компьютеризированные, например компьютеризированный измеритель движений (КИД) [3]. Этот комплекс позволяет оценить такие показатели, как скорость, точность и плавность движений руками, ловкость (способность перестраивать двигательную программу по команде), сенсомоторную реактивность. На основе данных большой выборки детей в возрасте 6–16 лет (всего 664 ребенка и подростка), прошедших тестирование на этом приборе, были прослежены возрастная динамика структуры двигательного навыка, смена парадигмы координация движений при выполнении моторных задач [4].

Мониторинг показателей психомоторной координации часто применяют как медико-биологическое сопровождение инноваций в образовательной среде – в контексте здоровьесберегающего образования, для доказательства, как минимум, безопасности педагогических новшеств для здоровья обучающихся. При более широком подходе изучают отсутствие у них потенциально патогенных влияний, способных привести к альтерации как физического, так и психического здоровья детей [5].

Обычно исследования проводят в динамике учебного года [6]. И здесь возможна интерференция адаптивного ответа организма школьников на педагогическую технологию с хронобиологическими флуктуациями оцениваемых показателей. Так, наши лонгитюдные (в

течение 3 лет) исследования на разных выборках школьных параллелей показали наличие сезонной вариабельности в приросте показателей антропометрии – ускоренный набор массы тела в зимний период [7]. Мы предполагаем, что такие результаты обусловлены не только закономерными изменениями метаболизма в холодный сезон, но и снижением уровня двигательной активности школьников во время учебного года. В показателях сердечно-сосудистой системы в последние годы (2016–2019 гг.) выявлено возрастание к началу весны (по сравнению с началом учебного года) средних величин систолического артериального давления [8]. В данном случае мы предполагаем интерференцию известных и хорошо изученных сезонных изменений как собственно показателей сердечно-сосудистой системы, так и параметров регуляторных систем, управляющих артериальным давлением через нервные и эндокринные механизмы, с психоэмоциональным напряжением, индуцируемым всеобъемлющей цифровизацией образовательной среды.

Целью нашего исследования стал поиск возможных сезонных флуктуаций показателей психомоторной координации у учащихся начальной школы (1–4-х классов).

Материал и методы исследования

В работе проанализированы результаты тестирования показателей психомоторной координации учащихся с 1-го по 4-й классы города Москвы, проведенных в 2006–2011 годах в рамках проекта Департамента образования города Москвы «Здоровье школьника». В проекте участвовали 2677 девочек и 1528 мальчиков; всего 4205 детей из 66 школ. Часть обследований была проведена осенью (начало октября), часть – весной (март – апрель).

Соответствие протокола исследования международным и российским правовым и этическим принципам научных исследований с участием человека было подтверждено в заключении Комитета по этике ФГБНУ «НИИОПП», протокол № 1, 22.01.2019.

Оценку показателей психомоторики проводили по результатам выполнения двигательных тестов на приборе КИД [3]. Прибор представляет собой платформу, на которой закреплен рычаг. Испытуемый может совершать движения в локтевом суставе, положив локоть на закрепленный конец рычага. Свободный конец рычага свободно вращается в горизонтальной плоскости, амплитуду его перемещений задают светодиоды, расположенные на приподнятой пластине на другом конце платформы. В первом тесте длительностью 30 сек. требуется совершать циклические движения между парой светящихся светодиодов с максимально возможными скоростью и точностью. При этом сначала светится пара диодов с угловым расстоянием в 50° (крайние), затем – 25° (средние), затем – снова крайние. Оцениваются показатели: длительность цикла движения (ДЦД, сек.), время изменения двигательного стереотипа при смене амплитуды движений (ВИДС, сек.), точность движений условных флексоров и условных экстензоров как ошибка сенсорной коррекции амплитуды

движений – степень «промахиваний» курсора мимо светящегося светодиода (ОКФ и ОКЭ, %), плавность движений как доля основной гармоники в ритмограмме движения (ПД, %). Во втором тесте оценивают усредненные по 10 реализациям латентные периоды простой сенсомоторной реакции на световой и звуковой стимулы (ВРС и ВРЗ, сек.) в виде смещения рычага при предъявлении сигнала. Все задания выполняются обеими руками, обычно сначала доминантной рукой (выбор осуществляет испытуемый), показатели для левой и правой руки усредняют.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета Statistica 7.0. Показатели девочек и мальчиков анализировали отдельно. Для попарных сравнений выборок применяли критерий Манна–Уитни; для выявления динамики по годам (классам) использовали однофакторный вариант ANOVA; различия в динамике оценивали по двухфакторному варианту ANOVA. Данные на рисунках и в таблицах приведены в виде медианы и межквартильного размаха: Me (Q1; Q3).

Результаты исследования и их обсуждение

В целом данные нашего исследования согласуются с результатами других авторов. Так, известно, что функциональное созревание систем произвольного управления движением – с точки зрения неврологии как время прохождения нервного импульса между вовлеченными структурами головного мозга и периферией – завершается к 6 годам [9]. В последующие годы идет совершенствование навыка, что проявляется как улучшение скорости, точности и плавности движений. Этот процесс активно идет в период обучения в начальной школе [4] и продолжается в подростковом периоде [10]. Однако в возрасте 8–10 лет происходит смена парадигмы психомоторной координации: если для детей 6–8 лет более характерен непрерывный визуальный контроль рукой на протяжении всего интервала движения, то в более старшем возрасте движение становится автоматическим, и его контроль опирается в основном на механизмы внутреннего программирования, которое не требует текущего визуального контроля [4]. В результате движения у детей становятся быстрыми, но в первое время – не очень точными и не очень ловкими, что лучше всего видно при смене вида деятельности, в нашем исследовании (и в работе [4]) – по показателю ВИДС. Вероятно, именно поэтому сенситивный период развития ловкости начинается лишь после 7 лет [11].

В нашей работе мы обнаружили, что на протяжении 4 лет обучения в начальной школе (8 тестирований с полугодовыми интервалами) как у девочек, так и у мальчиков происходит снижение ДЦД ($F(7, 2669) = 17,65, p < 0,001$; $F(7, 1522) = 10,35, p < 0,001$ соответственно), ОКФ ($F(7, 2669) = 119,66, p < 0,001$; $F(7, 1522) = 25,09, p < 0,001$ соответственно), ОКЭ ($F(7, 2669) = 128,44, p < 0,001$; $F(7, 1522) = 32,13, p < 0,001$ соответственно), ВРС ($F(7, 2669) = 24,91, p < 0,001$; $F(7, 1522) = 5,11, p < 0,001$ соответственно), ВРЗ ($F(7, 2669) = 122,95, p < 0,001$; $F(7,$

1522) = 24,08, $p < 0,001$ соответственно), и возрастание ПД ($F(7, 2669) = 9,76, p < 0,001; F(7, 1522) = 4,98, p < 0,001$ соответственно), что свидетельствует об улучшении скоростных и точностных показателей психомоторики и плавности движений, а также о возрастании сенсомоторной реактивности. Вместе с тем мы отмечаем возрастание показателя ВИДС ($F(7, 2669) = 103,49, p < 0,001; F(7, 1522) = 27,48, p < 0,001$, у девочек и мальчиков соответственно), что может отражать переход на новую парадигму управления движением, и пока недостаточную степень сформированности новых двигательных навыков. Ранее в аналогических исследованиях при оценке показателей психомоторики по результатам выполнения двигательного теста на приборе КИД, но на других выборках детей, была выявлена именно такая закономерность для возраста 6–10 лет [4].

Кроме того, мы оценивали отношение ВРЗ/ВРС. Известно, что акустические стимулы для человека имеют двойной смысл – невербальный, как собственно звук, и вербальный, связанный с языковой функцией и требующий не только сенсорного восприятия, но и осознания [12]. Поэтому латентные периоды реакции на звуковые стимулы обычно длиннее реакции на свет, хотя по времени прохождения нервных импульсов через соответствующие пути должно быть наоборот. Как показано ранее, в период обучения в начальной школе происходит снижение интермодальной разницы от 90 до 30 мс [4]. В нашей работе выявлено снижение величины ВРЗ/ВРС: $F(7, 2669) = 97,17, p < 0,001; F(7, 1522) = 20,56, p < 0,001$, у девочек и мальчиков соответственно.

Однако анализ динамики по 8 точкам у всех изученных показателей выявил их нелинейность и выраженную сезонную вариабельность.

Наиболее ярко сезонная вариабельность проявилась у мальчиков в показателях ДЦД со значимым снижением к весне и значимым возрастанием осенью (рис. 1А). При этом динамика в виде снижения ДЦД по классам сохранялась при отдельном анализе по сезонам (осень, весна), но различия в динамике осенних и весенних показателей были статистически значимы (рис. 1Б). У девочек же различия в сезонной динамике отсутствовали (табл. 1).

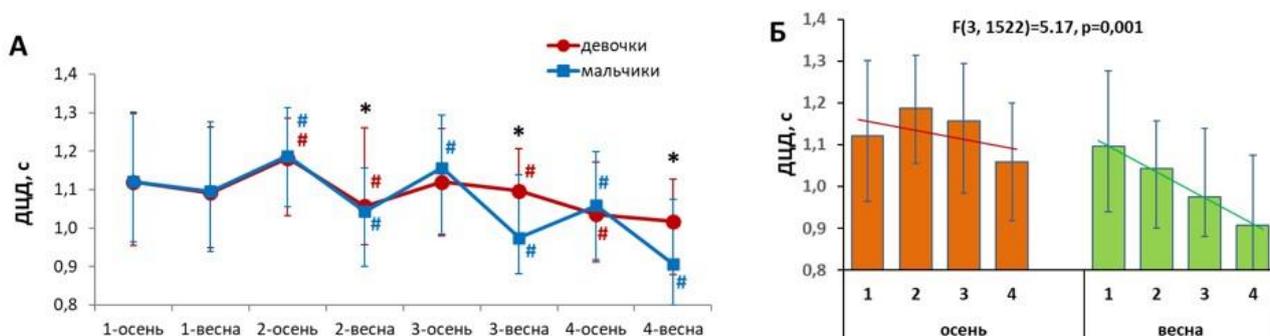


Рис. 1. Динамика длительности цикла движения (ДЦД); данные приведены как медиана с межквартильным размахом (Me (Q1; Q3))

Примечание. А – у девочек и мальчиков, с полугодовыми интервалами; по горизонтальной оси указаны сроки тестирования; цифрами обозначен класс; сезоны: осень – октябрь, весна – март–апрель; статистически значимые ($p < 0,05$) отличия от предыдущей точки (критерий Манна–Уитни) тестирования обозначены значком «#» соответствующего цвета, различия между девочками и мальчиками (критерий Манна–Уитни) обозначены «*».

Б – отдельная сезонная динамика ДЦД у мальчиков; линиями обозначен статистический тренд; над графиками приведены результаты статической оценки различий сезонной динамики (двухфакторный вариант ANOVA).

Таблица 1

Результаты статистического анализа наличия возрастной динамики
в осенних и весенних тестированиях (однофакторный вариант ANOVA)
и различий между ними (двухфакторный вариант ANOVA)

Показатели	Динамика осенних показателей		Динамика весенних показателей		Различия динамики сезонных показателей	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Девочки						
Число степеней свободы	3, 1500		3, 1169		3, 2669	
ДЦД, сек.	20,60	<0,001	17,34	<0,001	0,95	0,416
ВИДС, сек.	147,26	<0,001	95,15	<0,001	8,87	<0,001
ОКФ, %	117,91	<0,001	160,83	<0,001	9,25	<0,001
ОКЭ, %	133,66	<0,001	167,27	<0,001	11,53	<0,001
ПД, %	20,44	<0,001	2,386	0,067	5,41	0,001
ВРС, сек.	48,02	<0,001	13,89	<0,001	8,87	<0,001
ВРЗ, сек.	131,46	<0,001	157,36	<0,001	3,73	0,010
ВРЗ/ВРС	76,59	<0,001	150,28	<0,001	16,07	<0,001
Мальчики						
Число степеней свободы	3, 917		3, 605		3, 1522	
ДЦД, сек.	3,43	0,016	11,16	<0,001	5,17	0,001
ВИДС, сек.	45,04	<0,001	9,16	<0,001	6,97	<0,001
ОКФ, %	37,14	<0,001	21,07	<0,001	2,13	0,097
ОКЭ, %	52,90	<0,001	20,68	<0,001	3,07	0,026
ПД, %	5,94	<0,001	4,17	0,006	3,56	0,013
ВРС, сек.	6,41	<0,001	5,93	<0,001	3,24	0,021
ВРЗ, сек.	18,82	<0,001	39,18	<0,001	6,46	0,002
ВРЗ/ВРС	13,29	<0,001	33,76	<0,001	13,92	<0,001

Также для мальчиков оказалась характерной сезонная вариабельность ОКФ (рис. 2А), но различия в сезонной динамике были лишь на уровне статистической тенденции ($p=0,094$, рис. 2Б). У девочек же, наоборот, различия в сезонной динамике ОКФ были статистически значимы (табл. 1).

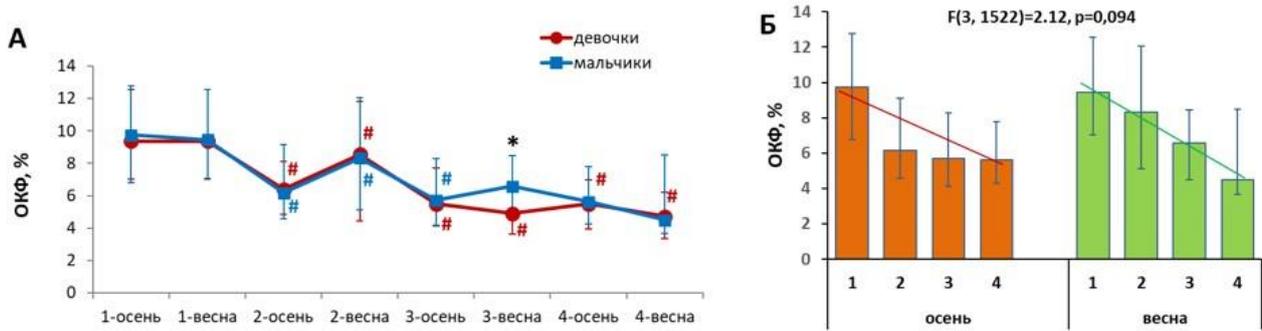


Рис. 2. Динамика ошибки сенсорной коррекции условных флекторов (ОКФ). А – у девочек и мальчиков, с полугодовыми интервалами. Б – раздельная сезонная динамика у мальчиков.

Остальные обозначения – как на рисунке 1

У девочек сезонная вариабельность был наиболее яркой по показателю ПД (рис. 3А), со значимыми различиями в сезонной динамике (рис. 3Б). При этом динамика весенних показателей достигла лишь уровня статистической значимости ($p=0,067$, табл. 1). У мальчиков различия в сезонной динамике ПД были статистически значимы (табл. 1).

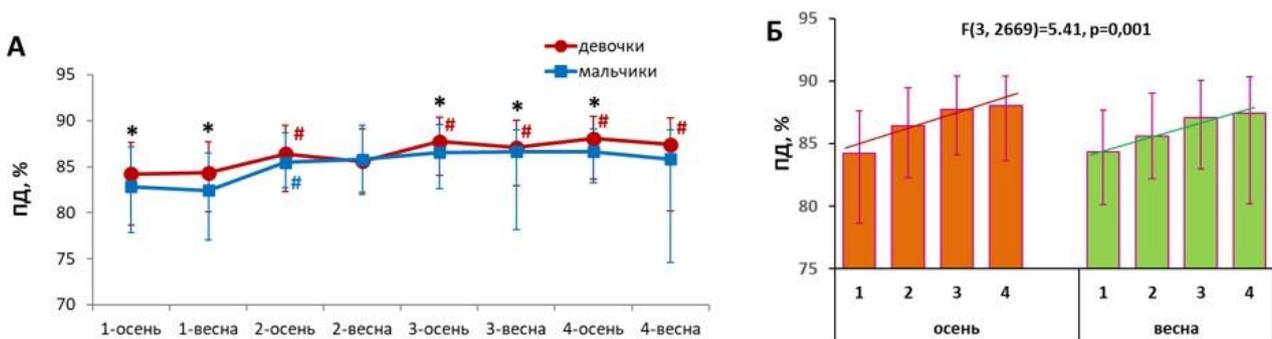


Рис. 3. Динамика плавности движений (ПД). А – у девочек и мальчиков, с полугодовыми интервалами. Б – раздельная сезонная динамика у девочек.

Остальные обозначения – как на рисунке 1

Также для девочек оказалась характерной сезонная вариабельность ВРЗ (рис. 4А), со значимыми различиями в сезонной динамике (рис. 4Б). У мальчиков различия в сезонной динамике ВРЗ также были статистически значимы (табл. 1).

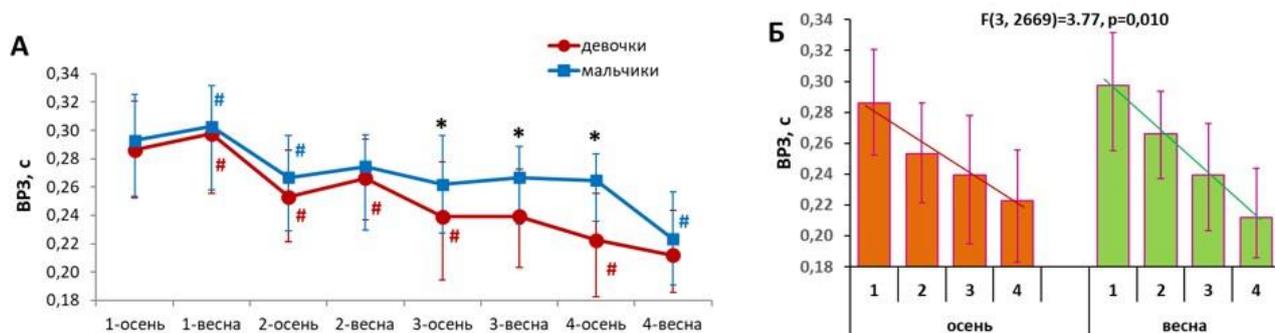


Рис. 4. Динамика латентных периодов простой сенсомоторной реакции на звуковой стимул (ВРЗ). А – у девочек и мальчиков, с полугодовыми интервалами. Б – раздельная сезонная динамика у девочек. Остальные обозначения – как на рисунке 1

По показателям ВИДС, ОКЭ, ВРС и ВРЗ/ВРС авторы также обнаружили сезонную вариабельность как у девочек, так и у мальчиков, хотя и не столь очевидную при визуализации на графиках (табл. 2). Важно, что для всех показателей отмечаются: 1) наличие возрастной динамики (по классам); 2) статистически значимые различия в динамике результатов осенних и весенних обследований (табл. 1). Кроме того, по всем показателям выявлены различия между девочками и мальчиками. Это подтверждает правильность нашего подхода к анализу данных с разделением массивов по половому признаку и согласуется с известными данными о разной возрастной динамике роста и развития девочек и мальчиков [11].

Таблица 2

Динамика показателей психомоторной координации (ВИДС, ОКЭ, ВРС, ВРЗ/ВРС) у девочек и мальчиков, с полугодовыми интервалами

Класс	Сезон	Девочки	Мальчики
Время изменения двигательного стереотипа (ВИДС), с			
1	Осень	2,28 (1,71; 2,79)	2,28 (1,69; 2,78)
	Весна	2,21 (1,71; 2,71)	2,18 (1,53; 2,71)
2	Осень	3,71 (2,46; 4,94) #	2,68 (2,15; 4,60) # *
	Весна	2,44 (1,65; 3,47) #	2,14 (1,70; 2,89) #
3	Осень	3,88 (2,61; 4,92) #	2,90 (2,08; 4,20) # *
	Весна	3,61 (2,46; 4,80)	2,23 (1,71; 2,88) # *
4	Осень	3,48 (2,37; 4,70)	2,39 (1,89; 3,06) *
	Весна	3,46 (2,27; 4,88)	2,19 (1,59; 3,41) *
Ошибка сенсорной коррекции условных экстензоров (ОКЭ), %			
1	Осень	9,72 (6,81; 13,39)	9,89 (7,00; 13,99)
	Весна	9,33 (3,80; 12,78)	9,65 (6,50; 13,33)
2	Осень	5,70 (4,27; 7,87) #	6,36 (4,99; 8,69) #
	Весна	8,26 (4,60; 11,81) #	8,48 (5,06; 11,57) # *
3	Осень	5,63 (4,31; 7,50) #	6,40 (4,21; 8,90) #
	Весна	4,58 (3,30; 6,33)	6,63 (4,20; 9,10) *
4	Осень	5,09 (3,40; 6,48) #	5,24 (4,29; 7,10) #

	Весна	4,40 (3,22; 5,68) #	5,08 (3,61; 8,63) *
Латентный период реакции на световой стимул (ВРС), с			
1	Осень	0,242 (0,219; 0,266)	0,236 (0,212; 0,261) *
	Весна	0,233 (0,210; 0,255) #	0,226 (0,201; 0,253) # *
2	Осень	0,248 (0,220; 0,281) #	0,251 (0,224; 0,275) #
	Весна	0,245 (0,223; 0,271)	0,232 (0,200; 0,257) # *
3	Осень	0,236 (0,214; 0,261) #	0,229 (0,206; 0,259) *
	Весна	0,239 (0,215; 0,269)	0,232 (0,209; 0,275)
4	Осень	0,215 (0,193; 0,242) #	0,209 (0,188; 0,236) #
	Весна	0,222 (0,200; 0,252) #	0,220 (0,193; 0,270)
Отношение ВРЗ/ВРС			
1	Осень	1,18 (1,03; 1,35)	1,24 (1,04; 1,42) *
	Весна	1,28 (1,08; 1,46) #	1,31 (1,12; 1,50) # *
2	Осень	0,99 (0,89; 1,13) #	1,07 (0,93; 1,19) # *
	Весна	1,06 (0,99; 1,15) #	1,17 (1,01; 1,29) # *
3	Осень	1,00 (0,85; 1,13) #	1,14 (0,98; 1,28) *
	Весна	0,97 (0,84; 1,09)	1,14 (0,91; 1,27) *
4	Осень	1,00 (0,88; 1,15) #	1,20 (1,07; 1,36) # *
	Весна	0,93 (0,84; 1,04) #	1,01 (0,83; 1,15) # *

Примечание. Данные приведены как медиана с межквартильным размахом (Ме (Q1; Q3)). Статистически значимые ($p < 0,05$) отличия от предыдущей точки тестирования (критерий Манна–Уитни) обозначены значком «#», различия между девочками и мальчиками (критерий Манна–Уитни) обозначены «*».

Таким образом, наши данные свидетельствуют о выраженной сезонной вариабельности показателей психомоторной координации при выполнении двигательных тестов. Вероятно, главными причинами данного феномена являются фактор систематического школьного обучения – постоянный тренинг ручной моторики в учебном году, а также задействованность и тренировка других групп мышц в период летних каникул. Особенно это характерно для начальной школы, где в учебное время акцент делается на формирование навыка письма.

В данном контексте считаем принципиально важным проведение мониторинговых исследований возрастной динамики различных показателей развития детей в один и тот же сезон. Для исследований в течение года, например для оценки эффективности различных образовательных технологий, принципиальным является сравнительный анализ с контрольными группами. Особую важность такой подход имеет при оценке потенциальной патогенности различных образовательных технологий.

Выводы

1. Существует сезонная вариабельность показателей психомоторной координации при выполнении двигательных тестов.
2. Возрастная (по классам) динамика результатов весенних и осенних тестирований статистически значимо различна.

3. Корректная оценка потенциально патогенных влияний на растущий организм может быть проведена только в один и тот же сезон.

Список литературы

1. 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, Is. 8. P. 1603. DOI: 10.3390/ijerph15081603.
2. 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: 10.3389/fnhum.2016.00645.
3. Пивоваров В.В. Компьютеризированный измеритель движений // *Медицинская техника*. 2006. № 2. С. 21–24.
4. Безруких М.М., Киселев М.Ф., Комаров Г.Д., Козлов А.П., Куршенова Л.Е., Ланда С.Б., Носкин Л.А., Носкин В.Л., Пивоваров В.В. Возрастные особенности организации двигательной активности у детей от 6 до 16 лет // *Физиология человека*. 2000. Т. 26, № 3. С. 100–107.
5. Панкова Н.Б., Латанов А.В. Развивающийся мозг как мишень экспериментального воздействия при моделировании патологических процессов // *Журнал высшей нервной деятельности*. 2019. Т. 69, № 4. С. 413–436. DOI: 10.1134/S0044467719040087
6. Криволапчук И.А., Герасимова Ф.Ф., Чернова М.Б. Динамика функционального состояния первоклассников в разные периоды учебного года // *Сибирский педагогический журнал*. 2019. № 5. С. 138–148. DOI: 10.15293/1813-4718.1905.16
7. Панкова Н.Б., Карганов М.Ю. Сезонная вариабельность возрастания антропометрических показателей у младших школьников московского региона // *Science for Education Today*. 2019. Т. 9, № 5. С. 143–162. DOI: 10.15293/2658-6762.1905.09.
8. Панкова Н.Б., Карганов М.Ю. Сезонная и секулярная вариабельность индикаторов сердечно-сосудистой системы у детей 7–11 лет // *Экология человека*. 2020. № 12. С. 37–44. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-12-37-44.
9. Udupa K., Chen R. Central motor conduction time // *Handbook of Clinical Neurology*. 2013. Vol. 116. P. 375–386. DOI: 10.1016/B978-0-444-53497-2.00031-0.
10. 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: 10.14529/jpps210112.

11. Сухарев А.Г. Здоровье и физическое воспитание детей и подростков. Л.: Медицина, 1991. 272 с.
12. Chiou S.C., Chang E.C. Bimanual Coordination Learning with Different Augmented Feedback Modalities and Information Types // PLoS One. 2016. Vol. 11. Is. 2. P. e0149221. DOI: 10.1371/journal.pone.0149221.