Морфофункциональная характеристика мальчиков 7–15 лет разных типов функционального реагирования нервно-мышечного аппарата

Рубанович Виктор Борисович¹

¹Новосибирский государственный педагогический университет,
Новосибирск, Россия

Аннотация. *Введение.* Показателем индивидуальных особенностей организма для оптимизации, нормирования физических нагрузок в процессе занятий физической культурой и спортом является тип функционального реагирования (ТФР) нервно-мышечного аппарата «стайер» – «спринтер». Несмотря на необходимость оптимизации физкультурно-спортивной деятельности школьников, повышения эффективности физического воспитания подрастающего поколения проблема остается недостаточно изученной и актуальной. Цель исследования: изучение морфофункциональных особенностей детей и подростков в зависимости от типа функционального реагирования. *Методология.* Обследованы не спортсмены 7–15 лет мужского пола основной медицинской группы. Определяли основные антропометрические показатели с оценкой соматотипа, показатели кистевой и становой мышечной силы, максимальной мышечной выносливости (ММВ), функции внешнего дыхания (ФВД). Рассчитывали индексы Кетле, кистевой и становой силы (ИК, ИКС, ИСС), жизненный индекс (ЖИ), индекс активной массы тела (ИАМТ). Определяли частоту сердечных сокращений и артериальное давление в покое и при стандартной физической нагрузке. Рассчитывали двойное произведение и физическую работоспособность (PWC170). Тип функционального реагирования (ТФР) нервно-мышечного аппарата определяли по отношению максимальной мышечной силы (ММС) к максимальной мышечной выносливости (ММВ) и распределяли на 4 группы: «стайеры» (1 гр.), «тяготеющие к стайерам» (2 гр.), «тяготеющие к спринтерам» (3 гр.), «спринтеры» (4 гр.). Материал обработан методами математической статистики с использованием статистических программ STATISTIKA для PC. *Результаты.* В целом большинство обследованных характеризовались 1 и 2 ТФР, однако с возрастом их доля уменьшалась и увеличивалась доля подростков 3 и 4 ТФР. Показано превосходство «спринтеров» над «стайерами» по тотальным размерам тела, ИАМТ, ИК, абсолютным показателям мышечной силы, ФВД. «Стайеры» превосходили «спринтеров» по ММВ, экономичности деятельности ССС в покое и при физической нагрузке, по величинам PWC170/кг. Представители 2 и 3 групп характеризовались промежуточными значениями изученных показателей. *Заключение.* Неоднородность обследованного контингента по типу функционального реагирования нервно-мышечного аппарата и значительные различия между разными группами ТФР указывают на целесообразность и необходимость исследования данной типологической особенности у детей и подростков с целью оптимизации и повышения эффективности физкультурно-спортивной деятельности.

Ключевые слова: кистевая сила и статическая выносливость мышц; тип функционального реагирования нервно-мышечного аппарата; морфофункциональные показатели.

Для цитирования: Рубанович В. Б. Морфофункциональная характеристика мальчиков 7–15 лет разных типов функционального реагирования нервно-мышечного аппарата // Физическая культура. Спорт. Здоровье. – 2025. – № 1(4). – С. 44–55.

Scientific article

Morphofunctional characteristics boys 7–15 years old of different types functional response nervously muscular apparatus

Rubanovich Victor Borisovich¹

¹*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia*

Abstract. *Introduction.* The indicator of individual characteristics of the body for optimization, standardization of physical activity in the process of physical education and sports is the type of functional response (TFR) of the neuromuscular apparatus “stayer” – “sprinter”. Despite the need to optimize physical education and sports activities of schoolchildren, improve the effectiveness of physical education of the younger generation, the problem remains insufficiently studied and relevant. The purpose of the study: to study the morphofunctional characteristics of children and adolescents depending on the type of functional response. *Methodology.* Non-athletes aged 7–15 males of the main medical group were examined. The main anthropometric indicators with an assessment of the somatotype, indicators of wrist and back muscle strength, maximum muscular endurance (MME), and external respiratory function (ERF) were determined. The Quetelet indices, wrist and back strength (IC, IKS, ISS), vital index (VI), and active body mass index (ABMI) were calculated. Heart rate and blood pressure were determined at rest and under standard physical load. Double product and physical performance (PWC170) were calculated. The functional response type (FRT) of the neuromuscular system was determined by the ratio of maximum muscle strength (MMS) to maximum muscular endurance (MME) and distributed into 4 groups: “stayers” (group 1), “those tending to stayers” (group 2), “those tending to sprinters” (group 3), “sprinters” (group 4). The material was processed by methods of mathematical statistics using statistical programs STATISTIKA for PC. *Results.* In general, most of the examined subjects were characterized by 1 and 2 FRT, however, with age their share decreased and the share of adolescents aged 12–15 years with 3 and 4 FRT increased. The superiority of “sprinters” over “stayers” in total body sizes, IAMT, IR, absolute indicators of muscle strength, and FVD was shown. “Stayers” surpassed “sprinters” in MMV, efficiency of cardiovascular system activity at rest and during physical exertion, and in PWC170/kg values. Representatives of groups 2 and 3 were characterized by intermediate values of the studied indicators. *Conclusion.* The heterogeneity of the examined contingent in the type of functional response of the neuromuscular apparatus and significant differences between different groups of FFR indicate the feasibility and necessity of studying this typological feature in children and adolescents in order to optimize and improve the effectiveness of physical education and sports activities.

Keywords: hand strength and static muscle endurance; type of functional response of the neuromuscular system; morphofunctional indicators.

For citation: Rubanovich V. B. Morphofunctional characteristics boys 7–15 years old of different types functional response nervously muscular apparatus. *Physical Education. Sport. Health*, 2025, no. 1(4), pp. 44–55.

Введение. Особо важным звеном в системе оздоровительных мероприятий на индивидуальном и коллективном уровнях является физкультурно-оздоровительная деятельность. Вместе с тем только оптимальное и рациональное использование физических нагрузок несет максимальный оздоровительный эффект [1–3].

В основе оптимизации физкультурно-оздоровительной деятельности лежат индивидуально-типологические особенности организма [3–8]. Игнорирование дифференцированного подхода в процессе физического воспитания школьников снижает эффективность занятий, часто наносит вред здоровью.

Важным показателем индивидуальных особенностей организма человека является тип функционального реагирования (ТФР) нервно-мышечного аппарата. Согласно существующим представлениям, ТФР генетически детерминирован и с ним связаны особенности приспособления организма к условиям среды, в том числе к физическим нагрузкам [9–11].

Имеющиеся в литературе сведения, касающиеся изучения данной проблемы, содержат преимущественно сведения о морфологических и гистохимических особенностях мышц стайерского и спринтерского типов [12; 13]. В значительно меньшей степени представленный материал освещает морфофункциональные особенности организма в зависимости от данной типологической особенности [3; 4; 11; 12].

По данным Б. А. Никитюка (1991) у половины обследованных людей доля медленных волокон (МВ) составляет 40–60 % [12]. Однако известно, что в процессе постнатального онтогенеза происходят изменения в морфофункциональной структуре мышц. В гистохимических исследованиях возрастной динамики развития мышечных волокон (МВ) было показано, что процессы дифференцировок МВ у человека начинаются еще до рождения. Имеются данные, что до 7 месяца внутриутробной жизни мышца представляется однородной. Затем в возрасте 1–2 лет происходит активная гистохимическая перестройка МВ. До 10 лет преобладает доля медленных МВ, а затем постепенно происходит их уменьшение с 55 % до 34 %, возрастает доля быстрых МВ. В 17–18 лет относительное количество первых снижается до 32 %, а вторых – возрастает до 48 %. К этому возрасту устанавливаются дефинитивные значения соотношений МВ разного типа [14].

Большинство работ по изучению данной проблемы связано с исследованием взрослого контингента, в основном спортсменов, с использованием методики мышечной биопсии, малоприменимой для широкого использования, тогда как работ, посвященных исследованию детей, встречается крайне мало.

Альтернативным вариантом изучения данной типологической особенности организма являются варианты косвенного метода исследования, основанного на определении максимальной мышечной выносливости. При этом тип реагирования оценивается по нервно-мышечному аппарату в целом. По мнению авторов, своеобразие ТФР в том, что сила мышц у людей разных типов реагирования в целом одинакова, а вот величина развиваемого усилия на единицу пути во времени различна. Данная методика достаточно информативна и доступна для массовых исследований [11; 15]. Однако работ с использованием данной методики, направленных на изучение особенностей организма детей и подростков в зависимости от типа реагирования нервно-мышечного аппарата, также крайне мало.

В то же время низкий уровень здоровья подрастающего поколения требует поиска путей оптимизации и рациональной организации физкультурно-спортивной деятельности, совершенствования физического воспитания школьников.

Таким образом, актуальность изучения данного вопроса и недостаточная освещенность в научной литературе явились побудительными мотивами к выполнению нашей работы.

Целью исследования явилось выяснение морфофункциональных особенностей у детей и подростков мужского пола 7–15 лет в зависимости от типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата.

Методология. Обследовано 289 учащихся 7–15 лет мужского пола, занимающихся физкультурой только по программе среднего общеобразовательного учреждения. По состоянию здоровья все обследуемые относились к основной медицинской группе для занятий физической культурой. Исследование проводилось с соблюдением этических правил, письменного согласия родителей.

Исследование включало определение длины, массы тела, обхвата грудной клетки (ДТ, МТ, ОГК), кистевой и становой динамометрии. Содержание резервного жира в организме определяли методом калиперометрии с измерением 10 кожно-жировых складок.

Функцию внешнего дыхания (ФВД) оценивали по величине ЖЕЛ, максимальной скорости потока воздуха на вдохе и выдохе (МСПВ вд/выд).

Рассчитывали индексы кистевой и становой силы (ИКС, ИСС), жизненный индекс (ЖИ), индекс активной массы тела (ИАМТ). Определяли соматотип по габаритному уровню варьирования с выделением микросоматического, мезосоматического и макросоматического типов (МиС, МеС, МаС) [16].

Функцию сердечно-сосудистой системы (ССС) оценивали по частоте сердечных сокращений (ЧСС) и артериальному давлению (АД) в условиях покоя и стандартной степ-эргометрической нагрузки. Экономичность адаптивной реакции на нагрузку оценивали по хронотропной реакции сердца и двойному произведению (ДП). Рассчитывали физическую работоспособность (PWC170/кг) [16].

Все описанные методики достаточно информативные, доступные и широко применяются в работах по возрастной физиологии, спортивной медицине и педагогике.

Тип функционального реагирования «стайер» – «спринтер» определяли согласно рекомендациям [12] по отношению максимальной мышечной силы (ММС) к максимальной мышечной выносливости (ММВ) по методу В. В. Розенблата (1975) [14]. Значения соотношения ММС (кг)/ММВ (с) менее 1,0 свидетельствуют о преобладании выносливости (тип «стайер»), более 2,0 – о преобладании скоростно-силовых качеств (тип «спринтер»), от 1,0 до 1,49 – тяготеющие к «стайерам», от 1,5 до 2,0 – тяготеющие к «спринтерам».

Весь полученный материал обработан общепринятыми методами математической статистики. Различия показателей между группами оценивались методами вариационной и разностной статистики по t-критерию Стьюдента и по ANOVA для непараметрических независимых выборок, считались достоверными при $p \leq 0,05$. Все расчеты проводились с использованием пакета статистических программ СТАТИСТИКА для РС.

Обсуждение. Анализ полученных данных показал, что большинство мальчиков относятся к первому («стайеры») и второму («тяготеющие к стайерам») типам функционального реагирования (табл. 1).

Количественная характеристика мальчиков 7–15 лет по типам функционального реагирования нервно-мышечного аппарата (ТФР, в %)

Возраст, лет	n	Группы по типам функционального реагирования					
		1	2	3	4	1 + 2	3 + 4
7	16	56,3	31,3	6,2	6,2	87,6	12,4
8	28	50,0	17,8	21,4	10,8	67,8	32,2
9	28	65,6	6,9	3,4	24,1	72,5	27,5
10	64	51,6	28,2	7,7	12,5	79,8	20,2
11	58	55,2	20,7	10,4	13,7	75,9	24,1
12	23	52,1	30,5	4,3	13,1	82,6	17,4
13	29	38,0	27,6	24,1	10,3	65,6	34,4
14	30	23,3	23,3	30,1	23,3	46,6	53,4
15	12	25,0	33,3	8,4	33,3	58,3	41,7

Так, в среднем стайеры составили 46,3 %, тяготеющие к ним – 24,4 %, в то время как тяготеющие к спринтерам и спринтеры составили лишь 12,9 % и 16,4 %, соответственно. Как следует из данных, представленных в таблице 1, аналогичная картина обнаружена и при анализе результатов исследования по каждой возрастной группе в отдельности. Больше количество обследуемых относились к 1 и 2 типам функционального реагирования, хотя с возрастом наблюдается некоторое снижение доли мальчиков со стайерскими способностями (13–15 лет) и увеличение количества школьников спринтерского и тяготеющего к нему типам функционального реагирования. Это согласуется с литературными данными, представленными другими исследователями [14]. В 17–18 лет относительное количество первых снижается до 32 %, а вторых – возрастает до 48 %. К этому возрасту устанавливаются дефинитивные значения соотношений МВ разного типа. Таким образом, с возрастом несколько снижается количество мальчиков-стайеров и тяготеющих к ним и происходит некоторое увеличение количества школьников спринтерского и тяготеющего к нему типам функционального реагирования, что объясняется процессами дифференцировки МВ в онтогенезе.

Для дальнейшего анализа обследуемые были распределены на три возрастные группы – 7–9 лет, 10–11 лет и 12–15 лет. Как видно (табл. 2), во всех возрастных группах «стайеры» уступали «спринтерам» по всем антропометрическим показателям, а в отдельных случаях и мальчикам 3 группы ($p \leq 0,05$).

Таблица 2

Показатели физического развития мальчиков 7–15 лет в зависимости от типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата (M ± m)

Возраст, лет	Группы по ТФР	n	Показатели			
			Рост, см	Вес, кг	ОГК, см	Индекс Кетле
1	2	3	4	5	6	7
7–9	1	42	128,1 ± 0,9•	25,4 ± 0,6•	60,3 ± 0,6•	15,2 ± 0,3
	2	12	128,5 ± 1,8"	25,6 ± 1,8	61,9 ± 0,7	15,4 ± 0,3
	3	8	133,6 ± 3,7	28,5 ± 3,3	62,2 ± 2,3	15,7 ± 1,0
	4	11	133,5 ± 1,6	28,1 ± 1,1	62,8 ± 1,0	15,8 ± 0,3

1	2	3	4	5	6	7
10–11	1	65	138,3 ± 0,7♦♦	30,9 ± 0,5♦♦	65,0 ± 0,5•	11,1 ± 0,2♦♦
	2	30	140,8 ± 1,4"	31,4 ± 0,9"	66,7 ± 1,0"	15,8 ± 0,4"
	3	11	146,9 ± 2,3	38,8 ± 3,9	70,7 ± 3,1	17,7 ± 1,1
	4	16	149,9 ± 1,4	41,2 ± 2,1	70,8 ± 1,7	18,1 ± 0,7
12–15	1	33	152,6 ± 1,7•	39,1 ± 1,3♦♦	70,7 ± 1,0♦♦	16,7 ± 0,4•
	2	26	156,3 ± 2,3"	43,9 ± 2,0"	73,1 ± 1,4"	17,8 ± 0,4
	3	18	162,8 ± 2,3	47,5 ± 1,9	75,6 ± 1,4	17,8 ± 0,5
	4	17	162,8 ± 2,0	52,2 ± 2,0	79,6 ± 1,6	19,0 ± 1,0

Примечание: 1 гр. – стайеры, 2 гр. – тяготеющие к стайерам, 3 гр. – тяготеющие к спринтерам, 4 гр. – спринтеры. Достоверные различия средних величин: ♦ – гр. 1–3; • – гр. 1–4; " – гр. 2–4 ($p \leq 0,05$).

По результатам, представленным в таблице 3, балльная оценка соматотипа у обследованных мальчиков 7–9 лет оказалась достоверно большей у школьников 3 и 4 гр., по сравнению с 1 и 2 гр. ($p \leq 0,05$). Аналогичная тенденция сохраняется и в увеличении показателей площади тела от 1 к 4-й группе, причем разница в величине этого показателя между стайерами и спринтерами была также значимой ($p \leq 0,05$).

Результаты исследования показателей относительного содержания резервного жира в данной возрастной группе существенно не отличались и приблизительно были равны. Результаты же изучения индекса активной массы тела (ИАМТ) у обследуемых 3 и 4 групп в возрасте 7–9 лет оказались несколько выше, по сравнению с таковыми у сверстников 1 и 2 ТФР.

В возрастных группах 10–11 и 12–15 лет также наблюдалось значительное преимущество мальчиков 3 и 4 гр. по величинам балльной оценки соматотипа, показателей площади тела и содержания резервного жира, что может быть следствием несбалансированного питания на фоне особенностей метаболических процессов и двигательной активности обследуемых.

Таблица 3

Показатели телосложения мальчиков 7–15 лет в зависимости от типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата

Возраст, лет	Группы по ТФР	n	Показатели			
			Соматотип, баллы	Площадь тела, м ²	% резервного жира	ИАМТ
1	2	3	4	5	6	7
7–9	1	42	9,70 ± 0,53•	0,95 ± 0,02•	18,3 ± 0,5	1,05 ± 0,03
	2	12	11,40 ± 0,83	0,95 ± 0,02	18,7 ± 0,3	1,02 ± 0,04
	3	8	13,00 ± 2,10	1,03 ± 0,07	18,8 ± 1,9	1,06 ± 0,10
	4	11	12,20 ± 1,00	1,02 ± 0,03	18,0 ± 0,5	1,10 ± 0,03
10–11	1	65	10,30 ± 0,32♦♦	1,10 ± 0,01♦♦	18,9 ± 0,3•	1,04 ± 0,02•
	2	30	10,90 ± 0,59"	1,11 ± 0,03"	18,5 ± 0,7"	1,02 ± 0,03"
	3	11	13,90 ± 1,14	1,26 ± 0,06	20,6 ± 1,6	1,13 ± 0,08
	4	16	14,80 ± 0,96	1,37 ± 0,04	22,6 ± 1,4	1,14 ± 0,05

1	2	3	4	5	6	7
12–15	1	33	9,40 ± 0,61♦	1,32 ± 0,03•	17,0 ± 0,8•	0,99 ± 0,03•
	2	26	10,80 ± 0,70"	1,35 ± 0,03"	18,0 ± 0,7	1,04 ± 0,04
	3	18	12,20 ± 0,96	1,40 ± 0,06	16,0 ± 0,8	1,02 ± 0,03
	4	17	13,00 ± 0,58	1,49 ± 0,04	20,2 ± 1,1	1,10 ± 0,04

Примечание: 1 гр. – стайеры, 2 гр. – тяготеющие к стайерам, 3 гр. – тяготеющие к спринтерам, 4 гр. – спринтеры. Достоверные различия средних величин: ♦ – гр. 1–3; " – гр. 2–4; • – гр. 1–4 ($p \leq 0,05$).

Результаты исследования выявили существенные различия величин максимальной мышечной выносливости (табл. 4) между мальчиками стайерского и спринтерского типов во все возрастные периоды.

Так, величины этого показателя у спринтеров и стайеров 7–9 лет составили соответственно 4,6 и 16,2 с, в 10–11 лет – 7,5 и 25,7 с, а в 12–15 лет – 17,3 и 38,3 с – различия во всех возрастных группах достоверны ($p \leq 0,05$). Таким образом, более выносливыми являются мальчики со стайерским типом реагирования нервно-мышечного аппарата.

Результаты исследования мальчиков 7–9 лет обнаружили большие величины абсолютных показателей кистевой и становой динамометрии у учащихся 3 и 4 гр., по сравнению с таковыми у мальчиков 1 и 2 гр. С возрастом различия в величине абсолютной мышечной силы у лиц стайерского и спринтерского типов функционального реагирования возрастают и становятся достоверными ($p \leq 0,05$).

Таблица 4

Показатели мышечной силы мальчиков 7–15 лет с разным типом функционального реагирования нервно-мышечного аппарата ($M \pm m$)

Возраст, лет	Группы по ТФР	n	Показатели				
			Выносливость, с	Кистевая сила П + Л, кг	Кистевая сила П + Л/ масса тела, кг	Становая сила, кг	Становая сила/масса тела, кг
7–9	1	42	16,2 ± 1,34•	26,1 ± 0,9	1,03 ± 0,02	43,5 ± 1,8	1,73 ± 0,05
	2	12	8,6 ± 0,8	28,2 ± 1,3	1,11 ± 0,04"	44,3 ± 3,3	1,75 ± 0,10
	3	8	6,5 ± 2,0	28,4 ± 2,8	0,98 ± 0,06	47,0 ± 4,4	1,65 ± 0,11
	4	11	4,6 ± 0,4	28,2 ± 1,1	1,01 ± 0,03	46,9 ± 2,5	1,68 ± 0,08
10–11	1	65	25,7 ± 1,93•	32,7 ± 1,0••	1,06 ± 0,03	50,4 ± 1,6•	1,62 ± 0,05
	2	30	12,9 ± 0,6	34,2 ± 1,0"	1,08 ± 0,03	52,2 ± 3,2	1,65 ± 0,08
	3	11	10,4 ± 1,3	40,0 ± 3,4	1,08 ± 0,11	62,2 ± 5,0	1,55 ± 0,12
	4	16	7,5 ± 0,6	43,8 ± 2,1	1,07 ± 0,05	62,0 ± 3,4	1,56 ± 0,09
12–15	1	33	38,3 ± 2,5•	46,7 ± 2,2♦	1,19 ± 0,04	67,1 ± 3,7♦	1,71 ± 0,07♦
	2	26	25,6 ± 4,3	52,6 ± 3,6"	1,17 ± 0,04"	75,9 ± 3,8"	1,72 ± 0,06"
	3	18	25,1 ± 2,3	65,3 ± 4,0	1,38 ± 0,08	89,1 ± 4,8	1,90 ± 0,06
	4	17	17,3 ± 1,7	65,1 ± 4,2	1,24 ± 0,06	100,4 ± 6,5	1,90 ± 0,06

Примечание: 1 гр. – стайеры, 2 гр. – тяготеющие к стайерам, 3 гр. – тяготеющие к спринтерам, 4 гр. – спринтеры. Достоверные различия средних величин: ♦ – гр. 1–3; " – гр. 2–4; • – гр. 1–4 ($p \leq 0,05$).

В то же время анализ результатов исследования относительных показателей мышечной силы не позволил выявить какой-либо определенной закономерности изменений этих показателей в зависимости от типа реагирования, хотя и были обнаружены существенные различия между отдельными группами в разные возрастные периоды (табл. 4).

Исследование системы внешнего дыхания у мальчиков от 7–9 лет в зависимости от типа функционального реагирования показало (табл. 5), что у спринтеров абсолютные величины ЖЕЛ оказались достоверно больше, по сравнению с обследуемыми мальчиками стайерского типа реагирования.

Анализ результатов изучения величин относительных показателей в данном возрасте не выявил достоверных различий между группами мальчиков с разным типом реагирования нервно-мышечного аппарата.

Изучение результатов исследований ЖЕЛ у мальчиков 10–11 лет обнаружило значительно меньшую величину этого показателя у стайеров, по сравнению со спринтерами. Различия между обследуемыми 1 и 4 гр. оказались существенными ($p \leq 0,05$). В то же время величина жизненного индекса оказалась достоверно большей у стайеров ($p \leq 0,05$). Исследования жизненной емкости легких у мальчиков 12–15 лет обнаружили достоверное увеличение абсолютных показателей от стайеров к спринтерам. Так, величина этого показателя у спринтеров, по сравнению с их сверстниками стайерского типа, значительно выше, а значения ЖИ почти не отличаются.

По результатам максимальной скорости потока воздуха на вдохе и выдохе обследованные 10–11 и 12–15 лет 3 и 4 ТФР превосходили сверстников 1 и 2 ТФР (табл. 5). По относительным показателям МСПВ обнаружено некоторое преимущество представителей стайерского ТФР.

Таблица 5

Показатели функции внешнего дыхания у мальчиков 7–15 лет с разным типом функционального реагирования нервно-мышечного аппарата ($M \pm m$)

Возраст, лет	Группы по ТФР	n	Показатели			
			ЖЕЛ, л	ЖИ, мл/кг	МСПВ вд, л/с	МСПВ выд, л/с
7–9	1	42	1,60 ± 0,06•	62,91 ± 1,24	1,94 ± 0,08	2,25 ± 0,08
	2	12	1,67 ± 0,07	65,32 ± 2,30	1,84 ± 0,11	2,20 ± 0,13
	3	8	1,81 ± 0,15	64,90 ± 5,64	1,94 ± 0,24	2,51 ± 0,21
	4	11	1,84 ± 0,08	65,42 ± 1,82	2,04 ± 0,16	2,26 ± 0,12
10–11	1	65	2,08 ± 0,04•	67,65 ± 1,83•	2,49 ± 0,08♦	2,69 ± 0,06♦
	2	30	2,08 ± 0,06"	66,50 ± 1,81"	2,62 ± 0,09"	2,71 ± 0,11
	3	11	2,25 ± 0,08	60,10 ± 3,31	3,05 ± 0,22	3,30 ± 0,18
	4	16	2,39 ± 0,07	59,90 ± 2,58	3,04 ± 0,14	2,96 ± 0,15
12–15	1	33	2,62 ± 0,10♦	67,70 ± 1,36	3,61 ± 0,16♦	3,41 ± 0,11♦
	2	26	2,85 ± 0,16"	66,50 ± 2,57	3,84 ± 0,23	3,51 ± 0,16
	3	18	3,30 ± 0,18	69,90 ± 1,64	4,56 ± 0,21	4,14 ± 0,18
	4	17	3,35 ± 0,15	66,20 ± 2,48	4,48 ± 0,24	3,94 ± 0,16

Примечание: 1 гр. – стайеры, 2 гр. – тяготеющие к стайерам, 3 гр. – тяготеющие к спринтерам, 4 гр. – спринтеры. Достоверные различия средних величин: ♦ – гр. 1–3; " – гр. 2–4; • – гр. 1–4 ($p \leq 0,05$).

Исследование ЧСС в состоянии относительного покоя обнаружило более высокие величины этого показателя у мальчиков спринтерского типа функционального реагирования в большинстве возрастных групп (табл. 6). Исключением явились результаты исследования мальчиков 12–15 лет, когда ЧСС в покое у школьников 3 гр. оказалась достоверно реже, по сравнению с 1 гр.

Таблица 6

Показатели сердечно-сосудистой системы и физической работоспособности мальчиков 7–15 лет в зависимости от типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата ($M \pm m$)

Возраст, лет	Группы по ТФР	n	Показатели			
			ЧСС в покое, уд./мин	ЧСС нагр., уд./мин	ФР170/кг, кгм/мин кг	ДП, усл. ед.
7–9	1	42	87,7 ± 1,7	156,5 ± 1,9*	15,1 ± 0,5*	18 423 ± 506
	2	12	93,6 ± 3,6	162,2 ± 2,9	13,7 ± 0,5	19 137 ± 717
	3	8	90,7 ± 5,6	163,5 ± 5,8	13,7 ± 1,4	18 813 ± 984
	4	11	90,9 ± 1,8	162,9 ± 1,7	13,9 ± 0,3	18 177 ± 323
10–11	1	65	83,8 ± 1,1*	158,8 ± 1,5*	14,6 ± 0,4*	19 330 ± 351*
	2	30	84,4 ± 2,0	160,7 ± 3,0"	13,9 ± 0,6	19 625 ± 528"
	3	11	87,4 ± 5,5	162,3 ± 6,4	13,6 ± 1,2	20 650 ± 725
	4	16	90,0 ± 2,9	171,8 ± 4,0	11,8 ± 1,0	22 413 ± 740
12–15	1	33	83,1 ± 2,0♦	161,4 ± 2,0*	13,6 ± 0,4*	21 123 ± 423*
	2	26	78,5 ± 1,9"	158,7 ± 3,9"	14,0 ± 0,7"	20 832 ± 675"
	3	18	72,9 ± 2,7	159,8 ± 3,9	13,9 ± 0,8	20 092 ± 1110
	4	17	85,0 ± 2,5	170,5 ± 3,8	12,1 ± 0,6	23 600 ± 686

Примечание: 1 гр. – стайеры, 2 гр. – тяготеющие к стайерам, 3 гр. – тяготеющие к спринтерам, 4 гр. – спринтеры. Достоверные различия средних величин: * – гр. 1–4; ♦ – гр. 1–3; " – гр. 2–4 ($p \leq 0,05$).

Проведенное нами степ-эргометрическое исследование мальчиков 7–9 лет (табл. 6) позволило обнаружить наиболее экономичное и эффективное функционирование сердечно-сосудистой системы при выполнении физической нагрузки у стайеров, о чем свидетельствуют меньшие значения ЧСС при выполнении дозированной степ-эргометрической нагрузки и меньшие величины сердечного нагрузочного индекса (ДП). Различия достоверны ($p \leq 0,05$).

В группах мальчиков 10–11 и 12–15 лет более экономичное функционирование сердечно-сосудистой системы при выполнении дозированной степ-эргометрической нагрузки также отмечено у обследуемых стайерского типа. Исследование физической работоспособности обнаружило достоверно большие величины показателя ФР170/кг у представителей стайерского типа реагирования во всех возрастных группах обследованных мальчиков (табл. 6).

Заключение. Результаты исследования показали значительную неоднородность обследованных детей и подростков мужского пола 7–15 лет по типу функционального реагирования нервно-мышечного аппарата на физическую нагрузку. В целом, рассматривая всех обследованных без деления на возрастные группы, можно сказать, что большинство из них относились к 1 и 2 ТФР. Однако при рассмотрении возрастной динамики оказалось, что в ходе индивидуального развития МВ в них происходит целый ряд последовательных изменений. Это наглядно нашло свое от-

ражение в изменениях коэффициента силы во времени, характеризующего динамику типологических особенностей реагирования нервно-мышечного аппарата детей и подростков в рассмотренный период онтогенеза.

В препубертатный период (до 12 лет) преобладающее большинство обследованных характеризовалось стайерским и тяготеющим к нему типом функционального реагирования. В 13–14 лет наблюдалось уменьшение и увеличение доли подростков спринтерского и тяготеющего к нему типу, а далее в 15 лет вновь стала наблюдаться тенденция к увеличению стайеров и тяготеющих к ним.

Анализ антропологических показателей также выявил значительные различия между группами обследованных одного возраста, но с разным типом функционального реагирования. Особенно это наблюдалось при сравнении группы стайеров со сверстниками полярной относительно ее группой спринтеров.

Представители спринтерского ТФР отличались более высокими показателями тотальных размеров тела, индекса активной массы тела, абсолютных величин мышечной силы и показателями функции внешнего дыхания. Дети и подростки полярного стайерского типа характеризовались более высокими показателями мышечной выносливости, меньшими габаритами тела, но более лучшими показателями сердечно-сосудистой системы, более высокими адаптивными возможностями, экономичностью и более высокой физической работоспособностью по тесту PWC 170/кг.

Что касается обследованных с промежуточными ТФР, то их результаты в основном занимали среднее положение.

Таким образом, выявленные особенности лиц разного ТФР на физическую нагрузку определяют эффективность выполнения ими нагрузок разной направленности.

Вместе с тем представляет интерес, что 12–15-летние мальчики 3 гр. отличаются достаточно экономной реакцией сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку и неплохими аэробными возможностями, по сравнению с 1 гр. Скорее всего, на наш взгляд, это явилось следствием средовых влияний (двигательный режим), а не типологических особенностей функционального реагирования.

Методика типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата, основанная на исследовании максимальной мышечной силы, доступна для широкого использования при массовых исследованиях детей и подростков и достаточно адекватно отражает адаптивные способности организма к эффективному выполнению физических нагрузок различной направленности.

Определение типа функционального реагирования является важным инструментом оптимизации и повышения эффективности физкультурно-спортивной деятельности школьников.

Список источников

1. Блинков С. Н., Васильева Н. Ю., Лантев А. И. Реализация индивидуально-типологического подхода в физической подготовке школьников 15–17 лет // Вестник спортивной науки. – 2010. – № 6. – С. 22–26.
2. Варич Л. А., Мuryшкина Е. В., Потапова Н. Г. Индивидуальный подход на занятиях физической культурой и спортом: здоровьесберегающий аспект // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2015. – № 2(15). – С. 108–112.
3. Статическая работоспособность и особенности функционального реагирования на мышечную нагрузку юношей разных соматотипов / А. Ю. Приходько, С. Н. Герасимов, С. Г. Кривошёков, Р. И. Айзман // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. – 2024. – Т. 47. – С. 45–54.

4. Рубанович В. Б. Влияние двигательной активности на морфофункциональное развитие мальчиков разных конституциональных типов // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. – 2004. – Т. 90, ч. 2, № 8. – С. 397–398.
5. Спирин В. К. Индивидуальный подход как один из важнейших принципов базового курса физического воспитания в общеобразовательной школе // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2007. – № 1. – С. 11–13.
6. Жуков О. Ф., Левушкин С. П. Индивидуализация физической подготовки школьников 14–17 лет на основе учета особенностей телосложения // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 6(3). – С. 18–23.
7. Сонькин В. Д., Маслова Г. М. Проблема оценки физической работоспособности детей и подростков // Новые исследования. – 2008. – № 3. – С. 43–51.
8. Конституциональный подход в детском возрасте: анализ ситуации и методы исследования / Н. С. Букавнева, Д. Б. Никитюк, Э. В. Леонтьева, Н. М. Кондакова // Морфологические ведомости. – 2009. – № 1-2. – С. 85–87.
9. Шварц В. Б., Хрущёв С. В. Медико-биологические аспекты спортивной ориентации и отбора. – М.: Физкультура и спорт, 1984. – 145 с.
10. Головин М. С. Влияние физических нагрузок на изменения глюкозы и лактата крови спортсменов с разным типом реагирования нервно-мышечного аппарата // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2022. – Т. 7, № 3. – С. 77–81.
11. Казначеев В. П., Казначеев С. В. Адаптация и конституция человека. – Новосибирск, 1986. – 119 с.
12. Никитюк Б. А. Конституция человека. – М.: ВИНТИ, 1991. – Т. 4. – 130 с.
13. Язвиков В. В., Петрухин П. Г. Состав мышечных волокон смешанных скелетных мышц как фактор конституции человека // Теория и практика физической культуры. – 1991. – № 1. – С. 38–40.
14. Основные закономерности и типологические особенности роста и развития / В. Д. Сонькин, И. А. Корниенко, Р. В. Тамбовцева, В. В. Зайцева, С. И. Изаак // Физиология развития ребенка / под ред. М. М. Безруких, Д. А. Фарбер. – М.: Образование от А до Я, 2000. – С. 31–59.
15. Щедрин А. С. Тип мышечной работоспособности и оценка адаптивных реакций человека // Теория и практика физической культуры. – 1995. – № 4. – С. 104–105.
16. Рубанович В. Б. Врачебно-педагогический контроль при занятиях физической культурой. – М.: Юрайт, 2017. – 264 с.
17. Розенблат В. В. Проблема утомления. – М.: Медицина, 1975. – 175 с.

References

1. Blinkov S. N., Vasilyeva N. Yu., Laptev A. I. Implementation of an individual typological approach in physical training of schoolgirls aged 15–17 years. *Bulletin of Sports Science*, 2010, no. 6, pp. 22–26. (In Russian)
2. Varich L. A., Muryshkina E. V., Potapova N. G. Individual approach in physical education and sports: the health-saving aspect. *Vocational Education in Russia and Abroad*, 2015, no. 2(15), pp. 108–112. (In Russian)
3. Static working capacity and features of functional response to muscle load in young men of different somatotypes. A. Yu. Prikhodko, S. N. Gerasimov, S. G. Krivoshechov, R. I. Aizman. *News of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology*, 2024, no. 47, pp. 45–54. (In Russian)
4. Rubanovich V. B. The influence of motor activity on the morphofunctional development of boys of different constitutional types. *Russian Physiological Journal named after I. M. Sechenov*, 2004, vol. 90, part 2, no. 8, pp. 397–398. (In Russian)
5. Spirin V. K. Individual approach as one of the most important principles of the basic course of physical education in secondary schools. *Physical Education: Upbringing, Education, Training*, 2007, no. 1, pp. 11–13. (In Russian)

6. Zhukov O. F., Levushkin S. P. Individualization of physical training of schoolchildren aged 14–17 years based on consideration of body characteristics. *Modern Problems of Science and Education*, 2007, no. 6(3), pp. 18–23. (In Russian)
7. Sonkin V. D., Maslova G. M. The problem of assessing the physical performance of children and adolescents. *New Research*, 2008, no. 3, pp. 43–51. (In Russian)
8. Constitutional approach in childhood: situation analysis and research methods. N. S. Bukavneva, D. B. Nikityuk, E. V. Leontieva, N. M. Kondakova. *Morphological Bulletin*, 2009, no. 1-2, pp. 85–87. (In Russian)
9. Shvarts V. B., Khrushchev S. V. Medical and biological aspects of sports orientation and selection. Moscow: Physical Education and Sports, 1984, 145 p. (In Russian)
10. Golovin M. S. The effect of physical exertion on changes in blood glucose and lactate in athletes with different types of neuromuscular response. *Physical Education. Sport. Tourism. Motor Recreation*, 2022, vol. 7, no. 3, pp. 77–81. (In Russian)
11. Kaznacheev V. P., Kaznacheev S. V. Adaptation and human constitution. Novosibirsk, 1986, 119 p. (In Russian)
12. Nikityuk B. A. Human Constitution. Moscow: VINITI, 1991, vol. 4, 130 p. (In Russian)
13. Yazvikov V. V., Petrukhin P. G. The composition of muscle fibers of mixed skeletal muscles as a factor of human constitution. *Theory and Practice of Physical Education*, 1991, no. 1, pp. 38–40. (In Russian)
14. Basic patterns and typological features of growth and development. V. D. Sonkin, I. A. Kornienko, R. V. Tambovtseva, V. V. Zaitseva, S. I. Izaak. Physiology of child development. Ed. by M. M. Bezrukikh, D. A. Farber. Moscow: Education from A to Ya, 2000, pp. 31–59. (In Russian)
15. Shchedrin A. S. Type of muscular performance and assessment of human adaptive reactions. *Theory and Practice of Physical Education*, 1995, no. 4, pp. 104–105. (In Russian)
16. Rubanovich V. B. Medical and pedagogical control in physical education classes. Moscow: Yurait, 2017, 264 p. (In Russian)
17. Rosenblat V. V. The problem of fatigue. Moscow: Medicine, 1975, 175 p. (In Russian)

Информация об авторе

В. Б. Рубанович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры спортивных дисциплин факультета физической культуры, Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия, <http://orcid.org/0000-0003-2485-4388>, rubanovich08@mail.ru

Information about the author

V. B. Rubanovich, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Sports Disciplines of the Faculty of Physical Education, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0003-2485-4388>, rubanovich08@mail.ru

Поступила: 10.02.2025

Принята к публикации: 12.02.2025

Received: 10.02.2025

Accepted for publication: 12.02.2025