

Антропо-функциональные особенности организма девочек 7–15 лет в зависимости от типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата

Рубанович Виктор Борисович¹

¹Новосибирский государственный педагогический университет,
Новосибирск, Россия

Аннотация

Введение. Характер адаптации организма к условиям среды, в том числе и физическим нагрузкам, зависит от особенностей нервно-мышечного аппарата. Большинство работ, касающихся проблемы изучения данных типологических особенностей организма, посвящено взрослым спортсменам, крайне мало сведений о морфофункциональных характеристиках организма детей и подростков разных адаптивных типов реагирования нервно-мышечного аппарата. Цель исследования: изучить антропо-функциональные показатели девочек 7–15 лет с разным типом функционального реагирования нервно-мышечного аппарата.

Материалы и методы. Обследованы девочки от 7 до 15 лет ($n = 321$) основной медицинской группы. Тип функционального реагирования (ТФР) «стайер» – «спринтер» определяли по отношению результатов максимальной кистевой мышечной силы (ММС) к максимальной мышечной выносливости (ММВ), распределяя девочек на стайеров (1 гр.), тяготеющих к стайерам (2 гр.), тяготеющих к спринтерам (3 гр.) и спринтеров (4 гр.). Исследовали основные антропометрические показатели, показатели мышечной силы, соматотип по тотальным размерам тела. Рассчитывали индексы кистевой и становой силы (ИКС, ИСС), индексы активной массы тела и Кетле (ИАМТ, ИК). Определяли жизненную емкость легких (ЖЕЛ), максимальную скорость потока воздуха при форсированном вдохе и выдохе (МСПВ вд., МСПВ выд.), частоту сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление в покое и после выполнения стандартной физической нагрузки. Рассчитывали жизненный индекс (ЖИ), индекс Робинсона (ИР), физическую работоспособность по тесту PWC₁₇₀. Результаты обработаны методами математической статистики с использованием пакета статистических программ STATISTIKA для PC.

Результаты и обсуждение. Обнаружена значительная неоднородность обследованного контингента по ТФР. Большинство девочек характеризуется стайерским и близким к нему ТФР, но в 12–15 лет наблюдается увеличение доли девочек 3 и 4 ТФР и уменьшение доли девочек 1 ТФР. Девочки 4-й гр. значительно превосходили своих сверстниц стайерского типа по ДТ, МТ ОГК, ИК, ИАМТ, мышечной силе, но уступали им по ММВ. Стайеры отличались более экономной хронотропной и кардиоваскулярной адаптивной реакцией на стандартную физическую нагрузку, более высокими значениями PWC₁₇₀/кг ($p < 0,05$).

Заключение. Среди девочек 7–15 лет обнаружены представители разных типов функционального реагирования нервно-мышечного аппарата. В зависимости от ТФР выявлены особенности физического развития, максимальной мышечной выносливости, силы, адаптивных возможностей кардиореспираторного аппарата. Это может быть предпосылкой для повышения эффективной деятельности аэробной направлен-

ности стайерами и скоростно-силовой направленности спринтерами. Показана целесообразность оптимизации физкультурно-спортивной деятельности обучающихся с учетом ТФР.

Ключевые слова: мышечная сила; максимальная статическая выносливость; тип функционального реагирования «спринтер» – «стайер»; антропометрические и функциональные показатели.

Для цитирования: Рубанович В. Б. Антропо-функциональные особенности организма девочек 7–15 лет в зависимости от типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата // Физическая культура. Спорт. Здоровье. – 2026. – № 1 (8). – С. 39–52.

Scientific article

Anthropo-functional characteristics of the body of girls aged 7–15 years depending on the type of functional response of the neuromuscular system

Rubanovich Victor Borisovich¹

¹*Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia*

Abstract

Introduction. The nature of the body's adaptation to environmental conditions, including physical exertion, depends on the characteristics of the neuromuscular apparatus. Most research addressing the study of these typological characteristics of the organism is devoted to adult athletes, and there is very little information on the morpho-functional characteristics of children and adolescents of different adaptive types of neuromuscular response. Objective: To study the anthropo-functional indicators of girls aged 7–15 years with different types of functional response of the neuromuscular apparatus.

Materials and methods. Girls aged 7 to 15 years ($n = 321$) from the main medical group were examined. The functional response type (FRT) of “stayer” – “sprinter” was determined based on the ratio of maximum handgrip muscle strength (MHS) to maximum muscular endurance (MEE), classifying the girls into stayers (Group 1), those tending toward stayers (Group 2), those tending toward sprinters (Group 3), and sprinters (Group 4). Basic anthropometric indicators, muscle strength parameters, and somatotype based on overall body dimensions were studied. Calculated indices included handgrip and deadlift strength indices (HGSI, DLSI), indices of active body mass and Quetelet index (ABMI, QI). Measurements included vital capacity (VC), peak inspiratory and expiratory flow rates (PIF, PEF), resting heart rate (HR), blood pressure at rest and after a standard physical load. Calculated indices included the vital index (VI), Robinson index (RI), and physical working capacity according to the PWC₁₇₀ test. Results were processed using statistical methods with the STATISTIKA software package for PC.

Results and discussion. Significant heterogeneity in the examined cohort according to FRT was found. Most girls were characterized by a stayer or stayer-like FRT; however, at ages 12–15, an increase in the proportion of girls with FRT 3 and 4 and a decrease in the proportion of girls with FRT 1 were observed. Girls in Group 4 significantly surpassed their peers of the stayer type in body length, body weight, chest circumference, QI, ABMI, and muscle strength, but had lower MEE. Stayers demonstrated a more economical chronotropic and cardiovascular adaptive response to standard physical exertion, as well as higher PWC₁₇₀/kg values ($p < 0,05$).

Conclusion. Among girls aged 7–15 years, representatives of different functional response types of the neuromuscular apparatus were found. Depending on FRT, characteristics of physical development, maximum muscular endurance, strength, and adaptive capabilities of the cardiorespiratory system were identified. This may serve as a prerequisite for enhancing the effectiveness of aerobic-oriented activities in stayers and speed-strength-oriented activities in sprinters. The advisability of optimizing physical education and sports activities of students, taking into account FRT, is demonstrated.

Keywords: muscle strength; maximum static endurance; type of functional response “sprinter” – “stayer”; anthropometric and functional indicators.

For citation: Rubanovich V. B. Anthro-po-functional characteristics of the body of girls aged 7–15 years depending on the type of functional response of the neuromuscular system. *Physical Education. Sport. Health*, 2026, no. 1 (8), pp. 39–52.

Введение. Как известно, физическая культура является одним из эффективных средств гармоничного воспитания подрастающего поколения, укрепления здоровья и подготовки к выполнению производительного труда [1; 2]. Физкультурная деятельность, будучи социальной по своей сущности и имея педагогическое содержание, воспитательную направленность, содержит биологическую основу. Именно биологический аспект играет главную роль в научном поиске, направленном на решение проблемы адаптации организма детей школьного возраста к физическим нагрузкам различной интенсивности и направленности [3].

Известно, что физкультурная деятельность является лишь тогда фактором формирования, сохранения и укрепления здоровья, когда соответствует индивидуальным особенностям занимающихся [4]. На необходимость дифференцированного подхода в процессе физического воспитания и оптимизации физкультурной деятельности школьников с учетом типологических особенностей, приспособления организма к физическим нагрузкам указывают многие исследователи [4; 5]. Игнорирование индивидуальных особенностей организма в процессе физкультурной деятельности чревато негативными последствиями. Однако разработка и реализация учебно-тренировочных программ для занятий физической культурой и спортом и сегодня, как правило, осуществляются без учета типологических особенностей занимающихся.

Согласно имеющимся данным характер адаптации организма к условиям среды, в том числе и физическим нагрузкам, зависит от особенностей нервно-мышечного аппарата [6; 7].

На основании многочисленных работ показано, что состав мышечных волокон генетически детерминирован, т. е. наследственно обусловлен, что открывает большие возможности в выборе физкультурно-спортивной и профессиональной деятельности [8; 9].

Вместе с тем известно непостоянство структуры мышечной ткани в разные периоды онтогенеза [10; 11]. Так, период 5–10 лет характеризуется определенной стабильностью, в 11–12 лет понижается окислительный потенциал мышц с уменьшением волокон 1 типа с 55 % до 34 % и увеличением доли быстрых волокон. В пубертатный период вновь наблюдается временное увеличение доли медленных волокон до 57 %.

Что касается вопросов, связанных с изменчивостью гистохимических особенностей мышечного волокна под влиянием физических нагрузок, то данные о них до сих пор остаются противоречивыми и находятся в стадии изучения [12; 13].

Многочисленными исследованиями показаны различия морфологических, функциональных, биохимических показателей у лиц разного типа адаптивного реагирования [6; 14], что в конечном итоге и определяет особенности их приспособления к условиям среды.

Согласно существующим представлениям особенности адаптации организма к условиям и влияниям среды в значительной степени определяются типом реагирования.

Большинство работ, касающихся проблемы изучения данных типологических особенностей организма, посвящено взрослым спортсменам, крайне мало сведений о морфофункциональных характеристиках организма детей и подростков разных адаптивных типов реагирования нервно-мышечного аппарата.

Важность изучения этой проблемы и недостаточная ее освещенность в научной литературе явились побудительными мотивами к выполнению данной работы.

Цель исследования: изучить антропо-функциональные показатели девочек 7–15 лет с разным типом функционального реагирования нервно-мышечного аппарата.

Материалы и методы исследования. Для достижения поставленной цели обследованы девочки от 7 до 15 лет ($n = 321$) основной медицинской группы, занимающиеся физкультурой только по программе среднего общеобразовательного учреждения. Исследования проводились в начале учебного года, в первой половине дня с соблюдением существующих этических правил и добровольным согласием родителей детей.

Количественная характеристика обследованного контингента представлена в таблице 1.

Таблица 1

Количественная характеристика обследованного контингента

Возраст, лет	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кол-во, чел.	11	35	50	55	52	20	42	47	9

Для определения типов мышечных волокон существуют прямой и косвенный методы [15–18].

Из-за сложности широкого применения метода биопсии для определения типов функционального реагирования нервно-мышечного аппарата (спринтер – стайер) нами использован косвенный метод [19–22]. Он основан на результатах исследования кистевой мышечной силы и максимальной мышечной выносливости (ММВ) [6; 20].

Тип функционального реагирования «стайер» – «спринтер» определяли по отношению результатов максимальной кистевой мышечной силы (ММС) к максимальной мышечной выносливости (ММВ). Последнюю определяли по методу В. В. Розенблата [23]. 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.

Исследование антропометрических показателей включало определение длины и массы тела, обхвата грудной клетки (ДТ, МТ, ОГК), содержания резервного жира методом калиперометрии, кистевой и становой мышечной силы (КС, СС). Рассчитывали индекс Кетле (ИК), индексы кистевой и становой силы (ИКС, ИСС), индекс

активной массы тела (ИАМТ). По данным основных антропометрических показателей определяли принадлежность девочек к микро-/мезо- или макросоматическому типам (МиС, МеС, МаС). Функцию внешнего дыхания оценивали по результатам показателей жизненной емкости легких (ЖЕЛ), максимальной скорости потока воздуха при форсированном вдохе и выдохе (МСПВ вдох, МСПВ выдох) с использованием пневмотахометра ПТ-1, жизненного индекса (ЖИ) [4].

Для изучения функционального состояния и адаптивных возможностей системы кровообращения определяли частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД) в покое, после выполнения стандартной физической нагрузки и в период восстановления. Рассчитывали индекс Робинсона (ИР), характеризующий экономичность деятельности сердечно-сосудистой системы по результатам ЧСС и САД после выполнения стандартной степ-эргометрической нагрузки мощностью 12 кгм/мин/кг [24]. Физическую работоспособность определяли по тесту PWC_{170} [4].

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 STATISTIKA для PC.

Результаты и обсуждение. На основании полученных результатов исследования все обследованные девочки были распределены по типам функционального реагирования (ТФР) нервно-мышечного аппарата на четыре группы: 1 гр. – стайерский тип реагирования; 2 гр. – тяготеющие к стайерам; 3 гр. – тяготеющие к спринтерам; 4 гр. – девочки спринтерского типа функционального реагирования. Как видно из данных, представленных в таблице 2, самыми представительными оказались 1 и 2 гр., в которых было соответственно 40 и 33 % от общего количества обследованных девочек. Значительно меньше оказалось представительниц спринтерского и тяготеющего к нему типу функционального реагирования – лишь 14 % в 3 гр. и 13 % в 4 гр.

Таблица 2

Количественная характеристика девочек 7–15 лет по типам функционального реагирования нервно-мышечного аппарата, в %

Возраст, лет	n	Группы по типам функционального реагирования					
		1	2	3	4	1 + 2	3 + 4
7	11	54,5	18,3	27,2	–	72,8	27,2
8	35	51,4	37,2	2,8	8,6	88,6	11,4
9	50	42,0	34,0	8,0	16,0	76,0	24,0
10	55	52,7	34,5	10,9	1,8	85,4	14,6
11	52	38,5	30,8	15,4	15,4	69,2	30,8
12	20	30,0	45,0	15,0	10,0	75,0	25,0
13	42	35,6	31,0	16,7	16,7	66,6	33,4
14	47	21,3	38,3	21,3	19,1	59,6	40,4
15	9	33,3	11,1	33,3	22,2	44,4	55,6

Примечание: 1 гр. – стайеры, 2 гр. – тяготеющие к стайерам, 3 гр. – тяготеющие к спринтерам, 4 гр. – спринтеры.

Внутригрупповой анализ показал, что во всех возрастных группах сохраняется преобладание девочек стайерского и тяготеющего к нему типов функционального реагирования нервно-мышечного аппарата (1 и 2 гр.). Исключением оказался 15-летний возраст, когда было обнаружено несколько большее количество девочек 3-й и 4-й гр. (56 %), по сравнению с количеством их сверстниц в 1-й и 2-й гр. (44 %). Это в определенной мере согласуется с литературными данными о волнообразных гистохимических изменениях мышечных волокон у детей в онтогенезе [11].

Далее результаты исследования представлены по трем возрастным группам (7–9, 10–11 и 12–15 лет) с учетом типа функционального реагирования (рис. 1).

Как видно, во всех возрастных группах сохраняется большее количество девочек стайерского и близкого к нему типу реагирования.

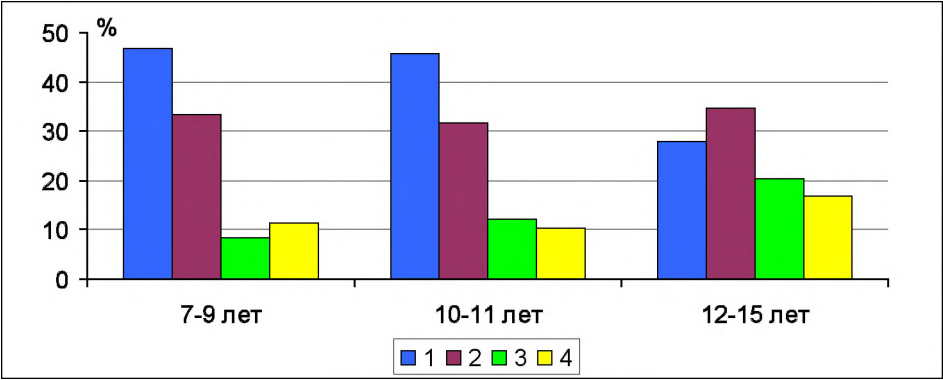


Рис. 1. Распределение девочек по типам функционального реагирования нервно-мышечного аппарата в возрастных группах (7–9, 10–11 и 12–15 лет), в %

Таким образом, результаты исследования обнаружили значительную неоднородность обследованного контингента по типу функционального реагирования нервно-мышечного аппарата. При этом большинство девочек в возрасте 7–15 лет характеризуются стайерским и близким к нему типами функционального реагирования нервно-мышечного аппарата. Тем не менее среди девочек 12–15 лет, по сравнению с младшими группами (7–9 и 10–11 лет), возрастает доля девочек 3 и 4 ТФР и уменьшается доля девочек 1 ТФР (рис. 1).

Проведенный анализ показал, что девочки 4-й гр. спринтерского ТФР в возрасте 7–9, 10–11 и 12–15 лет значительно превосходят своих сверстниц стайерского типа по всем антропометрическим показателям физического развития – по длине тела, массе тела, ОГК, ИК, причем в большинстве случаев статистически значимо (табл. 3).

В то же время девочки промежуточных ТФР (2 и 3 гр.) в основном занимают среднее положение по величинам изученных показателей.

Исследование телосложения (табл. 4) также показало, что для девочек 1-й гр. спринтерского типа характерны большие тотальные размеры, по сравнению с девочками 4-й гр. стайерского типа, о чем свидетельствуют большие величины балльной оценки соматотипа у девочек 4-й гр., по сравнению с 1-й гр. ($p < 0,05$).

Таблица 3

**Показатели физического развития девочек 7–15 лет в зависимости
от типа функционального реагирования (М ± SE)**

Возраст, лет	Группы по ТФР	n	Показатели			
			Рост, см	Вес, кг	ОГК, см	ИК, у.е.
7–9	1	45	129,1 ± 1,3•	26,0 ± 0,71•	59,6 ± 0,5•	15,5 ± 0,4•
	2	32	131,2 ± 0,6°	26,5 ± 0,6°	60,4 ± 0,6°	15,4 ± 0,3°
	3	8	131,7 ± 2,8	26,1 ± 1,6	61,2 ± 1,1	15,1 ± 0,6
	4	11	136,1 ± 1,6	31,5 ± 1,4	64,4 ± 1,4	17,1 ± 0,6
10–11	1	49	140,9 ± 0,9*	28,6 ± 0,9•*	61,7 ± 0,4•*	14,9 ± 0,3•*
	2	34	143,6 ± 0,9	33,9 ± 0,6°	66,1 ± 0,7	16,4 ± 0,2°
	3	13	145,8 ± 1,9	35,0 ± 1,4	67,1 ± 1,3	17,1 ± 0,6
	4	11	145,2 ± 1,7	38,2 ± 1,7	67,6 ± 1,3	18,0 ± 0,6
12–15	1	33	157,3 ± 1,4	44,1 ± 1,8•	73,1 ± 1,3•	17,7 ± 0,4•
	2	41	156,7 ± 0,9°	42,7 ± 1,2°	72,2 ± 0,9°	17,4 ± 0,4°
	3	24	160,5 ± 1,6	48,2 ± 1,3	75,1 ± 1,31	18,7 ± 0,4
	4	20	161,5 ± 1,9	53,2 ± 3,1	80,1 ± 1,9	20,3 ± 0,9

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 < 0,05).

Таблица 4

**Особенности телосложения девочек 7–15 лет в зависимости
от типа функционального реагирования (М ± SE)**

Возраст, лет	Группы по ТФР	n	Показатели			
			Соматотип, баллы	Площадь поверхности тела, м²	ИАМТ, у.е.	Жировая масса, %
7–9	1	45	11,3 ± 0,5•	0,97 ± 0,02•	0,99 ± 0,01•	22,5 ± 0,4
	2	32	12,1 ± 0,5°	0,99 ± 0,01°	1,04 ± 0,40	22,6 ± 0,6
	3	8	12,4 ± 1,1	0,98 ± 0,04	0,97 ± 0,06	22,2 ± 0,7
	4	11	15,4 ± 0,9	1,09 ± 0,03	1,14 ± 0,07	23,3 ± 0,8
10–11	1	49	9,4 ± 0,4•*	1,04 ± 0,02•*	0,92 ± 0,02•*	21,7 ± 0,3•*
	2	34	11,3 ± 0,4	1,19 ± 0,02	1,04 ± 0,03°	22,8 ± 0,4°
	3	13	12,3 ± 0,6	1,20 ± 0,03	1,07 ± 0,06	24,5 ± 0,7
	4	11	12,3 ± 0,9	1,23 ± 0,03	1,19 ± 0,05	24,2 ± 0,7
12–15	1	33	10,6 ± 0,6•	1,38 ± 0,03•*	0,99 ± 0,03•	20,6 ± 0,6•
	2	41	10,3 ± 0,5°	1,37 ± 0,02°	1,01 ± 0,02	19,9 ± 0,5°
	3	24	11,8 ± 0,5	1,47 ± 0,02	1,06 ± 0,04	21,5 ± 0,8
	4	20	13,7 ± 0,9	1,53 ± 0,05	1,13 ± 0,06	22,8 ± 0,8

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 < 0,05).

Девочки спринтерского типа характеризуются большими величинами массо-ростового показателя и ИАМТ.

Вместе с тем заслуживает внимания то, что при более высоких значениях ИАМТ у лиц спринтерского типа выявлено более высокое содержание резервного жира, по сравнению с девочками 1-й гр.

Что касается силовых показателей, то исследование выявило значительное преимущество девочек стайерского типа (1 гр.) в максимальной мышечной выносливости, по сравнению с их сверстницами спринтерского типа (рис. 2).

В то же время абсолютные величины кистевой и становой мышечной силы оказались существенно больше у девочек спринтерского типа реагирования (табл. 5).

Однако анализ результатов относительных показателей кистевой и становой мышечной силы в зависимости от типа функционального реагирования, представленных в таблице 5, не выявил какой-либо определенной закономерности в особенностях этих показателей у представителей разных типов функционального реагирования.

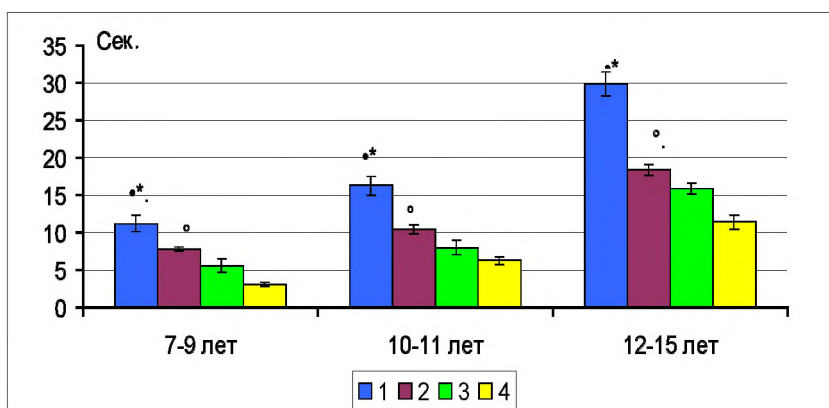


Рис. 2. Показатели мышечной выносливости у девочек 7–15 лет с разным типом функционального реагирования нервно-мышечного аппарата ($M \pm SE$)

(1 гр. – стайеры, 2 гр. – тяготелющие к стайерам, 3 гр. – тяготелющие к спринтерам, 4 гр. – спринтеры. Достоверные различия средних величин:

* – гр. 1–3; • – гр. 1–4; ° – гр. 2–4 ($p < 0,05$))

При исследовании показателей системы внешнего дыхания девочек с разным типом функционального реагирования наибольшие абсолютные величины жизненной емкости легких и показателей пневмотахометрии на вдохе и выдохе обнаружены у спринтеров и тяготелющих к ним во всех возрастных группах, по сравнению со школьницами стайерского типа (табл. 6).

В то же время относительные величины показателей системы внешнего дыхания, в большей мере характеризующие функциональные возможности системы, у девочек спринтерского типа реагирования в большинстве случаев оказались меньше, чем у их сверстниц стайерского типа.

Таблица 5

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

Возраст, лет	Группы по ТФР	n	Показатели			
			Кистевая сила (П + Л), кг	ИКС, кг	Становая сила, кг	ИСС, кг
7–9	1	45	21,73 $\pm$ 0,74*	0,85 $\pm$ 0,03*	35,87 $\pm$ 1,22•	1,40 $\pm$ 0,04
	2	32	21,73 $\pm$ 0,85	0,83 $\pm$ 0,02	35,78 $\pm$ 1,59	1,36 $\pm$ 0,07
	3	8	25,88 $\pm$ 1,48	0,99 $\pm$ 0,06	39,63 $\pm$ 2,36	1,57 $\pm$ 0,15
	4	11	23,64 $\pm$ 1,79	0,77 $\pm$ 0,03	40,91 $\pm$ 3,08	1,31 $\pm$ 0,09
10–11	1	49	28,12 $\pm$ 0,45•	0,99 $\pm$ 0,01	41,90 $\pm$ 0,83•	1,36 $\pm$ 0,02
	2	34	31,90 $\pm$ 1,00	0,92 $\pm$ 0,03	47,40 $\pm$ 1,60	1,31 $\pm$ 0,05
	3	13	30,60 $\pm$ 0,75	0,89 $\pm$ 0,06	48,4 $\pm$ 2,00	1,34 $\pm$ 0,05
	4	11	31,30 $\pm$ 1,27	0,84 $\pm$ 0,07	51,00 $\pm$ 2,83	1,32 $\pm$ 0,08
12–15	1	33	40,06 $\pm$ 1,41•*	0,93 $\pm$ 0,02	60,94 $\pm$ 2,16•	1,40 $\pm$ 0,06
	2	41	41,90 $\pm$ 1,26°	0,98 $\pm$ 0,02	61,56 $\pm$ 1,84	1,45 $\pm$ 0,04
	3	24	47,46 $\pm$ 1,78	0,99 $\pm$ 0,03	59,42 $\pm$ 3,04	1,25 $\pm$ 0,06
	4	20	46,95 $\pm$ 1,92	0,92 $\pm$ 0,04	67,65 $\pm$ 3,59	1,29 $\pm$ 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. 1–4; ° – гр. 2–4 ($p < 0,05$).

Таблица 6

Показатели системы внешнего дыхания у девочек 7–15 лет в зависимости от типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата ($M \pm SE$)

Возраст, лет	Группы ТФР	n	Показатели			
			ЖЕЛ, л	ЖИ, мл/кг	ПТМ вд, л/с	ПТМ выд, л/с
7–9	1	45	1,53 $\pm$ 0,03 •	59,7 $\pm$ 1,1	1,85 $\pm$ 0,06•	2,21 $\pm$ 0,07
	2	32	1,56 $\pm$ 0,04	59,6 $\pm$ 1,6	1,73 $\pm$ 0,06°	2,06 $\pm$ 0,07
	3	8	1,64 $\pm$ 0,09	63,2 $\pm$ 3,2	1,75 $\pm$ 0,09	2,09 $\pm$ 0,12
	4	11	1,76 $\pm$ 0,10	56,5 $\pm$ 3,2	2,15 $\pm$ 0,12	2,31 $\pm$ 0,11
10–11	1	49	1,76 $\pm$ 0,03•	61,8 $\pm$ 0,5	2,19 $\pm$ 0,06•	2,47 $\pm$ 0,05•
	2	34	1,93 $\pm$ 0,06°	58,7 $\pm$ 1,95	2,61 $\pm$ 0,09	2,93 $\pm$ 0,09
	3	13	1,96 $\pm$ 0,09	57,9 $\pm$ 3,1	2,31 $\pm$ 0,15	2,66 $\pm$ 0,08
	4	11	2,20 $\pm$ 0,09	58,3 $\pm$ 2,2	2,69 $\pm$ 0,09	2,96 $\pm$ 0,09
12–15	1	33	2,71 $\pm$ 0,08•	62,1 $\pm$ 1,3	3,44 $\pm$ 0,12	3,43 $\pm$ 0,11•*
	2	41	2,77 $\pm$ 0,07°	64,8 $\pm$ 1,52	3,46 $\pm$ 0,12	3,69 $\pm$ 0,09
	3	24	2,91 $\pm$ 0,10	60,7 $\pm$ 1,6	3,64 $\pm$ 0,14	4,03 $\pm$ 0,13
	4	20	3,06 $\pm$ 0,10	59,4 $\pm$ 2,54	3,65 $\pm$ 0,13	3,90 $\pm$ 0,12

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 ($p < 0,05$).

Сравнительный анализ результатов исследования системы кровообращения в условиях относительного покоя не выявил существенных различий величины ЧСС у девочек с разным типом функционального реагирования (табл. 7). Вместе с тем изучение адаптивной реакции системы кровообращения к дозированной физической нагрузке у девочек разных типов функционального реагирования позволило обнаружить особенности. Выявлено наиболее экономичное и эффективное функционирование сердечно-сосудистой системы у представительниц стайерского типа, по сравнению со спринтерами, о чем свидетельствуют меньшие значения ЧСС при выполнении дозированной степ-эргометрической нагрузки и меньшие индексы Робинсона ($p < 0,05$), что говорит о более экономичном функционировании сердечно-сосудистой системы первых ($p < 0,05$).

Таблица 7

Показатели адаптации кардиоваскулярной системы и физической работоспособности у девочек 7–9 лет в зависимости от типа функционального реагирования нервно-мышечного аппарата ($M \pm SE$)

Возраст, лет	Группы по ТФР	n	Показатели			
			ЧСС покоя, уд/мин	ЧСС нагр., уд/мин	$PWC_{170}/кг, кгм/(мин \times кг)$	ИР, усл. ед.
7–9	1	45	$90,7 \pm 1,7$	$170,9 \pm 2,1^{\bullet}$	$12,1 \pm 0,4^{\bullet}$	$201,8 \pm 3,7^{\bullet}$
	2	32	$93,3 \pm 2,0$	$169,5 \pm 1,8^{\circ}$	$12,2 \pm 0,3^{\circ}$	$202,6 \pm 4,1^{\circ}$
	3	8	$94,9 \pm 3,5$	$166,4 \pm 4,1$	$12,5 \pm 0,6$	$197,1 \pm 8,8$
	4	11	$88,0 \pm 3,0$	$178,8 \pm 3,3$	$10,6 \pm 0,5$	$220,7 \pm 7,8$
10–11	1	49	$88,6 \pm 1,0$	$169,4 \pm 1,7^{\bullet}$	$12,3 \pm 0,2^{\bullet*}$	$205,2 \pm 3,8^{\bullet*}$
	2	34	$92,0 \pm 1,6$	$168,2 \pm 1,7^{\circ}$	$12,4 \pm 0,3^{\circ}$	$210,0 \pm 3,6$
	3	13	$91,6 \pm 4,5$	$181,7 \pm 3,3$	$10,5 \pm 0,4$	$226,0 \pm 7,3$
	4	11	$91,9 \pm 2,0$	$178,6 \pm 2,9$	$11,0 \pm 0,4$	$226,8 \pm 8,0$
12–15	1	33	$91,2 \pm 1,5$	$173,4 \pm 1,6^{\bullet}$	$11,6 \pm 0,3^{\bullet}$	$234,0 \pm 5,8^{\bullet}$
	2	41	$90,6 \pm 1,6$	$174,5 \pm 2,4^{\circ}$	$11,5 \pm 0,3^{\circ}$	$235,8 \pm 5,9^{\circ}$
	3	24	$87,7 \pm 1,6$	$174,3 \pm 2,5$	$11,6 \pm 0,4$	$238,6 \pm 4,9$
	4	20	$92,6 \pm 2,4$	$184,8 \pm 2,8$	$10,1 \pm 0,3$	$267,0 \pm 8,3$

Примечание: 1 гр. – стайеры, 2 гр. – тяготеющие к стайерам, 3 гр. – тяготеющие к спринтерам, 4 гр. – спринтеры. Достоверные различия средних величин: * – гр. 1–3; $\bullet$ – гр. 1–4; $^{\circ}$ – гр. 2–4 ($p < 0,05$).

Исследование физической работоспособности выявило различия величины показателя $PWC_{170}/кг$ у обследованных девочек разных типов функционального реагирования нервно-мышечного аппарата. Достоверно большей оказалась величина относительного показателя физической работоспособности, характеризующего аэробную производительность организма, у стайеров по сравнению со спринтерами. Так, величины этого показателя у девочек 1-й гр. в 7–9, 10–11 и 12–15-летнем возрасте составили соответственно $12,1 кгм/(мин \times кг)$; $12,3 кгм/(мин \times кг)$ и $11,6 кгм/(мин \times кг)$, в то время как у спринтеров – $10,6 кгм/(мин \times кг)$; $11,0 кгм/(мин \times кг)$ и $10,1 кгм/(мин \times кг)$ (табл. 7).

В целом результаты исследования системы кровообращения у девочек указывают на более совершенную адаптацию к физическим нагрузкам и более высокие аэробные возможности стайеров, по сравнению со спринтерами.

Ограничения исследования – в работе не представлены.

Закключение. Таким образом, комплексное исследование девочек 7–15 лет обнаружило значительную их неоднородность по типам функционального реагирования нервно-мышечного аппарата. В свою очередь, школьники разных типов реагирования имеют особенности физического развития, максимальной мышечной выносливости, силы, адаптивных возможностей кардиореспираторного аппарата и физической работоспособности, что является основой к эффективной деятельности аэробной направленности стайерами и скоростно-силовой направленности – спринтерами. Лица промежуточных типов реагирования имеют средние способности к эффективному выполнению нагрузок полярной направленности. Полученные данные показывают необходимость оптимизации организации физкультурно-спортивной деятельности обучающихся в условиях общеобразовательных учреждений и учреждений дополнительного образования (детские спортивные школы, клубы и т. д.).

Список источников

1. Авдеева Т. В., Барт Т. В., Водов Д. А. Роль физической культуры нации как элемента социальных приоритетов вузов // Креативная экономика. – 2024. – Т. 18, № 5. – С. 1175–1188.
2. Влияние физической культуры на укрепление и поддержание здоровья молодого поколения / А. А. Беркалиев, Д. В. Кузьмин, М. П. Коновалова, О. В. Огурцова // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2026. – № 2 (240). – С. 231–237.
3. Мотылянская Р. Е. Врачебно-физкультурный раздел спортивного отбора и ориентации: метод. рекомендации. – М.: Физкультура и спорт, 1977. – 100 с.
4. Рубанович В. Б. Врачебно-педагогический контроль при занятиях физической культурой: уч. пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2017. – 264 с.
5. Афоньшин В. Е., Полевщиков М. М., Роженцов В. В. Индивидуализация физической нагрузки [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 2. – URL: <https://science-education.ru/article/view?id=24385> (дата обращения: 02.02.2026).
6. Казначеев В. П., Казначеев С. В. Адаптация и конституция человека. – Новосибирск, 1986. – 119 с.
7. Афанасьев Ю. И., Кузнецов С. Л. Методологические аспекты типологии мышечной ткани и прогнозирование индивидуальных возможностей спортсменов // Теория и практика физической культуры. – 1991. – № 1. – С. 41–43.
8. Шварц В. Б., Хрущев С. В. Медико-биологические аспекты спортивной ориентации и отбора. – М.: Физическая культура и спорт, 1984. – 150 с.
9. Язвиков В. В. Влияние спортивной тренировки на состав мышечных волокон смешанных скелетных мышц человека // Теория и практика физической культуры. – 1988. – № 2. – С. 48–50.
10. Корниенко И. А., Сонькин В. Д. Возрастное развитие системных мышц и физической работоспособности // Физиология развития ребенка. – М., 2000. – С. 209–239.
11. Узловые периоды развития мышечной функции у детей и подростков: метод. рекомендации для педагогов и родителей / В. Д. Сонькин, Р. В. Тамбовцева, Г. М. Маслова, Д. П. Букреева, Р. М. Васильева. – М., 2017. – 53 с.
12. Самсонова А. В., Самсонов М. А., Самсонов Г. А. Типы волокон скелетных мышц человека и методы их классификации // Труды кафедры биомеханики университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2023. – № 17. – С. 35–45.

13. Plotkin D. L., Roberts M. D., Haun C. T. Muscle Fiber Type Transitions with Exercise Training: Shifting Perspectives // *Sports*. – 2021. – Vol. 127, № 9. – P. 1–11.
14. Харитонова Л. Г. Типы адаптации в спорте. – Омск, 1991. – 200 с.
15. Методы оценки композиции мышечных волокон в скелетных мышцах человека / А. В. Самсонова, И. Э. Барникова, М. А. Борисевич, А. В. Вахнин // *Труды кафедры биомеханики университета имени П. Ф. Лесгафта*. – 2012. – № 6. – С. 18–27.
16. Шенкман Б. С., Шарло К. А. Как мышечная активность контролирует экспрессию медленного миозина // *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. – 2021. – Т. 107, № 6–7. – С. 669–694.
17. Schiaffino S. Muscle fiber type diversity revealed by anti-myosin heavy chain antibodies // *The FEBS Journal*. – 2018. – Vol. 285. – P. 3688–3694.
18. Шенкман Б. С., Немировская Т. Л. Стратегия и клеточные механизмы адаптации скелетных мышц при развитии выносливости // *Теория и практика физической культуры*. – 1994. – № 12. – С. 13–19.
19. Щедрин А. С. Тип мышечной работоспособности и оценка адаптивных реакций человека // *Теория и практика физической культуры*. – 1995. – № 4. – С. 46–47.
20. Статическая работоспособность и особенности функционального реагирования на мышечную нагрузку юношей разных соматотипов / А. Ю. Приходько, С. Н. Герасимов, С. Г. Кривощёков, Р. И. Айзман // *Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология*. – 2024. – Т. 47. – С. 45–54.
21. 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.
22. Розенблат В. В. Проблема утомления. – М.: Медицина, 1975. – 175 с.
23. Иванов С. А., Невзорова Е. В., Гулин А. В. Количественная оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. – 2017. – Т. 22, № 6. – С. 1535–1540.

References

1. Avdeeva T. V., Bart T. V., Vodov D. A. The role of physical culture of the nation as an element of university social priorities. *Creative Economy*, 2024, vol. 18, no. 5, pp. 1175–1188. (In Russian)
2. The influence of physical culture on strengthening and maintaining the health of the young generation. A. A. Berkaliyev, D. V. Kuzmin, M. P. Konovalova, O. V. Ogurtsova. *Scientific Notes of P. F. Lesgaft University*, 2026, no. 2 (240), pp. 231–237. (In Russian)
3. Motylanskaya R. E. Medical and physiological section of sports selection and orientation: method. recommendations. Moscow: Physical education and sports, 1977, 100 p. (In Russian)
4. Rubanovich V. B. Medical and pedagogical supervision during physical education classes: textbook. 3rd ed., corr. and suppl. Moscow: Yurait, 2017, 264 p. (In Russian)
5. Afonshin V. E., Polevshchikov M. M., Rozhentsov V. V. Individualization of physical load [Electronic resource]. *Modern Problems of Science and Education*, 2016, no. 2. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=24385> (date of access: 02.02.2026). (In Russian)
6. Kaznacheev V. P., Kaznacheev S. V. Adaptation and human constitution. Novosibirsk, 1986, 119 p. (In Russian)
7. Afanasiev Yu. I., Kuznetsov S. L. Methodological aspects of muscle tissue typology and forecasting of individual athletes' capabilities. *Theory and Practice of Physical Education*, 1991, no. 1, pp. 41–43. (In Russian)
8. Shvarts V. B., Khrushchev S. V. Medico-biological aspects of sports orientation and selection. Moscow: Physical education and sports, 1984, 150 p. (In Russian)

9. Yazvikov V. V. Influence of sports training on human mixed skeletal muscle fiber composition. *Theory and Practice of Physical Education*, 1988, no. 2, pp. 48–50. (In Russian)

10. Kornienko I. A., Sonkin V. D. Age-related development of systemic muscles and physical working capacity. *Physiology of Child Development*. Moscow, 2000, pp. 209–239. (In Russian)

11. Critical periods of muscle function development in children and adolescents: method. recommendations for educators and parents. V. D. Sonkin, R. V. Tambovtseva, G. M. Maslova, D. P. Bukreeva, R. M. Vasilyeva. Moscow, 2017, 53 p. (In Russian)

12. Samsonova A. V., Samsonov M. A., Samsonov G. A. Types of human skeletal muscle fibers and methods of their classification. *Proceedings of the Biomechanics Department of P. F. Lesgaft University*, 2023, no. 17, pp. 35–45. (In Russian)

13. Plotkin D. L., Roberts M. D., Haun C. T. Muscle Fiber Type Transitions with Exercise Training: Shifting Perspectives. *Sports*, 2021, vol. 127, no. 9, pp. 1–11.

14. Kharitonova L. G. Types of adaptation in sports. Omsk, 1991, 200 p. (In Russian)

15. Methods for assessing muscle fiber composition in human skeletal muscles. A. V. Samsonova, I. E. Barnikova, M. A. Borisevich, A. V. Vakhnin. *Proceedings of the Biomechanics Department of P. F. Lesgaft University*, 2012, no. 6, pp. 18–27. (In Russian)

16. Schenkman B. S., Sharlo K. A. How muscle activity controls slow myosin expression. *I. M. Sechenov Russian Physiological Journal*, 2021, vol. 107, no. 6–7, pp. 669–694. (In Russian)

17. Schiaffino S. Muscle fiber type diversity revealed by anti-myosin heavy chain antibodies. *The FEBS Journal*, 2018, vol. 285, pp. 3688–3694.

18. Schenkman B. S., Nemirovskaya T. L. Strategy and cellular mechanisms of adaptation of skeletal muscles in the development of endurance. *Theory and Practice of Physical Education*, 1994, no. 12, pp. 13–19. (In Russian)

19. Shchedrin A. S. Type of muscle working capacity and assessment of human adaptive reactions. *Theory and Practice of Physical Education*, 1995, no. 4, pp. 46–47. (In Russian)

20. Static performance and features of functional response to muscle load in young men of different somatotypes. A. Yu. Prikhodko, S. N. Gerasimov, S. G. Krivoshekov, R. I. Aizman. *Bulletin of Irkutsk State University. Series Biology. Ecology*, 2024, vol. 47, pp. 45–54. (In Russian)

21. Rubanovich V. B. Morphofunctional characteristics of boys aged 7–15 years of different types of neuromuscular apparatus functional response. *Physical Education. Sport. Health*, 2025, no. 1 (4), pp. 44–55. (In Russian)

22. Rozenblat V. V. The problem of fatigue. Moscow: Medicine, 1975, 175 p. (In Russian)

23. Ivanov S. A., Nevzorova E. V., Gulina A. V. Quantitative assessment of cardiovascular system functional capabilities. *Bulletin of Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences*, 2017, vol. 22, no. 6, pp. 1535–1540. (In Russian)

Информация об авторе

В. Б. Рубанович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры спортивных дисциплин, факультет 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, Faculty of Physical Education, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia, <http://orcid.org/0000-0003-2485-4388>, rubanovich08@mail.ru.

Вклад авторов

Не применимо

Contribution of the authors

Not applicable

Финансирование и конфликт интересов

Внешнее финансирование отсутствовало. Явных и потенциальных конфликтов интересов – нет.

Funding and conflict of interest

There was no external funding. There were no apparent or potential conflicts of interest.

Поступила: 14.02.2026

Принята к публикации: 25.03.2026

Received: 14.02.2026

Accepted for publication: 25.03.2026