

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЮНОШЕЙ С РАЗНЫМ ТИПОМ РЕАГИРОВАНИЯ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА

А.Ю. Приходько¹, Toni.prikhodko.10@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8301-4533>

М.С. Головин¹, golovin593@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8573-856X>

Р.И. Айзман^{1,2}, aizman.roman@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7776-4768>

¹ Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия

² Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены, Новосибирск, Россия

Аннотация. Цель: выявить морфофункциональный и биохимический статус юношей с разным типом функционального реагирования нервно-мышечного аппарата и оценить особенности их физической работоспособности. **Материалы и методы.** В эксперименте приняли участие юноши-студенты очного отделения вуза от 18 до 22 лет в количестве 30 человек, систематично занимающиеся физической культурой без ограничений по здоровью. Был определен тип функционального реагирования нервно-мышечного аппарата – «спринтер», «микст», «стайер» – по методике В.П. Казначеева. Все испытуемые выполняли ступенчатый тест до отказа на тредбане. Длительность бега на каждой ступени составляла 3 минуты. Скорость каждой последующей ступени возрастала на 1 км/ч. Забор крови из пальца для определения концентрации глюкозы и лактата, а также показания ЧСС оценивали в начале теста, во время 10–15-секундных пауз между ступенями и сразу при отказе испытуемого от продолжения нагрузки. Для оценки биохимического статуса забирали венозную кровь до и спустя 10 мин после восстановительной нагрузки на тредбане. **Результаты.** Юноши, тяготеющие к спринтерскому и промежуточному типу реагирования, значимо не отличались между собой по всем морфофункциональным показателям, однако юноши-стайеры достоверно уступали сверстникам-спринтерам по массе тела, проценту висцерального жира и кистевой динамометрии. Миксты по абсолютным средним значениям большинства показателей занимали промежуточное положение. Анализ глюкозо-лактатной взаимосвязи у юношей разных типов реагирования на разных отрезках тестирования показал весомый вклад процессов анаэробного гликолиза в обеспечение работоспособности мышц у спринтеров, а окислительного фосфолирования – у стайеров. **Заключение.** По результатам нагрузочного тестирования спринтеры продемонстрировали более высокий вклад процессов анаэробного гликолиза в обеспечение работоспособности мышц. У стайеров отмечалась преимущественная роль аэробных процессов и несколько более высокие значения ЧСС при АНП. Миксты по многим показателям в покое и реагировании занимали промежуточное положение.

Ключевые слова: юноши-студенты, спринтеры, миксты, стайеры, ступенчатый степ-тест, физическая работоспособность, морфофункциональные показатели, биохимический статус

Для цитирования: Приходько А.Ю., Головин М.С., Айзман Р.И. Морфофункциональные и биохимические особенности юношей с разным типом реагирования нервно-мышечного аппарата // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 3. С. 53–62. DOI: 10.14529/hsm240306

MORPHOFUNCTIONAL AND BIOCHEMICAL FEATURES OF YOUNG MALES WITH DIFFERENT NEUROMUSCULAR RESPONSES

A.Yu. Prikhodko¹, Toni.prikhodko.10@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8301-4533>
M.S. Golovin¹, golovin593@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8573-856X>
R.I. Aizman^{1,2}, aizman.roman@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7776-4768>

¹ Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia

Abstract. Aim. The aim of this study was to comprehensively evaluate the morphofunctional and biochemical profiles of young males with different neuromuscular responses. Additionally, the study sought to delineate the features of physical performance inherent to each group. **Materials and methods.** The study enrolled 30 male full-time students, ranging in age from 18 to 22 years, who were participating in regular exercise without any health limitations. Following the methodology by V.P. Kaznacheev, their neuromuscular response was classified as “sprinter”, “mixed”, and “stayer”. Each participant was assigned to perform a stepwise treadmill test to exhaustion. The test consisted of successive stages, each lasting three minutes, with an incremental increase in speed of 1 km/h. Glucose and lactate concentrations and heart rate measurements were recorded at baseline, during pauses of 10–15 seconds between stages, and immediately following the cessation of the test. Blood biochemistry values were obtained at baseline and ten minutes post-exercise on the treadmill. **Results.** Upon analysis, it was observed that sprinters and those classified as mixed-type did not exhibit significant differences in the majority of morphofunctional parameters assessed. In contrast, the stayer group demonstrated significantly lower body mass, visceral fat, and grip strength measurements relative to the sprinter group. The mixed group occupied an intermediate position across the average values of most parameters examined. The glucose/lactate ratio throughout the test in young males with different types of neuromuscular responses underscored the substantial contribution of anaerobic glycolysis to muscle performance in sprinters and oxidative phosphorylation in stayers. **Conclusion.** The results of the exercise test indicate that sprinters rely more heavily on anaerobic glycolysis for muscle performance. Conversely, stayers depended to a greater extent on aerobic processes and had greater heart rate values at the anaerobic threshold. The mixed group occupied an intermediate position across numerous parameters at rest and in response to physical exercise.

Keywords: young males, sprinters, mixed group, stayers, stepwise treadmill test, physical performance, morphofunctional indicators, biochemical profile

For citation: Prikhodko A.Yu., Golovin M.S., Aizman R.I. Morphofunctional and biochemical features of young males with different neuromuscular responses. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(3):53–62. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240306

Введение. Сегодня известно, что одни и те же физические упражнения могут приводить к разным функциональным изменениям у лиц с разным типом конституции [2, 8], что непосредственно оказывает влияние на уровень физической работоспособности и результативность спортивной деятельности. Это значит, что для достижения высоких результатов в спорте кроме интенсивных тренировок очень важно соответствие типа конституции определенному виду физических нагрузок при наличии нужных гено-фенотипических свойств [9, 13–16]. Одной из конституционально-типологических характеристик человека является тип функционального

реагирования нервно-мышечного аппарата: по В.П. Казначееву – «спринтер», «стайер» и «микст» [5]. Однако в доступной литературе мы не встретили комплексной оценки показателей физической работоспособности и биохимического профиля у юношей с разными типами функционального реагирования нервно-мышечного аппарата, что и послужило основой для выполнения настоящего исследования.

Цель: описать морфофункциональный и биохимический статус юношей с разным типом функционального реагирования нервно-мышечного аппарата и оценить особенности их физической работоспособности.

Материалы и методы. В эксперименте приняли участие юноши-студенты очного отделения вуза от 18 до 22 лет в количестве 30 человек, систематично занимающиеся физической культурой без ограничений по здоровью. Каждый участник исследования подписал добровольное согласие на участие в эксперименте. Был определен тип функционального реагирования нервно-мышечного аппарата – «спринтер», «микст», «стайер» – по методике В.П. Казначеева [5]. Для оценки физической работоспособности на следующем этапе исследования студенты выполняли ступенчатый тест с повышающейся нагрузкой на тредбане, что позволяло повысить эффективность венозного возврата крови, обеспечить оптимальное количество активно работающих мышц и снизить их излишнее напряжение во время выполнения физической работы [3]. Перед началом тестирования была предусмотрена 5-минутная суставная разминка с упражнениями на растяжку. Длительность бега на каждой ступени составляла 3 мин. Скорость первой ступени составила 6 км/ч с последующим повышением каждой ступени на 1 км/ч. Забор крови из пальца проводили после каждой ступени во время 10–15-секундных пауз перехода между ступенями и сразу после отказа, когда испытуемый вставал на неподвижную часть тредбана. Диапазон измерения составлял: для глюкозы – 0,6–50,0 ммоль/л; для лактата – 0,5–30,0 ммоль/л. Вклад лактатного (E_{aiLa} , кДж) механизма энергообеспечения рассчитывали по разнице концентраций лактата (ΔLa , ммоль/л) в капиллярной крови до и после теста: $E_{aiLa} = \Delta La \cdot 0,0624 \cdot m/p$, где m – масса тела человека, p – плотность тела человека принята за 1 кг/л [7]. Оценку концентрации лактата и глюкозы в капиллярной крови проводили на биохимическом анализаторе Super GL Ambulance производства компании Dr. Muller, Германия. На основании этих данных рассчитывали анаэробный порог (ПАНО или АнП) графическим методом при концентрации лактата 4 ммоль/л [1].

Для оценки биохимического профиля забирали венозную кровь в объеме 5–6 мл, в плазме которой определяли концентрацию следующих веществ: общего белка, альбумина, мочевины, мочевой кислоты, креатинина, триглицеридов, железа, кальция, магния, аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы и креатинфосфокиназы – с помощью

биохимического анализатора BS-200 E (Mindray, Китай).

Морфологические показатели оценивали по длине (ДТ), массе тела (МТ), объему грудной клетки (ОГК), количеству общего и внутреннего жира (биоимпедансным анализатором Omron BF 508, Япония), окружности плеча в покое (ОПП) и максимальном напряжении (ОПН) [11]. Толщину кожно-жировых складок оценивали с помощью механического калиперметра (Калифорния, США) в десяти точках тела: под подбородком, на щеке, над грудью, под лопаткой, справа от пупка, на задней поверхности предплечья, над подвздошной костью, на уровне 10-го ребра, над коленом, на икроножной мышце [4].

Рассчитывали индексы Кетле ($МТ/ДТ^2$, кг/м²); Пинье (ИП), характеризующий тип телосложения [$ДТ$, см – ($МТ$, кг – $ОГК$, см)]: ИП – менее 20 – брахиморфное телосложение, ИП = от 21 до 25 – мезоморфное телосложение, ИП более 26 – долихоморфное телосложение; и мышечный индекс ($ОПН - ОПП / ОПП$) · 100 %.

Для оценки физической работоспособности определяли суммарную мышечную работу при беге на тредбане. Она складывалась из «работ» на отдельных ступенях: $A_i = m \cdot (V_i \cdot t_i)$, где m – масса тела испытуемого, V_i – скорость движения полотна дорожки на каждой ступени, t_i – время бега на i -й ступени. Юноши выполняли бег на беговой дорожке Spirit Fitness XT 685 AC (Hastings, США).

Для выявления максимальной мышечной силы (ММС) использовали метод кистевой динамометрии (пр + лев / 2) с помощью динамометра ДМЭР-120 Деканьютон (Тулиновский приборостроительный завод, Россия). Максимальную мышечную выносливость (ММВ) определяли следующим образом. В положении стоя обследуемому предлагали плотно, всей поверхностью пальцев обхватить баллон-датчик, связанный шлангом с гидроманометром, и опустить работающую руку вниз, не прижимая к бедру. В этом положении испытуемый должен был по команде плавно сжать баллон-датчик максимальным усилием. После выявления максимальной величины силы кисти и последующего 2-минутного отдыха обследуемому той же рукой необходимо было сжимать максимально длительное время баллон-датчик так, чтобы стрелка манометра показала величину усилия, равную 75 % от

максимальной, после чего включали секундомер и фиксировали время удержания стрелки манометра в этом положении [5]. Дифференциацию на типы осуществляли по отношению максимальной мышечной силы (ММС) к максимальной мышечной выносливости (ММВ). Значения показателя ММС/ММВ менее 1,0 свидетельствуют о преобладании выносливости (тип «стайер»), 2 и более – о преобладании силовых качеств (тип «спринтер»), от 1,0 до 2,0 – промежуточный тип («миксты»).

ЧСС на всех ступенях теста фиксировали по показаниям кардиопередатчика Polar H10 (POLAR Electro, Финляндия). Величину артериального давления определяли механическим тонометром (Pressica Riester, Германия). На основании этих показателей рассчитывали вегетативный индекс Кердо (ИК), характеризующий соотношение активности симпатической и парасимпатической нервной системы: $ИК = [(1 - ДАД / ЧСС) \cdot 100 \%,$ при значениях: от -10 до $+10$ – нормотонический тип, $+10$ и более – преобладание ваготонии, -10 и менее – преобладание симпатикотонии [6].

Полученный материал обработан общепринятыми методами математической статистики с использованием программы Statistica 10.0 for Windows и пакета Microsoft Excel 2010. Нормальность распределения была проверена по критерию Шапиро – Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представлены в виде медианы (Me) и Q1 – Q3 – нижняя и верхняя квартили, а параметрических – как среднее значение и его стандартное отклонение ($M \pm \sigma$). В случае сравнения связанных выборок статистическую значимость различий определяли с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок с нормальным распределением и непараметрического критерия Уилкоксона для выборок с отсутствием нормального распределения. При одновременном сравнении несвязанных выборок (3 групп обследуемых) применили дисперсионный анализ ANOVA в случае нормального распределения, а при его отсутствии использовали критерий Краскела – Уоллиса.

Результаты. Из табл. 1 видно, что юноши, тяготеющие к спринтерскому и промежуточному типу, по всем морфофункциональным показателям между собой статистически значимо не отличались. Юноши-стайеры достоверно уступали сверстникам-спринтерам по массе тела, проценту висцерального жира и

кистевой динамометрии, а также тенденции по сумме жировых складок и подкожному жиру. По остальным морфофункциональным показателям не было выявлено достоверных отличий. Следует отметить, что спринтеры и миксты по ИП тяготели к мезоморфному типу телосложения, а стайеры – к долихоморфному. Миксты по абсолютным средним значениям большинства показателей занимали промежуточное положение, однако АД в покое и прирост ЧСС после нагрузки имели тенденцию к более высоким значениям по сравнению с обследуемыми другими групп, что позволяет думать о небольшом преобладании у них симпатической нервной регуляции ($ИК \leq -10$), тогда как у крайних типов функционального реагирования отмечалась нормотония.

Поскольку обследуемые с разными типами функционального реагирования нервно-мышечного аппарата выполняли практически одинаковую работу, можно было оценить вклад биохимических процессов в реакции организма.

Для выявления мышечного утомления и метаболического стресса использовали наиболее информативные критерии (анализ глюкозо-лактатной взаимосвязи) [12, 17]. Внутри каждой группы юношей разного типа функционального реагирования провели анализ концентрации глюкозы и лактата в капиллярной крови между каждыми двумя последующими ступенями тредбана до 7-й ступени включительно. Выявили, что концентрация глюкозы в капиллярной крови юношей разных типов реагирования значимо не отличалась в динамике выполнения нагрузки и при отказе, однако у юношей, тяготеющих к стайерскому функциональному типу, прирост концентрации глюкозы за время нагрузки был достоверно меньше, чем у средневикиков и спринтеров (табл. 2).

Вместе с тем концентрация лактата прирастала с каждой последующей ступенью, начиная с первой у всех юношей. Затем на второй ступени наблюдалось некоторое снижение концентрации лактата у юношей. По результатам третьей ступени, за исключением стайеров, наблюдался прирост лактата. После четвертой ступени включительно и выше наблюдался значимый прирост лактата во всех группах. При этом после 3-й и 6-й ступенями различия в концентрации лактата между спринтерами и стайерами были достоверны.

Таблица 1
Table 1

Морфофункциональные показатели юношей с разным типом
функционального реагирования нервно-мышечного аппарата
Morphofunctional measurements in young males with different neuromuscular responses
(M ± σ; Me (Q1–Q3))

Показатель Parameter	Спринтер Sprinter (n = 10)	Микст Mixed (n = 10)	Стайер Stayer (n = 10)
Длина тела / Body length	184,2 ± 7,2	179,2 ± 8,2	179,1 ± 6,0
Масса тела / Body mass	81,5 ± 14,3	72,1 ± 5,8	68,8 ± 9,4▲
Индекс Кетле / Quetelet index	23,9 ± 3,4	22,5 ± 1,6	21,4 ± 2,5
Индекс Пинье / Pignet index	22,3 (-0,1/30,2)	22,6 (17,4/29,7)	31,9 (16,6/41,3)
Мышечный индекс / Muscular index	15,8 ± 4,7	15,1 ± 5,8	16,6 ± 3,6
Индекс Кердо / Kerdo index	-6,45 ± 20,84	-14,29 ± 23,55	1,75 ± 20,24
Кистевая динамометрия, кг Handgrip strength, kg	53,7 ± 6,0	48,6 ± 7,0	44,2 ± 5,8▲
Сумма жировых складок, см Skinfold thickness sum, cm	127,2 ± 54,3	115,1 ± 45,6	101,5 ± 26,1
Потеря массы тела / Weight loss кг / kg %	0,7 (0,5/0,8) 0,823 (0,586/1,008)	0,5 (0,4/0,7) 0,797 (0,575/0,973)	0,5 (0,3/0,8) 0,791 (0,462/1,088)
Подкожный жир, % Subcutaneous tissue, % фон / baseline отказ / exhaustion	19,6 ± 7,2 *17,5 ± 7,5	18,1 ± 5,4 *16,5 ± 5,7	14,9 ± 6,2 *13,5 ± 6,3
Висцеральный жир, % / Visceral fat, % фон / baseline отказ / exhaustion	5,8 ± 3,4 *5,1 ± 3,2	4,0 ± 1,7 3,7 ± 1,7	3,2 ± 2,1▲ 3,1 ± 2,0
САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg фон / baseline отказ / exhaustion	119,5 ± 8,9 *182 ± 8,9	123,0 ± 8,9 *183,0 ± 14,2	118,5 ± 9,4 *178,5 ± 23,6
ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg фон / baseline отказ / exhaustion	72,5 (65/80) *50 (40/60)	72,5 (70/80) *40 (30/60)	70 (65/80) *47,5 (30/50)
ЧСС / HR фон / baseline АнП / anaerobic threshold	71,0 ± 13,6 170,1 ± 14,6	66,1 ± 7,2 173,4 ± 6,7	74,5 ± 11,7 179,9 ± 4,3
Прирост ЧСС / HR increase ЧСС, отказ / HR at exhaustion	119,4 ± 11,64 195 (188/202)	125,8 ± 9,5 196 (183/198)	122,8 ± 15,2 197 (190/202)
Работа суммарная, кг·м Total work, kg·m Степень отказа Stage at exhaustion	329193 (238700/394060) 8,5 (7/9)	298795 (253200/355905) 8 (7/9)	282406 (234780/354712) 8,5 (7/10)

Примечание: здесь и в таблицах ниже достоверные отличия относительно: ▲ – спринтеров; ■ – средневиков; ◆ – предыдущей ступени тредбана; * – относительно фона.

Note: differences are significant when compared to: ▲ – sprinters; ■ – mixed; ◆ – previous stage of the test; * – baseline.

Концентрация лактата сразу при отказе и после восстановительной нагрузки и ее прирост были на 30–40 % выше у спринтеров, чем у стайеров, хотя эти различия и не выявили достоверность в связи с большим разбросом показателей при относительно небольшой выборке обследуемых. В целом вклад лактатных механизмов в энергообеспечение мышечной

нагрузки показал достоверное преобладание у спринтеров по сравнению со стайерами. Миксты по всем этим показателям занимали промежуточное положение. Таким образом, физическая нагрузка выявила существенно более высокий вклад лактатных механизмов энергообеспечения у спринтеров по сравнению со стайерами.

Функционально-биохимические параметры юношей
с разным типом реагирования при одинаковой проделанной работе
Functional and biochemical profiles of young males
with different neuromuscular responses at similar stages
(M ± q; Me (Q1–Q3))

Показатель Parameter	Спринтер Sprinter (n = 10)	Микст Mixed (n = 10)	Стайер Stayer (n = 10)
Глюкоза, мМ/л, после разминки (фон) Glucose, after warm-up activities (baseline)	4,52 ± 0,34	4,45 ± 0,31	4,54 ± 0,37
Глюкоза после 1 ст. / Glucose after Stage 1	4,48 ± 0,47	4,46 ± 0,35	4,56 ± 0,42
Глюкоза 2 ст. / Glucose after Stage 2	4,50 ± 0,45	4,67 ± 0,48	4,55 ± 0,49
Глюкоза 3 ст. / Glucose after Stage 3	4,53 ± 0,34	4,59 ± 0,40	4,54 ± 0,49
Глюкоза 4 ст. / Glucose after Stage 4	4,50 ± 0,50	4,54 ± 0,32	4,46 ± 0,51
Глюкоза 5 ст. / Glucose after Stage 5	4,41 ± 0,43	4,56 ± 0,34	4,56 ± 0,58
Глюкоза 6 ст. / Glucose after Stage 6	4,43 ± 0,38	4,59 ± 0,43	4,54 ± 0,54
Глюкоза 7 ст. / Glucose after Stage 7	4,44 ± 0,41	4,76 ± 0,38	4,79 ± 0,53
Глюкоза, отказ / Glucose, exhaustion	*5,63 ± 1,07	*5,70 ± 0,67	4,83 ± 0,90
Прирост глюкозы / Glucose increase	1,15 ± 1,01	1,24 ± 0,85	0,27 ± 0,67■▲
Глюкоза спустя 10 мин восстановительной нагрузки после отказа Glucose 10 minutes after exhaustion	*5,24 ± 0,83	*5,25 ± 0,77	*5,35 ± 0,78
Лактат, мМ/л, после разминки (фон) Lactate, after warm-up activities (baseline)	2,07 ± 0,69	1,84 ± 0,39	2,45 ± 0,62
Лактат после 1 ст. / Lactate after Stage 1	♦2,73 ± 1,05	♦2,38 ± 0,57	♦3,27 ± 0,87
Лактат 2 ст. / Lactate after Stage 2	♦2,33 ± 0,82	2,14 ± 0,46	♦1,83 ± 0,33
Лактат 3 ст. / Lactate after Stage 3	♦2,99 ± 0,96	♦2,44 ± 0,64	2,01 ± 0,28▲
Лактат 4 ст. / Lactate after Stage 4	♦3,55 ± 1,19	♦3,06 ± 0,87	♦2,65 ± 0,58
Лактат 5 ст. / Lactate after Stage 5	♦4,44 ± 1,65	♦3,84 ± 1,15	♦3,38 ± 0,83
Лактат 6 ст. / Lactate after Stage 6	♦6,39 ± 2,33	♦5,18 ± 1,16	♦4,01 ± 1,01▲
Лактат 7 ст. / Lactate after Stage 7	♦7,79 ± 2,88	♦6,81 ± 1,69	♦6,01 ± 1,47
Лактат, отказ / Lactate, exhaustion	*11,26 ± 4,25	*10,04 ± 4,11	*9,02 ± 3,42
Прирост лактата / Lactate increase	9,27 ± 3,27	8,29 ± 3,49	6,58 ± 3,22
Лактат спустя 10 мин восстановительной нагрузки после отказа Lactate 10 minutes after exhaustion	*7,13 ± 3,79	*6,87 ± 3,56	*5,51 ± 2,81
Лактатный вклад в энергообеспечение (EaiLa), кДж Lactate contribution to energy metabolism, (EaiLa), kJ	44,77 ± 16,89	34,25 ± 18,04	25,11 ± 14,37▲

Оценка концентрации ряда ферментов и метаболитов в плазме крови юношей выявила значимые приросты относительно фона креатинина, общего белка и креатинфосфокиназы у всех юношей. При этом у стайеров концентрация мочевины и креатинина после нагрузочного тестирования была выше, чем

у спринтеров (табл. 3). Полученные результаты, вероятно, свидетельствуют о частичном разрушении мышечных волокон после нагрузки [10], что привело к повышению концентрации продуктов их распада в крови, возможно, у стайеров в большей степени, чем у представителей других групп.

Таблица 3
Table 3

Биохимические показатели сывороточной крови
у юношей с разным типом реагирования при одинаковой проделанной работе
Biochemical measurements in young males
with different neuromuscular responses under similar conditions
($M \pm q$; Me (Q1–Q3))

Показатель в покое / спустя 10 мин восстановительной нагрузки после отказа Baseline measurements / 10 minutes after exhaustion	Спринтер Sprinter (n = 10)	Микст Mixed (n = 10)	Стайер Stayer (n = 10)
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, $\mu\text{mol/L}$	93,8 (81,7/100,8) *97,9 (91,2/114,7)	93,6 (87,7/100,4) *96,8 (96,3/107,4)	95,4 (87,9/99,6) *105,3 (95,5/118,4)
Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/L	0,99 \pm 0,33 1,00 \pm 0,22	1,65 \pm 0,92 1,12 \pm 0,93	1,01 \pm 0,64 1,04 \pm 0,53
Кальций, ммоль/л Calcium, mmol/L	2,4 (2,3/2,4) 2,3 (2,3/2,4)	2,4 (2,3/2,4) 2,4 (2,3/2,4)	2,4 (2,3/2,4) 2,4 (2,3/2,5)
Мочевина, ммоль/л Urea, mmol/L	3,5 (3,1/4,9) 3,6 (3,2/5,0)	3,9 (3,2/4,8) 4,0 (3,6/4,8)	5,2 (3,4/6,1) 5,5 (3,7/6,5) ▲
Мочевая кислота, мкмоль/л Uric acid, $\mu\text{mol/L}$	404 \pm 89 430 \pm 95	419 \pm 102 407 \pm 142	381 \pm 106 425 \pm 71
Общий белок, г/л Total protein, g/L	82,8 (79,2/85,1) *84,5 (80,8/92,5)	83,2 (80,3/85,5) *90,9 (82,5/91,5)	82,7 (80,3/84,2) *84,2 (82,6/93,1)
Альбумин, г/л Albumin, g/L	59,71 \pm 2,79 60,43 \pm 2,74	61,07 \pm 1,90 60,58 \pm 1,34	59,69 \pm 3,81 62,76 \pm 2,95
Магний, ммоль/л Magnesium, mmol/L	0,74 \pm 0,11 0,63 \pm 0,10	0,73 \pm 0,08 0,71 \pm 0,10	0,70 \pm 0,11 0,69 \pm 0,08
Креатинфосфокиназа, ед./л Creatine kinase, IU/L	119,7 (69,3/150,8) *141,1 (88,9/168,6)	131,6 (84,1/154,8) *149,6 (103,7/200,3)	125,3 (67,4/163,5) *132,4 (76,9/206,3)
Железо, мкмоль/л Iron, $\mu\text{mol/L}$	20,60 \pm 5,44 23,95 \pm 4,17	26,30 \pm 4,87 28,14 \pm 4,90	20,15 \pm 9,53 22,11 \pm 11,76
Аланинаминотранс-фераза, ед./л Alanine transaminase, IU/L	10,33 \pm 5,24 11,24 \pm 7,16	9,75 \pm 3,16 8,53 \pm 2,47	9,58 \pm 2,18 10,67 \pm 4,69
Аспартатаминотранс-фераза, ед./л Aspartate transaminase, IU/L	20,91 \pm 5,08 22,99 \pm 7,01	22,17 \pm 8,39 23,56 \pm 5,48	19,88 \pm 4,31 20,62 \pm 4,86

Заключение. Проведенное исследование позволило выявить морфологические, функциональные и биохимические особенности у юношей с разным типом функционального реагирования нервно-мышечного аппарата. Спринтеры характеризовались более высоким уровнем кожно-жировых складок на теле, склонностью к мезоморфному типу конституции и достоверно превосходили стайеров по силе рук и массе тела. По результатам нагрузочного тестирования у них наблюдалось более высокое накопление лактата в крови, что свидетельствует о преобладании анаэробного механизма энергообеспечения мышечной деятельности. Стайеры, в отличие от спринтеров, имели меньшую массу тела, процент висцерального жира и общее количество

подкожного жира, склонность к долихоморфии, более низкую концентрацию лактата, глюкозы и лактатный вклад в энергообеспечение, а также несколько более высокий анаэробный порог, что в совокупности указывает на большую роль аэробных процессов в мышечной деятельности. Средневики отличались значительным приростом глюкозы после нагрузки, более высоким уровнем АД и приростом ЧСС на нагрузку, тенденцией к симпатическому типу регуляции, хотя по большинству морфофункциональных показателей занимали промежуточное положение, что, вероятно, свидетельствует о примерно одинаковом участии аэробных и анаэробных механизмов в энергообеспечении мышечной деятельности.

Список литературы

1. Баянкина, Д.Е. Некоторые методические и практические аспекты определения анаэробного порога / Д.Е. Баянкина, Ю.А. Князева, И.М. Смокотнина // Изв. Тульского гос. ун-та. Физ. культура. Спорт. – 2021. – № 2. – С. 56–61.
2. Головин, М.С. Влияние физических нагрузок на изменения глюкозы и лактата крови спортсменов с разным типом реагирования нервно-мышечного аппарата / М.С. Головин // Физ. культура. Спорт. Туризм. Двигат. рекреация. – 2022. – Т. 7, № 3. – С. 77–81.
3. Головин, М.С. Физиологические и биохимические показатели, характеризующие физическую работоспособность при нагрузочном тестировании на тредбане и велоэргометре / М.С. Головин, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 1. – С. 14–21.
4. Деревцова, С.Н. Калиперометрия и ультразвуковое исследование в изучении подкожной основы у юношей / С.Н. Деревцова, А.А. Романенко, В.П. Ефремова // Вестник новых мед. технологий. – 2020. – № 3. – С. 69–73.
5. Казначеев, В.П. Адаптация и конституция человека / В.П. Казначеев, С.В. Казначеев. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1986. – 122 с.
6. Кальбердин, И.С. Сезонная динамика вегетативных характеристик студентов, занимающихся спортом / И.С. Кальбердин, А.Н. Инюшкин // Соврем. вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7, № 2.
7. Особенности энергообеспечения мышечной работы в зависимости от длительности выполнения ступенчато-возрастающей нагрузки у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта / А.Е. Чиков, Д.С. Медведев, С.Н. Чикова, С.В. Колмогоров // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № 4. – С. 62–67.
8. Приходько, А.Ю. Анализ физической работоспособности мужчин разных соматотипов при выполнении ступенчатого теста до отказа на тредбане / А.Ю. Приходько, С.Н. Герасимов, Р.И. Айзман // Соврем. вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7, № 4.
9. Приходько, А.Ю. Комплексная оценка критериев успешного прогноза спортивных результатов в циклических видах спорта / А.Ю. Приходько, В.М. Климов, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 137–146.
10. Рыбина, И.Л. Физиологические значения активности креатинфосфокиназы у высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И.Л. Рыбина // Вестник спортивной науки. – 2015. – № 6. – С. 36–41.
11. Bertuccioli, A.A. New strategy for somatotype assessment using bioimpedance analysis in adults / A. Bertuccioli, S.D. Zeppa, S.A. Amatori // F. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness. – 2022. – Vol. 62. – № 2. – P. 296–297.
12. Burnley, M. Power-duration relationship: Physiology, fatigue, and the limits of human performance / M. Burnley, A.M. Jones // European Journal of Sport Science. – 2018. – Vol. 18, № 1. – P. 1–12.
13. Choudhary, S. Somatotypes of Indian Athletes of Different Sports / S. Choudhary, S. Singh, I. Singh // Online J Health Allied Sci. – 2019. – Vol. 18. – P. 1.
14. Gutnik, B. Body physique and dominant somatotype in elite and low-profile athletes with different specializations / B. Gutnik, A. Zuoza, I. Zuoziene // Medicina. – 2015. – Vol. 51. – P. 247.
15. Silventoinen, K. Genetics of somatotype and physical fitness in children and adolescents / K. Silventoinen, J. Maia, A. Jelenkovoc // Am J Hum Biol. – 2020. – e23470.
16. Skeletal muscle signature of a champion sprint runner / S. Trappe, N. Luden, K. Minchev, U. Raue // J Appl Physiol. – 2015. – Vol. 118. – № 12. – P. 1460–1466.
17. Sotero, R.C. Blood glucose minimum predicts maximal lactate steady state on running / R.C. Sotero, E. Pardono, R. Landwehr // International Journal of Sports Medicine. – 2009. – Vol. 30, № 9. – P. 643–646.

References

1. Bayankina D.E., Knyazeva Yu.A., Smokotnina I.M. [Some Methodological and Practical Aspects of Determining the Anaerobic Threshold]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura* [News of Tula State University. Physical Culture. Sport], 2021, no. 2, pp. 56–61. (in Russ.)
2. Golovin M.S. [The Influence of Physical Activity on Changes in Blood Glucose and Lactate in Athletes with Different Types of Neuromuscular Response]. *Fizicheskaya kul'tura. Sport. Turizm. Dvigatel'naya rekreaciya* [Physical Culture. Sport. Tourism. Motor Recreation], 2022, vol. 7, no. 3, pp. 77–81. (in Russ.) DOI: 10.47475/2500-0365-2022-17311
3. Golovin M.S., Aizman R.I. Physiological and Biochemical Indicators Characterizing Physical Performance During Stress Testing on a Treadmill and Bicycle Ergometer. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 4–21. (in Russ.)
4. Derevtsova S.N., Romanenko A.A., Efremova V.P. [Caliperometry and Ultrasound in the Study of the Subcutaneous Tissue in Young Men]. *Vestnik novykh medicinskih tekhnologiy* [Bulletin of New Medical Technologies], 2020, no. 3, pp. 69–73. (in Russ.)
5. Kaznacheev V.P., Kaznacheev S.V. *Adaptaciya i konstituciya cheloveka* [Human Adaptation and Constitution]. Novosibirsk, Science. Siberian Branch Publ., 1986. 122 p.
6. Calberdine I.S., Inyushkin A.N. [Seasonal Dynamics of Vegetative Characteristics of Students Involved in Sports]. *Sovremennye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2023, vol. 7, no. 2. (in Russ.)
7. Chikov A.E., Medvedev D.S., Chikova S.N., Kolmogorov S.V. Features of the Energy Supply of Muscular Work Depending on the Duration of the Performance of a Stepwise Increasing Load in Athletes Involved in Cyclic Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2020, vol. 20, no. 4, pp. 62–67. (in Russ.)
8. Prikhodko A.Yu., Gerasimov S.N., Aizman R.I. [Analysis of Physical Performance of Men of Different Somatotypes when Performing a Step Test to Failure on a Treadmill]. *Sovremennye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2023, vol. 7, no. 4. (in Russ.)
9. Prikhodko A.Yu., Klimov V.M., Aizman R.I. Comprehensive Assessment of Criteria for Successful Prediction of Sports Results in Cyclic Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 3, pp. 137–146. (in Russ.) DOI: 10.1249/JSR.0000000000000960
10. Rybina I.L. [Physiological Values of Creatine Phosphokinase Activity in Highly Qualified Athletes of Cyclic Sports]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2015, no. 6, pp. 36–41. (in Russ.)
11. Bertuccioli A., Zeppa S.D., Amatori S.A. A New Strategy for Somatotype Assessment Using Bioimpedance Analysis in Adults. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2022, vol. 62, no. 2, pp. 296–297. DOI: 10.23736/S0022-4707.21.12284-4
12. Burnley M., Jones A.M. Power-duration Relationship: Physiology, Fatigue, and the Limits of Human Performance. *European Journal of Sport Science*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 1–12. DOI: 10.1080/17461391.2016.1249524
13. Choudhary S., Singh S., Singh I. Somatotypes of Indian Athletes of Different Sports. *Online Journal Health Allied Science*, 2019, vol. 18, p. 1.
14. Gutnik B., Zuoza A., Zuoziene I. Body Physique and Dominant Somatotype in Elite and Low-profile Athletes with Different Specializations. *Medicina*, 2015, vol. 51, p. 247. DOI: 10.1016/j.medici.2015.07.003
15. Silventoinen K., Maia J., Jelenkovoc A. Genetics of Somatotype and Physical Fitness in Children and Adolescents. *American Journal Human Biology*, 2020, e23470. DOI: 10.1002/ajhb.23470
16. Trappe S., Luden N., Minchev K., Raue U. Skeletal Muscle Signature of a Champion Sprint Runner. *Journal Appl. Physiology*, 2015, vol. 118, no. 12, pp. 1460–1466. DOI: 10.1152/jappphysiol.00037.2015
17. Sotero R.C., Pardono E., Landwehr R. Blood Glucose Minimum Predicts Maximal Lactate Steady State on Running. *International Journal of Sports Medicine*, 2009, vol. 30, no. 9, pp. 643–646. DOI: 10.1055/s-0029-1220729

Информация об авторах

Приходько Антон Юрьевич, аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия.

Головин Михаил Сергеевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия.

Айзман Роман Иделевич, заслуженный деятель науки РФ, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия; ведущий научный сотрудник, Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены, Новосибирск, Россия.

Information about the authors

Anton Yu. Prikhodko, Postgraduate Student, Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia.

Mikhail S. Golovin, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia.

Roman I. Aizman, Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Anatomy, Physiology and Life Safety, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia; Leading Researcher, Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.03.2024

The article was submitted 12.03.2024