

ПОКАЗАТЕЛИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ И БИОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ЮНОШЕЙ РАЗНЫХ СОМАТОТИПОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

А.Ю. Приходько^{1,2,3}, Toni.prikhodko.10@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8301-4533>

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

Е.Ю. Трифанов¹, amik81@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0508-2805>

Р.И. Айзман^{1,4}, aizman.roman@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7776-4768>

¹ Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия

² Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

³ Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины, Новосибирск, Россия

⁴ Новосибирский научно-исследовательский институт гигиены, Новосибирск, Россия

Аннотация. **Цель.** Оценить биохимические показатели крови, ЧСС и артериальное давление у юношей разных соматотипов до, при отказе и спустя 10 минут восстановительного промежутка после максимальной нагрузочной пробы на тредбане. **Материалы и методы.** 19 юношей-студентов без ограничений по здоровью в возрасте от 19 до 23 лет выполнили ступенчатый тест до отказа на тредбане. Забор капиллярной крови производили в период 15-секундной паузы при переходе на следующую ступень, а венозной крови – в покое и спустя 10-минутный восстановительный промежуток после отказа. **Результаты.** Динамика концентрации лактата и глюкозы в капиллярной крови на разных этапах тестирования указывала на весомый вклад процессов гликолиза в обеспечении работоспособности мышц у мезоэндоморфного соматотипа. Молодые мужчины эктоморфного соматотипа продемонстрировали отчетливую тенденцию к большему объему выполненной работы при меньшей потере массы тела, меньших изменениях ЧСС после нагрузки, отсутствие значимых изменений ряда биохимических показателей крови после отказа от нагрузки, что позволило считать данный соматотип более устойчивым к физическим циклическим нагрузкам. **Заключение.** Эктоморфный соматотип по ключевым биохимическим и функциональным показателям имеет более высокий потенциал устойчивости к циклическим мышечным нагрузкам по сравнению с мезоэндоморфным. Для мезоэндоморфного соматотипа характерен повышенный вклад гликолиза в обеспечение мышечной деятельности.

Ключевые слова: юноши-студенты, соматотип по Хит – Картеру, функциональная устойчивость, ступенчатый степ-тест, сердечно-сосудистая система, биохимические показатели крови

Для цитирования: Показатели сердечно-сосудистой системы и биохимический профиль юношей разных соматотипов на различных этапах нагрузочного тестирования / А.Ю. Приходько, М.С. Головин, Е.Ю. Трифанов, Р.И. Айзман // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № 1. С. 25–32. DOI: 10.14529/hsm240103

CARDIOVASCULAR AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF YOUNG MALES OF DIFFERENT SOMATOTYPES AT DIFFERENT STAGES OF TREADMILL TESTING

A.Yu. Prikhodko^{1,2,3}, Toni.prikhodko.10@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8301-4533>

M.S. Golovin¹, golovin593@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8573-856X>

E.Yu. Trifanov¹, amik81@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0508-2805>

R.I. Aizman^{1,4}, aizman.roman@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-7776-4768>

¹ Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

³ Research Institute of Neurosciences and Medicine, Novosibirsk, Russia

⁴ Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russia

Abstract. Aim. To evaluate biochemical parameters, heart rate, and blood pressure in young males of different somatotypes before, at fatigue, and after a 10-minute rest period after a submaximal treadmill exercise. **Materials and methods.** The study involved 19 healthy males aged 19–23 who performed the treadmill test to fatigue. Capillary blood samples were obtained in a 15-second pause between the test stages; venous blood was collected at rest and after a 10-minute rest period after intermittent exercise to fatigue. **Results.** Lactate and glucose levels in capillary blood samples at different stages showed that glycolysis significantly contributed to muscular performance in mesoendomorphs. Ectomorphs demonstrated a more pronounced trend toward greater performance against lesser weight loss, smaller post-exercise heart rate changes, and the absence of significant changes in blood biochemistry after exercise to fatigue. Therefore, this somatotype was considered more tolerant of cyclic exercise. **Conclusion.** Based on the data on key biochemical and functional parameters, ectomorphs have better resistance to cyclic exercise compared to mesoendomorphs, who are characterized by a greater contribution of glycolysis to muscular performance.

Keywords: male university students, somatotype, Heath-Carter, functional resistance, incremental step test, cardiovascular system, blood biochemistry

For citation: Prikhodko A.Yu., Golovin M.S., Trifanov E.Yu., Aizman R.I. Cardiovascular and biochemical parameters of young males of different somatotypes at different stages of treadmill testing. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(1):25–32. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm240103

Введение. В процессе физкультурно-спортивной деятельности возникает необходимость длительного периода поддержания повышенной функциональной активности различных органов и систем [2, 6, 9]. Как известно, функциональная устойчивость организма рассматривается как способность поддерживать в стрессовых условиях эффективную работоспособность при сохранении гомеостаза [1, 4, 12]. В частности, определение активности ферментов в сыворотке крови может быть использовано как в мониторинге тренировочного процесса, так и для оценки состояния метаболизма в организме [2, 5]. Вместе с тем длительные физические нагрузки можно использовать в качестве модели для оценки функциональной активности различных органов и систем, определяющих резервные возможности организма [4, 6, 11]. Акту-

альность настоящей работы обусловлена малым количеством работ, посвященных реакции и устойчивости функциональных систем организма и биохимического профиля юношей разных типов конституции к предельным нагрузочным пробам.

Цель. Оценить изменения биохимических показателей крови, ЧСС и артериального давления у юношей разных соматотипов до, при отказе и спустя 10 минут восстановительного промежутка после максимальной нагрузочной пробы на тредбане.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие юноши-студенты очного отделения вуза без ограничений по здоровью в возрасте от 19 до 23 лет в количестве 19 человек. По результатам соматотипирования по Хит – Картеру [7, 8, 10] испытуемых разделили на две группы в зависимости от выражен-

ности компонентов телосложения: мезоэндоморфный и эндомезоморфный соматотипы (9 человек, в последующем для упрощения именуемые как эндоморфный) и эктомезоморфный и мезоэктоморфный (10 человек, аналогично предыдущему обозначенные как эктоморфный) соматотипы. Каждый участник исследования подписал добровольное согласие на участие в эксперименте. Начальная скорость ступенчатого теста составила 6 км/ч. Длительность бега на каждой ступени – 3 минуты. Повышение скорости каждой последующей ступени составляло 1 км/ч. Суммарная мышечная работа при беге на тредбане 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. Забор капиллярной крови из пальца проводили в период 15-секундной паузы между ступенями и сразу после отказа от продолжения бега, когда испытуемый вставал на неподвижную часть тредбана. Вклад лактатного (E_{a_iLa} , кДж) механизма энергообеспечения рассчитывали по разнице концентраций лактата (ΔLa , ммоль/л) в капиллярной крови до и после теста: $E_{a_iLa} = \Delta La \cdot 0,0624 \cdot m/p$, где m – масса тела человека, p – плотность тела человека принята за 1 кг/л. [3]. Концентрацию лактата и глюкозы в капиллярной крови после 1 ступени принимали за фоновые значения. Определение концентрации лактата и глюкозы проводили на приборе Super GL Ambulance (Dr. Muller, Германия). Для оценки биохимического профиля в конце исследования 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-200E (Mindray, Китай). ЧСС на всех ступенях теста фиксировали по показаниям кардиопередатчика Polar H10 (POLAR Electro, Финляндия). Величину артериального давления определяли механическим тонометром (Pressica Riester, Германия). Юноши выполняли бег на беговой дорожке Spirit Fitness XT 685 AC (Hasttings, США). 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 ребра, над коленом, на икроножной мышце. Кистевую силу определяли с помощью динамометра ДМЭР-120 (Тулиновский Приборостроительный Завод, Россия). Рассчитывали индексы Кетле (вес / рост², кг/м²), Пинье [рост (см) – вес (кг) – обхват груди (см)] и мышечный (ОПН – ОПП) / ОПП · 100 %, где ОПН – окружность плеча в напряжении; ОПП – окружность плеча в покое.

Результаты обработаны методами математической статистики с применением пакета прикладных программ Statistica 10.0 for Windows. Данные непараметрических методов обработки представлены в виде медианы Me и $Q1$ – нижняя квартиль (25 %), $Q3$ – верхняя квартиль (75 %), а параметрических – как среднее значение и ошибка среднего ($M \pm m$). Достоверными считали различия при уровне значимости ≥ 95 %.

Результаты. Выявлено, что базовые морфологические показатели, а именно индексы Кетле и Пинье, суммарная толщина кожно-жировых складок, достоверно отличались между юношами разных соматотипов, указывая, что эндоморфный тип имеет крепкое телосложение, а эктоморфный – уровень ниже среднего.

Хотя степень отказа, на которой студенты прекращали работу, практически не отличалась между группами, тем не менее отмечалась отчетливая тенденция к выполнению большей суммарной мышечной работы и большей потери массы тела у представителей эндоморфного соматотипа по сравнению с эктоморфным, тогда как показатели кистевой силы и мышечный индекс имели противоположную тенденцию (табл. 1).

Анализ функциональных показателей сердечно-сосудистой системы и углеводного обмена показал (табл. 2), что значения САД после нагрузки достоверно возросли относительно фона у юношей обеих групп, при этом между группами достоверных различий не наблюдалось.

Между тем у представителей эндоморфного соматотипа зафиксировано более значимое повышение частоты сердечных сокращений по сравнению с эктоморфным. Более того, при переходе на следующую ступень у представителей эндоморфного соматотипа

Таблица 1
Table 1

Морфологические и силовые показатели юношей разных соматотипов
Morphological and strength characteristics of young males of different somatotypes

Показатели / Parameter	Соматотип / Somatotype	
	Эндоморфный Endomorph (n = 9)	Эктоморфный Ectomorph (n = 10)
Эндоморфия, балл / Endomorphy, score	5,55 ± 0,54▲	2,90 ± 0,28
Мезоморфия, балл / Mesomorphy, score	4,86 ± 0,18▲	3,40 ± 0,14
Эктоморфия, балл / Ectomorphy, score	1,77 ± 0,28▲	4,00 ± 0,20
Индекс Кетле / Quetelet index	25,03 ± 0,80▲	20,71 ± 0,46
Индекс Пинье / Pignet index	9,89 ± 4,38▲	32,74 ± 2,38
Мышечный индекс / Muscle index	14,67 ± 2,00	17,08 ± 1,26
Кистевая сила, кгс/см ² / Hand strength, kgf / cm ²	46,53 ± 1,86	48,07 ± 2,77
Сумма складок, см / Fold sum, cm	143,77 ± 16,66▲	92,52 ± 6,62
Потеря массы тела, % / Body weight loss, %	0,974 (0,548/1,097)	0,658 (0,462/0,987)
Степень отказа / Stage at fatigue	7,0 ± 0,67	6,5 ± 0,42
Суммарная мышечная работа, кг·м Total muscular performance, kg·m	355905 (328050/380816)	271181 (238700/319140)

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: ▲ – достоверно относительно эктоморфного соматотипа; / – разделение нижней и верхней квартили.

Note. Here and in tables 2 and 3: ▲ – differences are significant compared to ectomorphs; / – lower and upper quartiles.

Таблица 2
Table 2

Показатели сердечно-сосудистой системы и глюкозо-лактатной взаимосвязи в капиллярной крови у юношей разных соматотипов на разных этапах нагрузочного теста
Parameters of the cardiovascular system and capillary blood glucose and lactate levels in young males of different somatotypes at different stages of treadmill testing

Показатели Parameter	Период исследования Stage of study	Соматотип / Somatotype	
		Эндоморфный Endomorph (n = 9)	Эктоморфный Ectomorph (n = 10)
САД, мм рт. ст. SBP, mmHg	Фон / Baseline	123,9 ± 4,1	119,5 ± 2,4
	Отказ / Fatigue	179,4 ± 6,3■	178,0 ± 4,9■
	Восстановление / Recovery	117,8 ± 6,2	116,0 ± 3,7
ЧСС, уд./мин HR, bpm	Фон / Baseline	71 (70/73)	69 (58/76)
	После 1-й ступени / After stage 1	143,2 ± 3,1■	129,3 ± 5,6■
	После 2-й ступени / After stage 2	*157,5 ± 2,4▲■	140,1 ± 5,5■
	После 3-й ступени / After stage 3	*166,6 ± 2,6▲■	148,5 ± 5,8■
	После 4-й ступени / After stage 4	*174,5 ± 2,8▲■	159,0 ± 5,1■
	После 5-й ступени / After stage 5	*180,6 ± 2,8▲■	166,3 ± 4,7■
	После 6-й ступени / After stage 6	*186,2 ± 3,3▲■	173,8 ± 3,7■
	Отказ / Fatigue	197,4 ± 2,7▲■	183,6 ± 4,4■
Концентрация лактата в капиллярной крови, ммоль/л Capillary blood lactate, mmol/l	После 1-й ступени / After stage 1	3,26 ± 0,24	2,88 ± 0,34
	После 2-й ступени / After stage 2	*2,52 ± 0,21	*1,95 ± 0,20
	После 3-й ступени / After stage 3	*3,17 ± 0,25▲	2,26 ± 0,21
	После 4-й ступени / After stage 4	*3,94 ± 0,31▲	*2,84 ± 0,22
	После 5-й ступени / After stage 5	*5,02 ± 0,41▲■	*3,77 ± 0,29■
	После 6-й ступени / After stage 6	*6,86 ± 0,64▲■	4,64 ± 0,43■
	Отказ / Fatigue	13,50 ± 1,36▲■	7,95 ± 1,03■
Восстановление / Recovery	8,61 ± 1,27▲■	4,89 ± 0,84■	
Лактатный вклад в энергообеспечение (EaiLa), кДж Lactate metabolism (EaiLa), kJ		50,23 ± 6,44▲	22,81 ± 4,92

Окончание табл. 2
Table (end) 2

Показатели Parameter	Период исследования Stage of study	Соматотип / Somatotype	
		Эндоморфный Endomorph (n = 9)	Эктоморфный Ectomorph (n = 10)
Концентрация глюкозы в капиллярной крови, ммоль/л Capillary blood glucose, mmol/l	После 1-й ступени / After stage 1	4,49 ± 0,08	4,37 ± 0,19
	После 2-й ступени / After stage 2	4,44 ± 0,11	4,43 ± 0,18
	После 3-й ступени / After stage 3	4,42 ± 0,11	4,47 ± 0,15
	После 4-й ступени / After stage 4	4,30 ± 0,13	4,48 ± 0,17
	После 5-й ступени / After stage 5	4,28 ± 0,10	4,54 ± 0,17
	После 6-й ступени / After stage 6	4,38 ± 0,11	4,44 ± 0,16
	Отказ / Fatigue	5,77 ± 0,34 ▲■	4,83 ± 0,21■
Восстановление / Recovery	5,62 ± 0,24■	4,99 ± 0,25■	

Примечание. * – достоверно относительно значений предыдущей ступени; ■ – достоверно относительно фоновых значений (или показателей 1-й ступени). Остальные обозначения такие же, как в табл. 1.

Note. * – changes are significant compared to the previous stage; ■ – changes are significant compared to baseline values (or values of the 1st stage). The rest is as in Table 1.

Таблица 3
Table 3

Биохимические показатели сывороточной крови у юношей разных соматотипов
в покое и спустя 10 мин восстановления после отказа от нагрузки
Blood biochemistry in young males of different somatotypes
at rest and after a 10-minute rest period after exercise to fatigue

Показатели Parameter	Период исследования Stage of study	Соматотип / Somatotype	
		Эндоморфный Endomorph (n = 9)	Эктоморфный Ectomorph (n = 10)
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, μmol/l	Фон / Baseline	94,97 (87,72/100,38)	93,58 (87,88/99,56)
	Восстановление / Recovery	98,66 (96,29/107,44) ■	97,11 (95,45/111,0) ■
Триглицериды, ммоль/л Triglycerides, mmol/l	Фон / Baseline	1,22 ± 0,26	1,12 ± 0,24
	Восстановление / Recovery	0,87 ± 0,10	1,17 ± 0,26
Кальций, ммоль/л Calcium, mmol/l	Фон / Baseline	2,37 (2,34/2,41)	2,38 (2,32/2,44)
	Восстановление / Recovery	2,38 (2,23/2,43)	2,33 (2,29/2,34)
Мочевина, ммоль/л Urea, mmol/l	Фон / Baseline	4,12 (3,55/5,74)	4,18 ± 0,38
	Восстановление / Recovery	4,14 (3,83/5,94)	4,32 ± 0,39
Мочевая кислота, мкмоль/л Uric acid, μmol/l	Фон / Baseline	425,90 ± 34,22	375,91 ± 23,74
	Восстановление / Recovery	437,23 ± 42,63	396,12 ± 18,83
Общий белок, г/л Total protein, g/l	Фон / Baseline	82,7 (81,0/85,5)	83,4 (79,9/84,7)
	Восстановление / Recovery	90,9 (86,8/91,5) ■	82,5 (81,8/90,5)
Альбумин, г/л Albumin, g/l	Фон / Baseline	60,16 ± 1,11	59,98 ± 0,81
	Восстановление / Recovery	61,04 ± 1,11	61,35 ± 0,63
Магний, ммоль/л Magnesium, mmol/l	Фон / Baseline	0,70 ± 0,03	0,68 ± 0,03
	Восстановление / Recovery	0,64 ± 0,03	0,65 ± 0,03
Креатинфосфокиназа, ед/л Creatine phosphokinase, U/l	Фон / Baseline	117,3 (89,2/152,1)	104,8 (61,2/143,5)
	Восстановление / Recovery	131,9 (112,5/170,6) ■	132,5 (65,7/161,8) ■
Железо, мкмоль/л Iron, μmol/l	Фон / Baseline	23,14 ± 2,21	22,20 ± 2,62
	Восстановление / Recovery	27,35 ± 2,61 ▲	19,68 ± 2,99
Аланинаминотранс-фераза, ед/л Alanine aminotransferase, U/l	Фон / Baseline	11,10 ± 1,53	9,39 ± 0,86
	Восстановление / Recovery	12,63 ± 2,43	8,74 ± 0,63
Аспаратаминотранс-фераза, ед/л Aspartate aminotransferase, U/l	Фон / Baseline	23,08 ± 2,40	20,56 ± 1,52
	Восстановление / Recovery	25,56 ± 2,20 ▲	19,38 ± 1,30

Примечание. Восстановление – забор крови производили после 10-минутного восстановительного периода, при котором скорость полотна тредбана регулировали так, чтобы показания ЧСС находились в пределах 140 уд./мин.

Note. Recovery – blood collection was performed after a 10-minute rest period, when the treadmill speed was limited to 140 bpm.

наблюдался достоверный прирост ЧСС по сравнению с предыдущей ступенью, тогда как у юношей эктоморфного соматотипа такое повышение ЧСС было менее выраженным и имело характер тенденции.

По концентрации лактата в капиллярной крови у юношей обеих групп наблюдали достоверные отличия относительно предыдущей ступени, начиная со второй, при этом имелись значимые различия между соматотипическими группами, начиная с 3-й ступени, а также при отказе и восстановлении. У юношей эндоморфного соматотипа концентрация лактата была значительно выше, и сдвиг произошел уже после 2-й ступени теста, что отчетливо проявилось после 3-й ступени. Это может указывать на то, что на первых этапах циклической нагрузки у всех обследуемых определен вклад в мышечную деятельность вносят аэробные процессы, а затем уже подключаются анаэробные механизмы энергообеспечения. Однако по приросту концентрации лактата в крови и его вкладу в энергообеспечение юноши эндоморфного соматотипа имели достоверно более высокие значения по сравнению с юношами с преобладающим компонентом эктоморфии.

Концентрация глюкозы в капиллярной крови юношей в динамике выполнения степ-теста практически не изменялась по сравнению с фоном внутри каждой соматотипической группы и между группами. Однако при отказе от продолжения работы и в периоде восстановления концентрация глюкозы в крови юношей обеих групп достоверно повыси-

лась относительно фоновых значений, но у представителей эндоморфного соматотипа достоверно выше, чем у эктоморфов. Вероятно, это связано с большим запросом глюкозы для обеспечения гликолитической системы на заключительных отрезках тестирования у эндоморфного соматотипа.

Анализ биохимических показателей (табл. 3) на фоне и в периоде восстановления показал значимые повышения концентрации креатинина и креатинфосфокиназы у юношей в обеих группах. При этом только в группе эндоморфного соматотипа наблюдалось достоверное повышение концентрации белка относительно фона, а также концентрации железа и аспаратаминотрансферазы по сравнению с юношами эктоморфного типа.

Заключение. Полученные данные доказывают наличие конституциональных морфофункциональных и биохимических особенностей у представителей изучаемых соматотипических групп, которые особенно выявляются после физической нагрузки. Юноши эктоморфного соматотипа по ключевым показателям функционального и биохимического анализов имели больший потенциал устойчивости в сравнении с эндоморфным. Вместе с тем особенностью мужчин эндоморфного соматотипа можно считать повышенный вклад процессов гликолиза в обеспечении мышечной деятельности. Правильная трактовка результатов тестирования может показать слабые места в оценке функциональной устойчивости организма и определить направления повышения его работоспособности без ущерба для здоровья.

Список литературы

1. Бойков, В.Л. Физиологическая характеристика гематологических, биохимических параметров крови и симпато-вагусного баланса у спортсменов высокой квалификации / В.Л. Бойков, А.А. Мельников // *Человек. Спорт. Медицина.* – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 7–13.
2. Зайцева, И.П. Влияние интенсивной физической нагрузки на механизмы регуляции железа / И.П. Зайцева, А.А. Тиньков, А.В. Скальный // *Физиология человека.* – 2018. – Т. 44, № 5. – С. 115–122.
3. 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.
4. Ровный, В.А. Функциональная устойчивость организма спортсменов при длительных нагрузках в стандартных условиях / В.А. Ровный // *Педагогика, психология и мед.-биол. проблемы физ. воспитания и спорта.* – 2008. – № 10. – С. 96–99.
5. Рыбина, И.Л. Активность сывороточных ферментов в мониторинге тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта / И.Л. Рыбина // *Вестник новых мед. технологий.* – 2016. – № 1. – С. 135–139.

6. Assessment of the functional state and physical performance of young men aged 14–16 years in the process of orienteering training / Y. Galan, Y. Moseichuk, I. Kushnir, L. Lohush // *Journal of Physical Education and Sport*. – 2019. – Vol. 6. – P. 2127–2132.
7. Carter, J.E.L. *Somatotyping Development and Applications* / J.E.L. Carter, B.H. Heath. – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990.
8. 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.
9. Grgic, J. *The Effects of Low-Load vs. High-Load Resistance Training on Muscle Fiber Hypertrophy: A Meta-Analysis* / J. Grgic // *Journal of Human Kinetics*. – 2020. – Vol. 74. – P. 7–20.
10. 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.
11. Kandel, M. *Somatotype, training and performance in ironman athletes* / M. Kandel, J.P. Baeyens, P. Clarys // *European Journal of Sport Science*. – 2014. – Vol. 14. – P. 301.
12. *Muscle-strengthening activities and cancer incidence and mortality: a systematic review and meta-analysis of observational studies* / W. Nascimento, G. Ferrari, C. Martins, J. Rey-Lopez // *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. – 2021. – Vol. 18. – P. 69.

References

1. Boikov V.L., Melnikov A.A. Physiological Characteristics of Hematological, Biochemical Blood Parameters and Sympatho-vagal Balance in Highly Qualified Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 7–13. (in Russ.)
2. Zaitseva I.P., Tinkov A.A., Skalny A.V. [Influence of Intense Physical Activity on the Mechanisms of Iron Regulation]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2018, vol. 44, no. 5, pp. 115–122. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0362119718050158
3. 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.)
4. Rovny V.A. [Functional Stability of the Body of Athletes Under Prolonged Loads Under Standard Conditions]. *Pedagogika psikhologii i mediko-biologicheskie problemy fizicheskogo vospitaniia i sporta* [Pedagogy, Psychology and Biomedical Problems of Physical Education and Sports], 2008, no. 10, pp. 96–99. (in Russ.)
5. Rybina I.L. [The Activity of Serum Enzymes in the Monitoring of the Training Process of Highly Qualified Athletes of Cyclic Sports]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii, Elektronnoe izdanie* [Bulletin of new Medical Technologies, Electronic Edition], 2016, no. 1, pp. 135–139. (in Russ.)
6. Galan Y., Moseichuk Y., Kushnir I., Lohush L. Assessment of the Functional State and Physical Performance of Young Men Aged 14–16 Years in the Process of Orienteering Training. *Journal of Physical Education and Sport*, 2019, vol. 6, pp. 2127–2132.
7. Carter J.E.L., Heath B.H. *Somatotyping Development and Applications*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1990.
8. Choudhary S., Singh S., Singh I. Somatotypes of Indian Athletes of Different Sports. *Online Journal Health Allied Science*, 2019, vol. 18, p. 1.
9. Grgic J. The Effects of Low-Load vs. High-Load Resistance Training on Muscle Fiber Hypertrophy: A Meta-Analysis. *Journal of Human Kinetics*, 2020, vol. 74, pp. 7–20. DOI: 10.2478/hukin-2020-0013
10. 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
11. Kandel M., Baeyens J.P., Clarys P. Somatotype, Training and Performance in Ironman Athletes. *European Journal of Sport Science*, 2014, vol. 14, p. 301. DOI: 10.1080/17461391.2013.813971
12. Nascimento W., Ferrari G., Martins C., Rey-Lopez J. Muscle-strengthening Activities and Cancer Incidence and Mortality: a Systematic Review and Meta-analysis of Observational Studies. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2021, vol. 18, p. 69. DOI: 10.1186/s12966-021-01142-7

Информация об авторах

Приходько Антон Юрьевич, аспирант кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности, Новосибирский государственный педагогический университет, Новосибирск, Россия; преподаватель кафедры физического воспитания и спорта, Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия; лаборант-исследователь (внешний совместитель) лаборатории функциональных резервов организма, Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины, Новосибирск, Россия.

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

Трифанов Евгений Юрьевич, доцент кафедры физического воспитания, 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; Lecturer, Department of Physical Education and Sports, Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia; research assistant (external part-time worker), laboratory of functional reserves of the body, Research Institute of Neuroscience and Medicine, 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.

Evgeniy Yu. Trifanov, Associate Professor of the Department of Physical Education, 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 Scientific Research Institute of Hygiene, Novosibirsk, Russia.

Вклад авторов:

Приходько А.Ю. – проведение обследований, обработка результатов, подготовка чернового варианта статьи.

Головин М.С. – контроль и непосредственное участие в эксперименте, доработка текста.

Трифанов Е.Ю. – активная помощь в наборе подходящих добровольцев.

Айзман Р.И. – научное руководство, разработка методологии, окончательная доработка текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Prikhodko A.Yu. – conducting surveys, processing results, preparing a draft version of the article.

Golovin M.S. – control and participation in the experiment, revision of the text.

Trifanov E.Yu. – active assistance in volunteer enrollment.

Aizman R.I. – scientific supervision, development of methodology, final revision of the text.

The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 20.10.2023

The article was submitted 20.10.2023