

Спортивная тренировка Sports training

Научная статья

УДК 796.4

DOI: 10.14529/hsm250113

ДИНАМИКА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕВУШЕК-АЭРОБИСТОВ В ГОДИЧНОМ ЦИКЛЕ ПОДГОТОВКИ

Д.В. Чаюн, d.v.chayun@utmn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3364-6479>

М.А. Шароварова, m.a.sharovarova@utmn.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6341-3089>

Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

Аннотация. Цель: изучить динамику показателей морфофункционального состояния девушек в спортивной аэробике в пубертатном периоде. **Материалы и методы исследования.** В исследовании приняли участие 3 девушки молодежной сборной команды Тюменской области по спортивной аэробике 1-го спортивного разряда и КМС, стаж занятий более 7 лет. Выявление максимального потребления кислорода и порогов аэробного/анаэробного обмена проводилось методом газоанализа с использованием спироэргометрической системы Quark CPET (Cosmed) и тредмила Lado по протоколу ступенчатого нагрузочного тестирования. **Результаты.** Определено, что масса тела спортсменок за время исследования в среднем увеличилась на 19,7 %, длина тела – на 8,5 %, что ниже возрастных норм 11–13 лет. Наибольшие показатели МПК у спортсменок 1 и 2 выявлены на первом тестировании – 43,2 и 41 мл/мин/кг (средний уровень МПК для гимнастических видов спорта), у спортсменки 3 на всех этапах исследования выявлен низкий уровень МПК (от 36 до 36,9 мл/мин/кг). Аэробистка 2 преодолевала аэробный порог на скорости в 10 км/ч (ПК – 30 мл/мин/кг), в то время как аэробистки 1 и 3 – на 8 км/ч (ПК – 32 и 31 мл/мин/кг), а анаэробный порог – на скорости в 12 км/ч (ПК – 40 мл/мин/кг), другие – на 10 км/ч, что указывает на более экономичную работу сердечно-сосудистой системы спортсменки 2. **Заключение.** Полученные результаты подтверждают гипотезу о снижении функциональных возможностей спортсменок в пубертатном периоде. Данное исследование расширит банк данных морфофункциональных показателей аэробисток, что позволит сформировать базу данных для компьютерного программного продукта с виртуальным ассистентом в гимнастических видах спорта.

Ключевые слова: максимальное потребление кислорода, нагрузочное тестирование, функциональное состояние, девушки-подростки, спортивная аэробика

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) № 23-78-01196.

Для цитирования: Чаюн Д.В., Шароварова М.А. Динамика морфофункционального состояния девушек-аэробисток в годичном цикле подготовки // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № 1. С. 102–109. DOI: 10.14529/hsm250113

Original article

DOI: 10.14529/hsm250113

DYNAMICS OF MORPHOFUNCTIONAL STATE IN FEMALE AEROBIC GYMNASTS OVER AN ANNUAL TRAINING CYCLE

D.V. Chayun, d.v.chayun@utmn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3364-6479>

M.A. Sharovarova, m.a.sharovarova@utmn.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6341-3089>

University of Tyumen, Tyumen, Russia

Abstract. Aim. This study aimed to investigate the age dynamics of functional state in female aerobic gymnasts during puberty. **Materials and methods.** The study involved three female athletes from the Tyumen youth team in aerobic gymnastics, each with over 7 years of training experience. Physiological assessments

included maximum oxygen consumption and aerobic/anaerobic thresholds, measured using the Quark CPET system (Cosmed) and a Lado treadmill. An incremental step load testing protocol was employed to evaluate these parameters. **Results.** During the study period, the athletes exhibited an average increase in body mass of 9 kg and body length of 7.2 cm, which was below the reference values for girls aged 11–13 years. Peak oxygen uptake values varied among the athletes. Athletes 1 and 2 demonstrated values of 43.2 and 41 ml/min/kg, respectively, aligning with the average $\text{VO}_{2\text{max}}$ levels observed in gymnastic sports. Athlete 3 consistently exhibited lower values, ranging from 36 to 36.9 ml/min/kg throughout the study. Athlete 2 achieved the aerobic threshold at 10 km/h ($\text{VO}_2 = 30$ ml/min/kg), while athletes 1 and 3 achieved this threshold at 8 km/h ($\text{VO}_2 = 32$ and 31 ml/min/kg, respectively). The anaerobic threshold was observed at 12 km/h ($\text{VO}_2 = 40$ ml/min/kg) for Athlete 2, while Athletes 1 and 3 reached it at 10 km/h, indicating a more efficient cardiovascular response in Athlete 2. **Conclusion.** The results obtained are consistent with previous research, confirming a decline in functional capabilities among female athletes during puberty. This study contributes to research on age-specific functional state indicators in aerobic gymnasts, providing a foundation for developing model characteristics and a computer-based software product with a virtual assistant to optimize training processes in gymnastic sports.

Keywords: maximum oxygen consumption, load testing, functional state, adolescent females, aerobic gymnastics

Acknowledgements. This study was supported by a grant from the Russian Science Foundation (RSF), project # 23-78-01196.

For citation: Chayun D.V., Sharovarova M.A. Dynamics of morphofunctional state in female aerobic gymnasts over an annual training cycle. *Human. Sport. Medicine*. 2025;25(1):102–109. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm250113

Введение. Несмотря на санкционные меры по ограничению участия российских спортсменов – лидеров мирового первенства – на международных соревнованиях, Правительство Российской Федерации особое внимание уделяет качественной подготовке перспективного спортивного резерва через реализацию «Концепции развития детско-юношеского спорта» и «Стратегии развития сферы физической культуры и спорта» до 2030 г.

Одним из видов спорта ранней специализации является спортивная аэробика, специфика соревновательной деятельности которой состоит в выполнении спортивной хореографии с гимнастическими и акробатическими элементами под музыкальное сопровождение, темп которого достигает более 160 уд./мин и продолжается не более 85 с, что характеризуется выполнением упражнения в зоне субмаксимальной мощности и требует от спортсменов проявления высокого уровня физических, функциональных и психологических возможностей [9, 10, 14–16].

На первый взгляд можно сказать, что соревновательные упражнения в видах гимнастики выполняются преимущественно за счет анаэробных источников энергии, однако исследования с применением портативных газоанализаторов непосредственно при выполнении гимнастами специализированной нагруз-

ки подтверждают относительно равный вклад аэробного и анаэробного источников энергообеспечения [6, 11–15, 17].

Отечественные ученые (В.Д. Сонькин, Р.Т. Тамбовцева, И.А. Корниенко, Т.М. Параничева, Л.В. Макарова, К.В. Орлов, С.П. Левушкин) неоднократно обращали внимание на общие принципы формирования механизмов энергопродукции в скелетных мышцах и утверждают, что никакое тренировочное воздействие не может привести к «перескакиванию» через один из этапов естественного развития организма, а несвоевременные попытки «развития тех свойств и качеств, для которых не созрел биологический субстрат», могут привести к отрицательному влиянию на здоровье спортсменов [1–3, 7]. При этом положительное влияние средств спортивной аэробики на организм детей неоднократно было доказано как отечественными, так и зарубежными учеными.

А. Lamosova, О. Kyselovicova, Р. Tomkova определено, что тренировочные нагрузки привели к повышению уровня физического развития аэробистов в возрасте от 6 до 11 лет, при этом не нарушив ход естественного развития организма (масса тела увеличилась на 12,7 %, длина тела и индекс массы тела – на 4,3 % ($p < 0,01$) [16]. Учеными Китая также доказано, что занятия спортивной аэробикой для юношей и девушек 13–15 лет способст-

вуют увеличению кардиомиоцитов, снижению жирового компонента и увеличению скорости энергетического обмена [19]. Кроме этого, установлено, что спортсмены чаще всего травмируются при изучении и выполнении поддержек и взаимодействий, что связано с недостаточным уровнем функциональной подготовленности [18]. Незначительные микротравмы опорно-двигательного аппарата, на восстановление функций которого не уделялось должного внимания в детстве, могут послужить фатальной неизбежностью для завершения спортивной карьеры в будущем.

Таким образом, актуальность исследования определена противоречием между необходимостью применения комплексного подхода к персонализации тренировочного процесса и недостаточной изученностью функционального состояния юных аэробистов.

Цель исследования заключается в изучении динамики показателей морфофункционального состояния девушек в спортивной аэробике в пубертатном периоде.

Материалы и методы исследования. В исследовании, проведенном на базе института физической культуры Тюменского государственного университета в период с февраля 2022 по август 2023 года, приняли участие 3 спортсменки 12–13 лет (на момент первого обследования).

Выявление максимального потребления кислорода (МПК), порогов аэробного и анаэробного обмена проводилось методом газоанализа с использованием спироэргометрической системы Quark CPET (Cosmed) и тредмила Lado по протоколу ступенчатого нагрузочного тестирования. Обработка полученных результатов проводилась с помощью методов математической статистики.

Результаты. Девушки, участвующие в исследовании, имели стаж систематических занятий спортивной аэробикой более 7 лет, при этом к 2023 году спортсменки 2008 г. р. выполнили требования для присвоения разряда «кандидат в мастера спорта» и перешли в следующую возрастную категорию 15–17 лет – «юниоры и юниорки» (табл. 1).

На момент первого исследования все девушки выполняли по 2 идентичных соревновательных упражнения в дисциплинах «группа» и «танцевальная гимнастика», а аэробистка 2 дополнительно выполняла «индивидуальное выступление». В 2023 г. аэробистки 2008 г. р. находились в одном составе только в дисциплине «танцевальная гимнастика», при этом у каждой спортсменки сохранилось количество соревновательных упражнений 2022 г. Результаты соревновательной деятельности демонстрируют повышение позиций сборной команды Тюменской области в общем рейтинге на первенстве России в дисциплине «танцевальная гимнастика» (с 4-го на 2-е место) в возрастной категории 15–17 лет, а выступление в дисциплине «гимнастическая платформа» было оценено на 4-е место первенства России в возрастной категории 12–14 лет.

В период с февраля 2022 по август 2023 г. рост девушек в среднем увеличился на 7,2 см (у 1 на 5,5; 2 – 4; 3 – 12,3 см), а масса тела на 9 кг (у 1 на 8,1; 2 – 6,3; 3 – 12,8 кг), что ниже возрастных норм, соответствующих периоду 11–13 лет (10–12 см в год) [4]. Наибольший ростовой скачок выявлен у спортсменки 3 (длина тела увеличилась на 12,3 см, масса тела – на 12,8 кг), в то время как у спортсменки 2 наблюдались наименьшие изменения (длина тела увеличилась на 4 см, масса тела – на 6,3 кг) (см. рисунок).

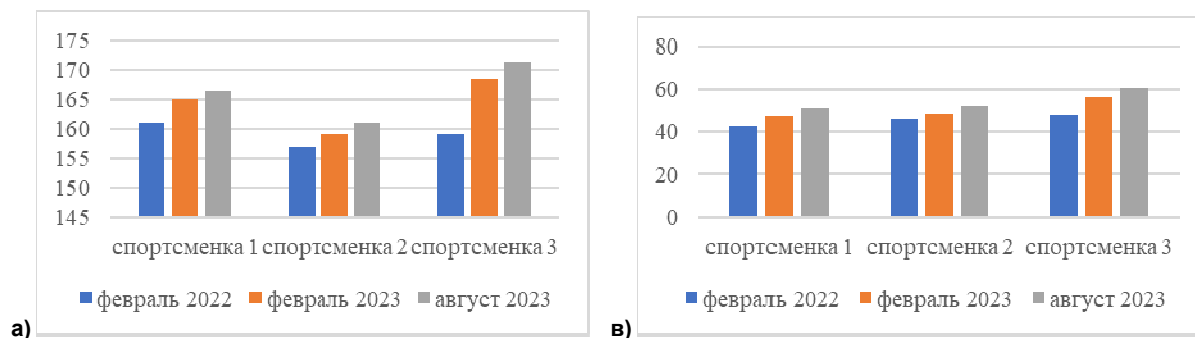
Таблица 1
Table 1

Социально-демографические характеристики исследования
Social and demographic characteristics of the sample

№	Год рождения Year of birth	Стаж (годы) Exp. (years)	Разряд Title		Возрастная категория Age category		Лучший результат на ПР Best result in the National Championship	
			2022	2023	2022	2023	2022	2023
1	2008	7	1	KMC / CMS	12–14	15–17	ГР-17, ТГ-4	ТР-25, ТГ-2
2	2008	7	1	KMC / CMS	12–14	15–17	ИЖ-7, ГР-17, ТГ-4	ИЖ-13, ТР-11, ТГ-2
3	2009	8	1	1	12–14	12–14	ГР-17, ТГ-4	ИЖ-49, ГП-4

Примечание: ПР – Первенство России; ГР – группа, ТГ – танцевальная гимнастика, ИЖ – индивидуальное выступление, ТР – трио, ГП – гимнастическая платформа.

Note: ГР – group, ТГ – aerobics, ИЖ – individual performance, ТР – trio, ГП – step aerobics.



Динамика антропометрических показателей аэробисток:
а – длина тела, см; б – масса тела, кг
Trends in anthropometric measurements of aerobic athletes over time:
a – body length, cm; b – body weight, kg

Таблица 2
Table 2

Динамика максимального потребления кислорода аэробисток
Changes in maximal oxygen consumption of aerobic athletes

№	МПК, мл/мин/кг VO _{2max} , ml/min/kg				ЧСС, уд./мин Heart rate, bpm				Скорость, км/ч Velocity, km/h		
	A	B	C	$\bar{x} \pm \sigma$	A	B	C	$\bar{x} \pm \sigma$	A	B	C
1	43,2	36,3	40,3	39 ± 3,5	167	199	202	189 ± 19	11	12	12
2	41	36	37	38 ± 2,7	182	165	183	176 ± 10	13	12	13
3	36	36,9	36,6	36 ± 0,5	190	185	192	189 ± 3	12	11	11
$\bar{x} \pm \sigma$	40,1 ± 3,7	36,4 ± 0,5	38 ± 2		179 ± 12	183 ± 17	192 ± 9		–	–	–

Примечание: А – февраль 2022, В – февраль 2023, С – август 2023.

Note: A – February 2022, B – February 2023, C – August 2023.

Одним из наиболее широко используемых в исследовательской практике показателей общей физической работоспособности является определение МПК. Величина МПК зависит от функционального состояния кардиореспираторной системы, а также от митохондриальной емкости, содержания гемоглобина в крови и миоглобина в мышцах [5]. Определено, что наибольшие показатели МПК у спортсменок 1 и 2 выявлены на первом тестировании 43,2 и 41 мл/мин/кг – средний уровень (табл. 2).

У спортсменки 3 наблюдались наименьшие различия в показателях МПК за все этапы исследования (0,9 мл/мин/кг), однако следует отметить, что на первом этапе МПК был зафиксирован на скорости в 12 км/ч, а в остальных случаях – 11 км/ч. Достижение МПК на скорости в 13 км/ч было зафиксировано только у спортсменки 2 на первом и третьем этапах.

Ежегодно в январе начинается серия официальных отборочных соревнований. Однако в 2022 году подготовка имела уникальный характер, вызванный последствиями пандемии и вспышками заболеваемости в период

плановых соревнований. Так, первенство Тюменской области было перенесено на март за два дня до первенства Уральского федерального округа, а первенство г. Тюмени и вовсе состоялось в апреле.

В связи с этим предполагаем, что наименьшие показатели МПК у 1-й и 2-й девушек-аэробисток в сезоне 2023 года (36,3 и 36 мл/мин/кг – низкий уровень) являются следствием психологического и мышечного напряжения двух соревнований и приближающегося первенства УрФО, а также неполного восстановления перед прохождением нагрузочного тестирования после ежедневных нагрузок субмаксимального характера.

Средние значения МПК у обследуемых спортсменок (1 – 39; 2 – 38; 3 – 36 мл/мин/кг) соответствовали низкому уровню по нормам для гимнастических видов спорта. По рекомендациям В.Л. Карпмана, З.Б. Белоцерковского и И.А. Гудкова, для спортивной и художественной гимнастики среднее значение МПК должно соответствовать диапазону от 41 до 45 мл/мин/кг [2]. Однако исследователи объединили всех респондентов младше 18 лет в одну возрастную категорию, что значительно

Таблица 3
Table 3

Динамика порогов аэробного и анаэробного обмена аэробисток
Changes in aerobic and anaerobic thresholds in female athletes

	ПК, мл/мин/кг VO ₂ , ml/min/kg				ЧСС, уд./мин Heart rate, bpm				Скорость, км/ч Velocity, km/h		
	A	B	C	$\bar{x} \pm \sigma$	A	B	C	$\bar{x} \pm \sigma$	A	B	C
Аэробный порог / Aerobic threshold											
1	32	30	34	32 ± 2	150	162	182	165 ± 16	8	8	8
2	30	25	25,4	27 ± 2,7	149	120	147	139 ± 16	10	8	9
3	31	28	28,5	29 ± 1,6	155	158	157	157 ± 2	8	8	8
$\bar{x} \pm \sigma$	31 ± 1	28 ± 2,5	29 ± 4,3		151 ± 3	147 ± 23	162 ± 18		–	–	–
Анаэробный порог / Anaerobic threshold											
1	37	35	38	37 ± 1,5	176	185	196	185 ± 10	10	10	10
2	40	32	30	34 ± 5	173	151	168	164 ± 12	12	10	11
3	35	35	35	35 ± 0	179	177	185	180 ± 4	10	10	10
$\bar{x} \pm \sigma$	37 ± 2,5	34 ± 1,7	34 ± 4		176 ± 3	171 ± 18	183 ± 14		–	–	–

Примечание: А – февраль 2022, В – февраль 2023, С – август 2023.

Note: A – February 2022, B – February 2023, C – August 2023.

но осложняет детальный анализ полученных данных.

В работах Ю.С. Филипповой приведены данные МПК среди спортсменок-аэробисток и их ровесниц, не занимающихся спортом по более дробному возрастному категорированию. Так, в возрасте 11–12 лет у лидеров новосибирской команды МПК составляет $44,8 \pm 1,7$ мл/мин/кг, а в период от 13 до 15 лет – $41,5 \pm 1,3$ мл/мин/кг. У девушек 11–12 лет, не занимающихся спортом, МПК составляет $41,1 \pm 1,0$ мл/мин/кг, 13–15 лет – $37,0 \pm 1,0$ мл/мин/кг [8, 9]. Снижение функциональных возможностей начиная с 13 лет у спортсменок, занимающихся спортивной аэробикой, Ю.С. Филиппова объясняет экономизацией деятельности их сердечно-сосудистой системы. Спортсменкам 1 и 2 в феврале 2023 года было по 14 лет, в то время как аэробистке 3 было еще 13, в связи с чем данная тенденция может в будущем ярче проявиться в показателях МПК. Однако для более обоснованного анализа динамики показателей функционального состояния аэробисток на сегодняшний день статистических данных недостаточно и необходимо продолжить изучать данные явления.

Также у двух спортсменок выявлена тенденция к снижению показателя МПК за период с февраля 2022 по февраль 2023 года и незначительному его повышению за последующие полгода, в то время как у третьей спортсменки напротив наблюдается незначительный рост показателя в первый год и далее его незначительное снижение.

Высокое варьирование кардиовыносливости (по показателю ЧСС на уровне МПК) при маломеняющейся мощности работы (по скорости в км/ч на уровне МПК) может свидетельствовать о гетерохронности индивидуального развития, а именно об отставании роста сердца от темпов физического развития у спортсменки 3. Сердце аэробистки 3, вероятно, не успело вырасти и адаптироваться к наиболее высокому увеличению антропометрических показателей, на что также косвенно указывают и наиболее низкие значения МПК в обозначенном периоде.

Для наиболее аргументированного обоснования функционального состояния аэробисток нами были определены показатели порогов аэробного и анаэробного обмена (табл. 3).

Несмотря на видимую хаотичность, в показателях границ смен зон энергообеспечения спортсменок прослеживается та же тенденция, что и в показателях МПК: у аэробисток 1 и 2 выявлено снижение аэробной производительности к февралю 2023 и рост к августу 2023, однако в отличие от МПК динамика повышения показателей потребления кислорода на порогах значительно выше. Следует обратить внимание, что аэробистка 2 явно превосходила по уровню функциональной подготовленности других спортсменок, так как преодолевала аэробный порог на скорости в 10 км/ч, в то время как 1-я и 3-я аэробистки – на 8 км/ч, а анаэробный порог – на скорости в 12 км/ч, нежели другие на 10 км/ч, что указывает на более экономичную работу сердечно-сосудистой системы.

Выводы. Значительный скачок по антропометрическим показателям у спортсменки 3 (длина тела на 12,3 см, масса – на 12,8 кг) привел к снижению приспособительных возможностей сердечно-сосудистой системы, в то время как у аэробисток 1 и 2, незначительно прибавивших в весоростовых показателях, наиболее ярко выражена скачкообразная динамика аэробной производительности в настоящий момент хоть и незначительно, но стремящаяся к повышению.

На первом этапе тестирования показатели МПК у 1-й и 2-й девушки соответствовали среднему уровню потребления кислорода для спортсменов гимнастических видов спорта (43,2 и 41 мл/мин/кг), а у спортсменки 3 выявлен низкий уровень МПК на протяжении всего исследования (от 36 до 36,9 мл/мин/кг).

Следует отметить, что на показатели МПК помимо возрастных особенностей может сказываться и период подготовки спортсменов. Так, например, наименьшие показатели МПК определены в результате нагрузочного тестирования, организованного в период отборочных соревнований, в котором спортсмены, скорее всего, находились в состоянии недо восстановления в отличие от сезона 2022 г.

По результатам исследования определено, что, несмотря на незначительные различия в возрасте и сходстве в результатах соревновательной деятельности, девушки сборной команды Тюменской области по спортивной аэробике находятся на разных отрезках этапов как полового созревания, так и биологической зрелости, а также соответствуют разному уровню функциональной подготовленности.

Список литературы

1. Возрастная динамика двигательных возможностей школьников 8–17 лет по данным популяционного исследования / В.Д. Сонькин, Т.М. Параничева, Л.В. Макарова и др. // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 71–79. DOI: 10.14529/hsm210109
2. Карпман, В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 206 с.
3. Корниенко, И.А. Возрастное развитие энергетики мышечной деятельности: итоги 30-летнего исследования. Сообщение III. Эндогенные и экзогенные факторы, влияющие на развитие энергетики скелетных мышц / И.А. Корниенко, В.Д. Сонькин, Р.В. Тамбовцева // *Физиология человека*. – 2007. – Т. 33, № 5. – С. 118–123.
4. Лысова, Н.Ф. Возрастная анатомия и физиология / Н.Ф. Лысова, Р.И. Айзман. – Новосибирск: Сибир. унив. изд-во, 2019. – 352 с.
5. Мякинченко, Е.Б. Силовая подготовка спортсменов высокого класса в циклических видах спорта с преимущественным проявлением выносливости / Е.Б. Мякинченко, А.С. Крючков, Т.Г. Фомищенко. – М.: Спорт, 2022. – 280 с.
6. Погодина, С.В. Оценка эффективности адаптации гимнасток к специфическим физическим нагрузкам на основе физиологических и психологических критериев / С.В. Погодина, С.В. Климова, И.Н. Назаренко // *Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований*. – 2017. – С. 5–8.
7. Сонькин, В.Д. Энергетика детского организма: качественная и количественная специфика / В.Д. Сонькин // *Физиология человека*. – 2014. – Т. 40, № 5. – С. 103–114.
8. Ступина, А.Ю. Динамика функционального состояния системы кровообращения спортсменок фитнес-аэробики в месячном цикле тренировок / А.Ю. Ступина, Е.С. Бабичева, Е.П. Горбанева // *Вестник научных конференций*. – 2016. – № 2-5. – С. 113–121.
9. Филиппова, Ю.С. Морфофункциональные особенности спортсменок 9–22 лет, занимающихся спортивной аэробикой / Ю.С. Филиппова, В.Б. Рубанович, Р.И. Айзман // *Физиология человека*. – 2006. – Т. 32, № 2. – С. 1–6.
10. Фоменко, И.А. Качественные характеристики функциональной подготовленности спортсменок, адаптированных к различной специфической мышечной деятельности / И.А. Фоменко, Д.В. Медведев, В.А. Балуева // *Фундамент. исследования*. – 2013. – № 8–5. – С. 1107–1112.
11. Chayun, D.V. Acrobatics as a new trend in Aerobic Gymnastics / D.V. Chayun, K.G. Kletsov, I.V. Manzheley // *Journal of Physical Education and Sport*. – 2020. – Vol. 20, No. 2. – P. 759–767.
12. Chayun, D.V. Qualimetry of Psychophysiological Parameters in Aerobic Gymnastics / D.V. Chayun // *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*. – 2024. – Vol. 17, No. 2. – P. 361–373.

13. *Energetics of floor gymnastics: aerobic and anaerobic share in male and female sub-elite gymnasts* / S. Kaufmann, M. Ziegler, J. Werner et al. // *Sports Medicine-Open*. – 2022. – Vol. 8. – P. 1–10.
14. *Fonti energetiche dell'esercizio di gara della ginnastica aerobica* / L. Righetti, M.F. Piacentini, L. Capranica, F. Felici // *Coni*. – 2004. – Vol. 62.
15. *Lamosova, A. Anthropometric and motor changes after one-year aerobic gymnastics training in young gymnasts* / A. Lamosova, O. Kyselovicova, P. Tomkova // *Science of Gymnastics Journal*. – 2021. – Vol. 13, No. 2. – P. 243–251.
16. *Physiological effects induced by repetitive routines in Aerobic Gymnastics* / Ménétrier Arnaud, Doriane Baud, Johan Cassirame et al. // *Scientific research in aerobic gymnastics*. – 2012. – P. 41–43.
17. *Physiological responses and energetics of competitive group exercise in female aerobic gymnasts with different levels of performance* / R. Aleksandraviciene, K. Zaicenkoviene, L. Stasiule, A. Stasiulis // *Perceptual and motor skills*. – 2015. – Vol. 120, No. 3. – P. 787–803.
18. *Shen, W. Sports injuries in high-level aerobic gymnastics athletes* / W. Shen, Q. Zhou // *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. – 2023. – Vol. 29. – P. 87–97.
19. *Waluyo, W. The Effect of low impact aerobic gymnastics on improving physical fitness in students* / W. Waluyo // *Journal SPORTIF: Journal Penelitian Pembelajaran*. – 2023. – Vol. 9, No. 2. – P. 185–197.

References

1. Sonkin V.D., Paranicheva T.M., Makarova L.V. et al. Age Dynamics of Motor Capabilities of Schoolchildren 8–17 Years Old According to the Population Study. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 71–79. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210109
2. Karpman V.L., Belotserkovsky Z.B., Gudkov I.A. *Testirovaniye v sportivnoy meditsine* [Testing in Sports Medicine]. Moscow, URSS Physical Culture and Sport Publ., 1988. 206 p.
3. Kornienko I.A., Son'kin V.D., Tambovtseva R.D., Tambovtseva R.V. [Age Development of Energy of Muscular Activity. Results of 30-year Research. Message III. Endogenous and Exogenous Factors Influencing the Development of Skeletal Muscle Energetics]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2007, vol. 33, no. 5, pp. 118–123. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0362119707050131
4. Lysova N.F., Aizman R.I. *Vozrastnaya anatomiya i fiziologiya* [Age Anatomy and Physiology]. Novosibirsk, Siberian University Publ., 2019. 352 p.
5. Myakinchenko E.B., Kryuchkov A.S., Fomichenko T.G. *Silovaya podgotovka sportsmenov vysokogo klassa v tsiklicheskih vidakh sporta s preimushchestvennym proyavleniyem vynoslivosti* [Power Training of High-class Athletes in Cyclic Sports with a Predominant Manifestation of Endurance]. Moscow, Sport Publ., 2022. 280 p.
6. Pogodina S.V., Klimova S.V., Nazarenko I.N. [Evaluation of the Efficiency of Adaptation of Gymnasts to Specific Physical Loads on the Basis of Physiological and Psychological Criteria]. *Aktual'nyye napravleniya fundamental'nykh i prikladnykh issledovaniy* [Actual Directions of Fundamental and Applied Research], 2017, pp. 5–8. (in Russ.)
7. Sonkin V.D. [Energy of Children's Organism. Qualitative and Quantitative Specificity]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2014, vol. 40, no. 5, pp. 103–103. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0362119714050168
8. Stupina A.Y., Gorbaneva E.P. [Dynamics of the Functional State of the Circulatory System of Female Fitness Aerobics Athletes in a Monthly Training Cycle]. *Vestnik nauchnykh konferentsiy* [Bulletin of Scientific Conferences], 2016, no. 2–5, pp. 113–121. (in Russ.)
9. Filippova Y.S., Rubanovich V.B., Aizman R.I. [Morphofunctional Features of Sportswomen 9–22 Years Old, Engaged in Sports Aerobics]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2006, vol. 32, no. 2, pp. 1–6. (in Russ.) DOI: 10.1134/S0362119706020162
10. Fomenko I.A., Medvedev D.V., Balueva V.A. [Qualitative Characteristics of Functional Fitness of Female Athletes Adapted to Different Specific Muscle Activity]. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Fundamental Research], 2013, vol. 8, no. 5, pp. 1107–1112. (in Russ.)
11. Chayun D.V., Kletsov K.G., Manzheley I.V. Acrobatics as a New Trend in Aerobic Gymnastics. *Journal of Physical Education and Sport*, 2020, vol. 20, no. 2, pp. 759–767. DOI: 10.7752/jpes.2020.02109

12. Chayun D.V. Qualimetry of Psychophysiological Parameters in Aerobic Gymnastics. *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*, 2024, vol. 17, no. 2, pp. 361–373.
13. Kaufmann S., Ziegler M., Werner J. et al. Energetics of Floor Gymnastics: Aerobic and Anaerobic Share in Male and Female Sub-elite Gymnasts. *Sports Medicine-Open*, 2022, vol. 8, pp. 1–10. DOI: 10.1186/s40798-021-00396-6
14. Righetti L., Piacentini M., Capranica L., Felici F. Energy Sources of Aerobic Gymnastics Competition Exercise. *Rivista di Cultura Sportiva*, 2004, vol. 62, pp. 83–86.
15. Lamosova A., Kyselovicova O., Tomkova P. Anthropometric and Motor Changes After One-year Aerobic Gymnastics Training in Young Gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 2021, vol. 13, no. 2, pp. 243–251. DOI: 10.52165/sgj.16.1
16. Arnaud M., Baud D., Cassirame J. et al. Physiological Effects Induced by Repetitive Routines in Aerobic Gymnastics. *Scientific Research in Aerobic Gymnastics*, 2012, pp. 41–43.
17. Aleksandraviciene R., Zaicenkoviene K., Stasiule L., Stasiulis A. Physiological Responses and Energetics of Competitive Group Exercise in Female Aerobic Gymnasts with Different Levels of Performance. *Perceptual and Motor Skills*, 2015, vol. 120, no. 3, pp. 787–803. DOI: 10.2466/29.26.PMS.120v15x
18. Shen W., Zhou Q. Sports Injuries in High-level Aerobic Gymnastics Athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2023, vol. 29, pp. 87–97. DOI: 10.1590/1517-8692202329012022_0479
19. Waluyo W. The Effect of Low Impact Aerobic Gymnastics on Improving Physical Fitness in Students. *Journal SPORTIF: Journal Penelitian Pembelajaran*, 2023, vol. 9, no. 2, pp. 185–197. DOI: 10.29407/jsunpgri.v9i2.19982

Информация об авторах

Чаюн Данил Викторович, кандидат педагогических наук, доцент кафедры технологий физкультурно-спортивной деятельности, Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия.

Шароварова Марина Александровна, старший преподаватель, Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия.

Information about the authors

Danil V. Chayun, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Education and Sports Technologies, University of Tyumen, Tyumen, Russia.

Marina A. Sharovarova, Senior Lecturer, University of Tyumen, Tyumen, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

All authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 12.11.2024

The article was submitted 12.11.2024