



Научная статья

УДК 612.13:796.035

DOI: 10.37482/2687-1491-Z214

Состояние гемодинамики спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата при физических нагрузках разной направленности

Виктория Владиславовна Кальсина* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4816-2370>

Ольга Николаевна Кудря* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8681-5870>

*Сибирский государственный университет физической культуры и спорта
(Омск, Россия)

Аннотация. Полноценное обеспечение гемодинамических показателей для оптимального функционирования организма в процессе воздействия физических нагрузок – основное условие эффективной деятельности спортсмена. У здоровых спортсменов формируются определенные изменения аппарата кровообращения, вызванные направленностью физической нагрузки и не всегда имеющие положительный адаптационный характер. Подобные особенности у спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата (ПОДА) описаны в литературе достаточно слабо. **Целью** исследования явилась оценка изменений гемодинамики спортсменов с ПОДА в зависимости от направленности физической нагрузки. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 93 чел., из них 52 спортсмена с ПОДА различных нозологических форм и 41 здоровый спортсмен. Средний возраст спортсменов с ПОДА составил $27,4 \pm 4,1$ года, здоровых спортсменов – $25,3 \pm 1,5$ года. Стаж занятий – $5,4 \pm 1,2$ и $7,3 \pm 2,6$ года соответственно. На первом этапе исследования проведен анализ состояния системы кровообращения спортсменов с ПОДА и здоровых спортсменов, имеющих разнообразную направленность физических нагрузок в тренировочном процессе, путем оценки фоновых показателей гемодинамики. На втором этапе изучены изменения функциональных ресурсов гемодинамики спортсменов с ПОДА после выполнения пробы с дозированной физической нагрузкой. **Результаты.** Выявлено, что в покое показатели, характеризующие периферическую гемодинамику (систолическое артериальное давление, среднее артериальное давление, периферическое сосудистое сопротивление) у спортсменов с ПОДА выше, а показатели центральной гемодинамики (систолический объем и минутный объем кровообращения) – ниже, чем у здоровых спортсменов. Физическая нагрузка активизирует у обследуемых с ПОДА ресурсы, обеспечивающие неэкономные механизмы функционирования кровообращения. Обнаружены схожие изменения гемодинамики в группах спортсменов с ПОДА и здоровых спортсменов с аналогичной направленностью тренировочного процесса. Наиболее негативные

© Кальсина В.В., Кудря О.Н., 2024

Ответственный за переписку: Виктория Владиславовна Кальсина, адрес: 644009, г. Омск, ул. Масленникова, д. 144; e-mail: victoria_vk@mail.ru

изменения гемодинамики у спортсменов с ПОДА и напряжение механизмов адаптации вызваны преобладанием статических нагрузок и силовой направленностью тренировочного процесса.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система спортсмена, спортсмены с поражением опорно-двигательного аппарата, тренировочный процесс, направленность физической нагрузки, адаптация гемодинамики к физической нагрузке

Для цитирования: Кальсина, В. В. Состояние гемодинамики спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата при физических нагрузках разной направленности / В. В. Кальсина, О. Н. Кудря // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 502-511. – DOI 10.37482/2687-1491-Z214.

Original article

State of Haemodynamics in Athletes with Musculoskeletal Disorders Involved in Various Types of Physical Activity

Viktoriya V. Kalsina* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4816-2370>

Olga N. Kudrya* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8681-5870>

*Siberian State University of Physical Education and Sport
(Omsk, Russia)

Abstract. Adequate haemodynamic indices for the body's optimal functioning during physical activity is the main condition for an athlete's effective performance. In healthy athletes, certain changes in the circulatory system due to the type of exercise occur, which are not always of a positive adaptive nature. For athletes with musculoskeletal disorders, such changes are poorly described in literature. The **purpose** of this study was to assess haemodynamic changes in athletes with musculoskeletal disorders depending on the type of physical activity. **Materials and methods.** The research involved 93 people, including 52 athletes with various forms of musculoskeletal disorders and 41 healthy athletes. The mean age of athletes with musculoskeletal disorders was 27.4 ± 4.1 years, and that of healthy athletes was 25.3 ± 1.5 years. The length of training was 5.4 ± 1.2 and 7.3 ± 2.6 years, respectively. During the 1st stage of the research, we used baseline haemodynamic values to analyse the state of the circulatory system in athletes with musculoskeletal disorders and healthy subjects doing various types of exercises in their training process. The 2nd stage involved studying changes in the functional haemodynamic resources of athletes with musculoskeletal disorders in response to a graded exercise test. **Results.** At rest, peripheral haemodynamic indices (systolic blood pressure, mean arterial pressure, and peripheral vascular resistance) in athletes with musculoskeletal disorders were found to be higher, while central haemodynamic indices (stroke volume and cardiac output) lower than in healthy athletes. Physical load activates resources allowing the cardiovascular system to work more intensely in athletes with musculoskeletal disorders. We found that haemodynamic changes in groups of athletes with musculoskeletal disorders correspond to those in groups of healthy athletes with a similar focus of the training

Corresponding author: Viktoriya Kalsina, address: ul. Maslennikova 144, Omsk, 644009, Russia;
e-mail: victoria_vk@mail.ru

process. In athletes with musculoskeletal disorders, the most negative changes in haemodynamics and strain of the adaptive mechanisms are caused by the predominance of static exercises and strength training.

Keywords: cardiovascular system in athletes, athletes with musculoskeletal disorders, training process, focus of physical activity, haemodynamic adaptation to physical activity

For citation: Kalsina V.V., Kudrya O.N. State of Haemodynamics in Athletes with Musculoskeletal Disorders Involved in Various Types of Physical Activity. *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 4, pp. 502–511. DOI: 10.37482/2687-1491-Z214

Активные занятия различными видами адаптивного спорта, подготовка к соревнованиям и участие в них требуют от организма спортсменов с ограниченными возможностями здоровья высокого уровня функциональных ресурсов. Среди здоровых спортсменов известна проблема отрицательного воздействия физических нагрузок на деятельность сердечно-сосудистой системы. Основная функциональная задача данной системы в процессе адаптации к подобным нагрузкам состоит в обеспечении адекватного кровоснабжения работающих структур [1, 2]. Гемодинамические показатели отражают уровень метаболических и энергетических процессов, протекающих в организме в ответ на изменяющиеся условия среды обитания [3, 4]. Г.Ф. Ланг, описывая системный характер адаптационных изменений кровообращения при физических нагрузках, говорил о формировании «спортивного аппарата кровообращения» [5, с. 14].

Анализ доступной современной литературы показывает, что в настоящее время наука располагает материалами, широко характеризующими особенности адаптации гемодинамики здоровых спортсменов к фактору физической нагрузки в зависимости от возраста и преимущественной направленности тренировочного процесса, однако адаптация гемодинамики спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата (ПОДА) исследована достаточно слабо. Для полноценного понимания адаптивных перестроек сердечно-сосудистой системы у спортсменов с ПОДА важно иметь представление о том, какое сочетание уровня нагрузки и показателей гемодинамики оказывает лимитирующее

воздействие на адаптационные возможности организма, а какое – расширяющее. Именно направленность физической нагрузки специалисты отмечают в качестве определяющего фактора адаптационных изменений гемодинамики у спортсменов [1, 5, 6].

Цель работы – оценить изменения гемодинамики спортсменов с ПОДА в зависимости от направленности физической нагрузки.

Материалы и методы. Всего в исследовании приняли участие 93 чел., из них 52 спортсмена с ПОДА различных нозологических форм (дисплазия тазобедренного сустава, недоразвитие или травматические ампутации нижних конечностей, артрогриппоз, детский церебральный паралич, травматическое повреждение спинного мозга на уровне Th 6-7 и ниже) и 41 здоровый спортсмен. Тестирование проводилось в специально-подготовительный период годового цикла спортивной подготовки. При планировании, проведении эксперимента и в ходе обработки его результатов соблюдались этические принципы Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Характер и объем исследования доведены до сведения всех участников, от них получено добровольное информированное согласие. Оценка состояния гемодинамики выполнялась в день отдыха с 9 до 10 ч утра. Исследование проходило в светлом, хорошо проветриваемом помещении.

Все участники имели регулярную физическую нагрузку в объеме от 15 до 20 ч в неделю. Стаж занятий составил $5,4 \pm 1,2$ года для людей с ПОДА и $7,3 \pm 2,6$ года для здоровых испытуемых, средний возраст – $27,4 \pm 4,1$ и $25,3 \pm 1,5$ года

соответственно. Основным критерием включения в выборку являлось отсутствие патологий развития, за исключением ПОДА, и заболеваний сердечно-сосудистой системы, обнаруженных в ходе изучения медицинских карт.

Анализ литературы [7, 8] и результаты собственных предварительных исследований [9] не обнаружили принципиальных различий в показателях гемодинамики у испытуемых с ПОДА указанных нозологических форм, поэтому они, как и здоровые спортсмены, были разделены на группы по характеру и направленности физической нагрузки (*табл. 1*): 1) умеренная статическая и низкая динамическая нагрузка (пулевая стрельба); 2) низкоинтенсивная статическая и умеренноинтенсивная динамическая нагрузка (фехтование); 3) высокоинтенсивная динамическая и умеренноинтенсивная статическая нагрузка (легкая атлетика, бег на средние дистанции); 4) высокоинтенсивная статическая и низкоинтенсивная динамическая нагрузка (пауэрлифтинг). Характер физической нагрузки определялся согласно классификации видов спорта в зависимости от интенсивности и типа таковой [10]. В основе классификации лежит сочетание максимального произвольного мышечного сокращения как эквивалента статической нагрузки и уровня максимального потребления кислорода как эквивалента динамической нагрузки.

Первый этап исследования включал сравнительную оценку фоновых показателей гемодинамики у спортсменов с ПОДА и здоровых спортсменов в зависимости от направленности физической нагрузки. На втором этапе у спортсменов с ПОДА оценивались функциональные

ресурсы гемодинамики после выполнения пробы с дозированной физической нагрузкой.

Регистрация частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления выполнялась с помощью аппарата В. Well PRO-35 (M-L) (SWISS Controlled, Швейцария). С использованием полученных данных по общепринятым формулам [1, 5] рассчитывались интегральные показатели гемодинамики в покое и после физической нагрузки: среднее артериальное давление (СрАД), пульсовое давление (ПД), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС), двойное произведение (ДП), систолический объем (СО), минутный объем кровообращения (МОК).

По результатам пробы с физической нагрузкой вычислялись индекс хронотропного резерва (ИХР) и индекс инотропного резерва (ИИР) [11]. Адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы определялся согласно рекомендациям Р.М. Баевского [4]. Анализ ресурсов сердечно-сосудистой системы проводился на основе результатов изменений функциональных показателей после пробы с дозированной физической нагрузкой на первой минуте восстановления.

Статистический анализ результатов выполнялся с применением программ Microsoft Excel 2016, Statistica 6. Контроль нормальности распределения выполнен на основе критерия Колмогорова–Смирнова. Результаты исследования представлены в виде среднего значения (M) и стандартной ошибки среднего (m). Критический уровень значимости различий (p) принимался равным 0,05, применены критерии Вилкоксона и Манна–Уитни.

Таблица 1

Распределение спортсменов по группам в зависимости от направленности физической нагрузки, чел.

Grouping of athletes according to the type of physical activity, people

Выборка	Группа по направленности физической нагрузки			
	1	2	3	4
Спортсмены с ПОДА	16	15	7	14
Здоровые спортсмены	10	9	8	14

Результаты. Простым, доступным и при этом информативным показателем работы сердечно-сосудистой системы является ЧСС, поскольку по уровню прироста данного параметра в ответ на физическую нагрузку косвенно можно судить о работоспособности и уровне развития адаптационных возможностей организма. Оценка ЧСС в покое обнаружила более высокие значения у спортсменов с ПОДА вне зависимости от направленности физических нагрузок (табл. 2). В группах с различной направленностью физической подготовки выявлена одина-

ковая тенденция к распределению ЧСС у здоровых спортсменов и спортсменов с ПОДА. Самые высокие значения ЧСС в покое отмечены у лиц, имеющих высокий объем статических и минимальный объем динамических нагрузок ($69,8 \pm 2,5$ уд./мин – спортсмены с ПОДА; $65,3 \pm 1,7$ уд./мин – здоровые спортсмены). Самые низкие – у лиц, развивающих выносливость и выполняющих в тренировочном процессе высокий объем динамической и низкий объем статической работы (спортсмены с ПОДА – $61,1 \pm 1,1$ уд./мин; здоровые спортсмены – $58,3 \pm 1,9$ уд./мин).

Таблица 2

Фоновые показатели гемодинамики спортсменов с разной направленностью физической нагрузки ($M \pm m$)Baseline haemodynamic indices in athletes doing various types of physical activity ($M \pm m$)

Показатель	Группа по направленности физической нагрузки			
	1	2	3	4
<i>Спортсмены с ПОДА</i>				
ЧСС, уд./мин	$67,2 \pm 1,4^*$	$64,2 \pm 1,2^{\#(3,4)}$	$61,6 \pm 1,1^{\#(2,4)}$	$69,3 \pm 2,5^{*\#(3,2)}$
САД, мм рт. ст.	$121,1 \pm 1,5^{\#(4)}$	$121,5 \pm 1,0^{\#(4)}$	$119,1 \pm 1,1^{\#(4)}$	$126,7 \pm 0,5^{*\#(1,2,3)}$
ДАД, мм рт. ст.	$76,1 \pm 1,4$	$73,8 \pm 1,7^{\#(3,4)}$	$71,1 \pm 1,9^{\#(1,4)}$	$78,3 \pm 1,2^{\#(2,3)}$
СрАД, мм рт. ст.	$90,1 \pm 1,1$	$88,5 \pm 1,3^{\#(4)}$	$86,1 \pm 1,4^{\#(1,4)}$	$93,5 \pm 0,8^{*\#(2,3)}$
ПД, мм рт. ст.	$45,1 \pm 2,9^*$	$48,3 \pm 1,6^*$	$46,2 \pm 2,1^*$	$47,2 \pm 1,8$
ОПСС, усл. ед.	$1992,1 \pm 113,9^{\#(3)}$	$1999,6 \pm 12,5^{\#(3)}$	$1717,5 \pm 93,8^{\#(1,2,4)}$	$1973,8 \pm 104,8^{\#(3)}$
СО, мл	$56,3 \pm 2,1^{*\#(3)}$	$56,8 \pm 2,0^{*\#(3)}$	$62,3 \pm 2,1^{*\#(1,2,4)}$	$56,4 \pm 1,7^{*\#(3)}$
МОК, мл	$3764,5 \pm 175,3^*$	$3640,7 \pm 141,8^{*\#(3)}$	$4073,4 \pm 212,7^{*\#(3)}$	$3908,6 \pm 192,7$
ДП, усл. ед.	$82,2 \pm 2,1$	$78,3 \pm 1,5^{*\#(4)}$	$77,4 \pm 2,3^{*\#(4)}$	$85,9 \pm 3,1^{*\#(2,3)}$
<i>Здоровые спортсмены</i>				
ЧСС, уд./мин	$63,1 \pm 1,3^{*\#(3)}$	$62,1 \pm 1,2$	$58,3 \pm 1,9^{\#(1,4)}$	$63,6 \pm 1,7^{*\#(3)}$
САД, мм рт. ст.	$116,3 \pm 2,7$	$119,1 \pm 1,8$	$115,9 \pm 1,4^{\#(4)}$	$120,3 \pm 1,3^{*\#(3)}$
ДАД, мм рт. ст.	$74,1 \pm 1,5$	$73,6 \pm 1,0^{\#(4)}$	$70,9 \pm 1,1^{\#(4)}$	$76,1 \pm 0,5^{\#(2,3)}$
СрАД, мм рт. ст.	$87,2 \pm 1,4$	$87,1 \pm 1,5$	$84,9 \pm 1,7^{\#(4)}$	$89,6 \pm 1,2^{*\#(3)}$
ПД, мм рт. ст.	$38,7 \pm 1,2^*$	$42,4 \pm 2,8^*$	$36,2 \pm 1,7^{*\#(4)}$	$45,8 \pm 2,7^{\#(3)}$
ОПСС, усл. ед.	$1826,7 \pm 102,9$	$1882,4 \pm 94,5^{\#(2)}$	$1675,5 \pm 91,9^{\#(2,4)}$	$1873,3 \pm 112,2^{\#(3)}$
СО, мл	$88,1 \pm 1,1^*$	$86,7 \pm 1,3^*$	$87,5 \pm 1,4^*$	$90,8 \pm 1,5^*$
МОК, мл	$4596,7 \pm 169,1^*$	$4699,5 \pm 186,7^*$	$4681,4 \pm 260,5^*$	$4650,6 \pm 510,2$
ДП, усл. ед.	$72,8 \pm 1,5^{\#(3)}$	$73,5 \pm 1,1^{*\#(3)}$	$64,7 \pm 1,6^{*\#(1,2,4)}$	$77,5 \pm 1,5^{*\#(3)}$

Примечание. Установлены статистически значимые различия при $p < 0,05$: $\#(1, 2, 3, 4)$ – внутри выборок между группами по направленности физической нагрузки; * – между выборками при общей направленности физической нагрузки.

Уровень САД определяется возможностями сердечной мышцы как насоса, прокачивающего весь объем крови по системе кровообращения [5]. Общий уровень САД у спортсменов с ПОДА во всех группах выше, чем здоровых спортсменов. Различия достоверны при степени значимости $p < 0,05$ у представителей 1, 3 и 4-й групп (табл. 2). Среди спортсменов с ПОДА максимальное значение САД отмечено у лиц, имеющих большой объем статической работы в тренировочном процессе (4-я группа), а минимальное – у лиц, имеющих высокий объем динамической работы в сочетании с минимальным объемом статических нагрузок (3-я группа). ДАД в покое не имеет существенных различий у здоровых спортсменов и спортсменов с ПОДА.

СрАД – показатель согласованности регуляции сердечного выброса и периферического сопротивления артериальных сосудов току крови [11]. Именно СрАД представляет собой максимально устойчивую гемодинамическую характеристику, удерживаемую организмом на постоянном уровне и демонстрирующую энергию непрерывного движения крови по сосудам [1, 5]. У спортсменов с ПОДА 1-й- и 4-й групп выявлены достоверно более высокие значения СрАД в покое по сравнению со здоровыми спортсменами (табл. 2).

Выполнение разнообразных физических нагрузок требует увеличения уровня кровоснабжения миокарда, в т. ч. и изменения активности метаболизма самой сердечной мышцы [1, 2]. Уровень обменных процессов, протекающих в миокарде, характеризуется соотношением ЧСС и САД. Индекс Робинсона, или ДП, позволяет судить об уровне функциональных ресурсов миокарда [5]. Значение ДП в покое указывает на то, что у спортсменов с ПОДА (80,99 усл. ед.) метаболические процессы в миокарде более активны, чем у здоровых спортсменов (72,13 усл. ед.), и сопровождаются неэкономичной работой сердечно-сосудистой системы даже вне воздействия физических нагрузок.

Четкой специфики метаболической активности миокарда в покое, связанной с направленностью тренировочного процесса, у спортсменов с ПОДА не выявлено. При этом прослеживалась тенденция распределения метаболической активности миокарда у представителей различных специализаций, аналогичная здоровым спортсменам [1, 9].

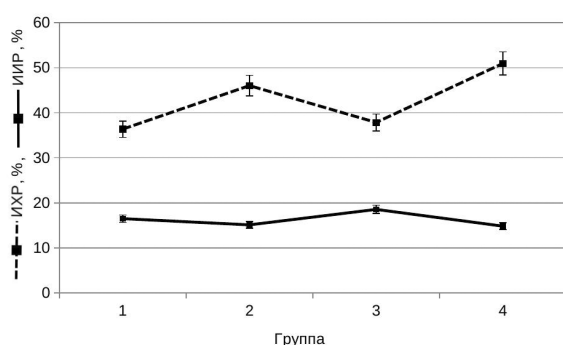
Механическую работу миокарда характеризует сердечный выброс. Основная задача регуляции кровообращения в процессе воздействия физических нагрузок состоит в поддержании уровня упомянутого показателя, необходимого для выполнения данного вида деятельности [1, 5, 6]. В ходе исследования выявлены более низкие значения СО и МОК у спортсменов с ПОДА по сравнению со здоровыми спортсменами. У обследуемых с ПОДА, имеющих преимущественно силовую направленность тренировочного процесса и большой объем статической нагрузки, ударный объем сердца – самый высокий среди всех групп этой выборки (табл. 2). МОК в покое у спортсменов с ПОДА существенно ниже, чем у здоровых спортсменов. Среди спортсменов с ПОДА максимальное значение МОК в покое отмечается у лиц с большим объемом динамической работы (3-я группа).

Стабильное кровообращение на уровне тканей и возможность полноценного протекания обменных процессов обеспечиваются оптимальным уровнем ПД. ПД у спортсменов с ПОДА значительно выше, чем у здоровых спортсменов во всех группах, кроме 4-й (табл. 2).

Периферическая сосудистая сеть и обеспечиваемый ею уровень сосудистого сопротивления являются важным фактором полноценной гемодинамической поддержки процессов функционирования организма [9, 11]. В норме в состоянии покоя ОПСС не превышает 2500 усл. ед. [5]. Уровень ОПСС у спортсменов с ПОДА в нашем исследовании выше, чем у здоровых спортсменов ($1920,1 \pm 106,7$ усл. ед. против $1814,5 \pm 99,3$ усл. ед. соответственно). Максималь-

ных значений этот показатель достигает в группе лиц с ПОДА, имеющих высокий уровень статической мышечной работы (4-я группа), тогда как минимальные значения ОПСС отмечены у обследуемых с ПОДА, выполняющих большой объем динамической работы (3-я группа).

Для полноценного суждения о возможностях адаптации системы кровообращения к мышечной работе необходимо оценить изменения ее показателей после воздействия нагрузки. Анализ ответной реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку у спортсменов с ПОДА показал разную степень активности механизмов регуляции деятельности сердца. В основном функциональные возможности сердечно-сосудистой системы реализовывались через активизацию хронотропных ресурсов и увеличение ЧСС. В большей степени этот эффект проявлялся во 2-й (ИХР = $46,1 \pm 2,3$ %) и 4-й (ИХР = $50,9 \pm 6,3$ %) группах. Инотропные ресурсы миокарда были максимально задействованы в 3-й группе (ИИР = $18,6 \pm 2,0$ %). Возрастание ИХР и уменьшение ИИР в рассматриваемых группах указывают на то, что необходимый уровень кровообращения достигался не за счет экономизации работы сердца и увеличения силы сокращений сердечной мышцы, а за счет повышения уровня ЧСС и снижения экономичности работы миокарда (см. рисунок).



Активность хронотропного и инотропного механизмов регуляции деятельности сердца у спортсменов с ПОДА

Activity of chronotropic and inotropic mechanisms of cardiac regulation in athletes with musculoskeletal disorders

Изучение адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы у спортсменов с ПОДА обнаружило во всех группах, кроме 3-й, признаки напряжения механизмов адаптации данной системы, максимально выраженные у испытуемых 4-й группы, имеющих в тренировочном процессе высокоинтенсивную статическую и низкоинтенсивную динамическую нагрузки. По значению адаптационного потенциала группы расположились следующим образом: 4-я (2,50 усл. ед.) > 2-я (2,28 усл. ед.) > 1-я (2,20 усл. ед.) > 3-я (2,03 усл. ед.). Удовлетворительный уровень адаптации отмечался только у спортсменов с большим объемом высокоинтенсивной динамической и умеренноинтенсивной статической нагрузки (3-я группа).

Обсуждение. Ответная реакция системы кровообращения на физическую нагрузку зависит от ее интенсивности, длительности и характера. В большинстве видов спорта нагрузка определяется сочетанием динамической и статической работы мышц [2, 5, 9]. Специалисты неоднократно выдвигали предположения о формировании особой системы вегетативного, энергетического обеспечения в каждом виде деятельности [1, 3] и приводили доказательства становления подобных систем у здоровых спортсменов [1, 9].

Количество мышечных групп, вовлеченных в работу, у здоровых спортсменов больше, чем у спортсменов с ПОДА [6]. Именно этим исследователи объясняют более высокий уровень окислительных возможностей у первых, что выражается в достижении больших значений максимального потребления кислорода и потребления кислорода на пороге анаэробного обмена [12] и обосновывает необходимость занятий аэробными упражнениями.

В качестве слабого звена у спортсменов с ПОДА, как и у здоровых спортсменов [2, 13], могут выступать недостаточные скорость доставки кислорода к мышцам, диффузионная способность и окислительный потенциал мышц, а также чрезмерное накопление метаболитов. Возможно у спортсменов с ПОДА большое количество крови депонируется в венах

нижней половины туловища, не задействованных при физических нагрузках [6]. Согласно данным ряда авторов [2, 9], регуляция кровообращения при физической нагрузке у спортсменов с ПОДА обеспечивается в основном за счет увеличения преднагрузки.

В работе A. Pelliccia et al. не выявлено принципиальных различий в показателях гемодинамики спортсменов с ПОДА по сравнению со здоровыми спортсменами в покое. Авторами упомянутого исследования обнаружено, что изменения гемодинамики испытуемых с ПОДА подобны изменениям у здоровых спортсменов с аналогичной направленностью тренировочного процесса. У обследуемых с поражением спинного мозга выявлены меньшие конечно-диастолические размеры левого желудочка и масса миокарда по сравнению со здоровыми спортсменами. Однако у лиц с ПОДА, развивающих выносливость и имеющих преимущественно нагрузки аэробного характера, отмечались более высокие размеры желудочка и масса миокарда [8].

Таким образом, состояние гемодинамики спортсменов с ПОДА в покое отличается от гемодинамики здоровых спортсменов по таким показателям, как ЧСС и ДАД. При этом САД, СрАД, ПД и ОПСС у первых выше, чем у вторых.

Сердечный выброс и МОК в покое значительно ниже во всех группах спортсменов с ПОДА. Функционирование миокарда в покое у них обеспечивается высокими затратами ресурсов сердечно-сосудистой системы и низкой сохранностью энергетического потенциала сердечной мышцы.

Выполнение физической нагрузки в случае спортсменов с ПОДА сопровождается активным включением хронотропных ресурсов миокарда, обеспечивающих неэкономные механизмы функционирования сердечной мышцы. Лишь в группе с преобладанием динамических нагрузок в тренировочном процессе отмечается попытка включения инотропных ресурсов миокарда в ответ на физическую нагрузку.

Наиболее негативным воздействием на функционирование сердечно-сосудистой системы обладают преимущественно статические нагрузки в тренировочном процессе. Именно у спортсменов с преимущественно статической нагрузкой большее число показателей гемодинамики в покое находилось на уровне максимальных значений, а величина адаптационного потенциала указывала на развитие напряжения механизмов адаптации сердечно-сосудистой системы.

Понимание того, что между показателями гемодинамики в состоянии покоя и после физической нагрузки у спортсменов с ПОДА имеется существенная разница, приводит к необходимости вносить коррективы в процесс подготовки таких спортсменов. Выстраивая тренировочный процесс, нужно учитывать особенности реакции системы кровообращения на физическую нагрузку. Подходы к организации и построению тренировочного процесса спортсменов с ПОДА с разной направленностью физической нагрузки должны иметь принципиальные отличия, основанные на выявленных физиологических особенностях.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Баранова Е.А., Капилевич Л.В. Функциональная адаптация сердечно-сосудистой системы у спортсменов, тренирующихся в циклических видах спорта // Вестн. Томск. гос. ун-та. 2014. № 383. С. 176–179.
2. Шерстюк С.А., Капилевич Л.В., Шерстюк А.А. Гемодинамические характеристики работоспособности спортсменов с учетом вегетативной регуляции // Теория и практика физ. культуры. 2021. № 4. С. 55–57.

3. Баевский Р.М. Концепция физиологической нормы и критерии здоровья // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2003. Т. 89, № 4. С. 473–487.

4. Баевский Р.М. Проблема оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развитие в космической медицине // Успехи физиол. наук. 2006. Т. 37, № 3. С. 42–57.

5. Земцовский Э.В. Спортивная кардиология. СПб.: Гиппократ, 1995. 448 с.

6. Кудря О.Н. Возрастные аспекты адаптации к физическим нагрузкам разной направленности: моногр. Омск: Изд-во СибГУФК, 2018. 172 с.

7. Iodo O.A., Flueck J.L., Raguindin P.F., Stojic S., Brach M., Perret C., Minder B., Franco O.H., Muka T., Stucki G., Stoyanov J., Glisic M. Physical Activity and Cardiometabolic Risk Factors in Individuals with Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis // Eur. J. Epidemiol. 2022. Vol. 37, № 4. P. 335–365. <https://doi.org/10.1007/s10654-022-00859-4>

8. Pelliccia A., Quattrini F.M., Cavarretta E., Squeo M.R., Adami P.E., Di Paolo F.M., Spataro A., Bernardi M. Physiologic and Clinical Features of the Paralympic Athlete's Heart // JAMA Cardiol. 2021. Vol. 6, № 1. P. 30–39. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.4306>

9. Кальсина В.В. Характеристика функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата, занимающихся пауэрлифтингом // Спортмед-2019: сб. материалов тез. XIV Междунар. науч. конф. по вопр. состояния и перспективам развития медицины в спорте высш. достижений. М.: Рос. ассоц. по спортив. медицине и реабилитации больных и инвалидов, 2019. С. 85–87.

10. Mitchell J.H., Haskell W., Snell P., Van Camp S.P. Task Force 8: Classification of Sports // J. Am. Coll. Cardiol. 2005. Vol. 45, № 8. P. 1364–1367. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015>

11. Агафонова М.Е. Оценка функциональных резервов организма спортсменов в условиях учебно-тренировочных сборов: функциональные пробы // Методы контроля функциональных резервов организма у спортсменов в избранных видах спорта: материалы науч.-практ. семинара. Минск: Белорус. гос. ун-т физ. культуры, 2021. С. 4–10. URL: <https://www.sportedu.by/wp-content/uploads/2019/10/seminar-Funkcionalnyj-kontrol.pdf> (дата обращения: 08.11.2023).

12. Martin Ginis K.A., van der Scheer J.W., Latimer-Cheung A.E., Barrow A., Bourne C., Carruthers P., Bernardi M., Ditor D.S., Gaudet S., de Groot S., Hayes K.C., Hicks A.L., Leicht C.A., Lexell J., Macaluso S., Manns P.J., McBride C.B., Noonan V.K., Pomerleau P., Rimmer J.H., Shaw R.B., Smith B., Smith K.M., Steeves J.D., Tussler D., West C.R., Wolfe D.L., Goosey-Tolfrey V.L. Evidence-Based Scientific Exercise Guidelines for Adults with Spinal Cord Injury: An Update and a New Guideline // Spinal Cord. 2018. Vol. 56, № 4. P. 308–321. <https://doi.org/10.1038/s41393-017-0017-3>

13. Evans N., Wingo B., Sasso E., Hicks A., Gorgey A.S., Harness E. Exercise Recommendations and Considerations for Persons with Spinal Cord Injury // Arch. Phys. Med. Rehabil. 2015. Vol. 96, № 9. P. 1749–1750. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.02.005>

References

1. Baranova E.A., Kapilevich L.V. Funktsional'naya adaptatsiya serdechno-sosudistoy sistemy u sportsmenov, treniruyushchikhsya v tsiklicheskih vidakh sporta [Functional Adaptation of the Cardiovascular System of Athletes Exercising in Cyclic Sports]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, no. 383, pp. 176–179.

2. Sherstyuk S.A., Kapilevich L.V., Sherstyuk A.A. Gemodinamicheskie kharakteristiki rabotosposobnosti sportsmenov s uchetom vegetativnoy regulyatsii [Hemodynamic Features of Athletes' Physical Working Capacity in View of Autonomic Regulation Type]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2021, no. 4, pp. 55–57.

3. Baevskiy R.M. Kontseptsiya fiziologicheskoy normy i kriterii zdorov'ya [Concept of Physiological Norm and Criteria of Health]. *Rossiyskiy fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2003, vol. 89, no. 4, pp. 473–487.

4. Baevskiy R.M. Problema otsenki i prognozirovaniya funktsional'nogo sostoyaniya organizma i ee razvitie v kosmicheskoy meditsine [Problem of the Estimation and Forecasting of the Organism's Functional State and Its Development in Space Medicine]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, 2006, vol. 37, no. 3, pp. 42–57.

5. Zemtsovskiy E.V. *Sportivnaya kardiologiya* [Sports Cardiology]. St. Petersburg, 1995. 448 p.

6. Kudrya O.N. *Vozrastnye aspekty adaptatsii k fizicheskim nagruzkam raznoy napravlenosti* [Age-Related Aspects of Adaptation to Various Types of Physical Activity]. Omsk, 2018. 172 p.

7. Itodo O.A., Flueck J.L., Raguindin P.F., Stojic S., Brach M., Perret C., Minder B., Franco O.H., Muka T., Stucki G., Stoyanov J., Glisic M. Physical Activity and Cardiometabolic Risk Factors in Individuals with Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Eur. J. Epidemiol.*, 2022, vol. 37, no. 4, pp. 335–365. <https://doi.org/10.1007/s10654-022-00859-4>

8. Pelliccia A., Quattrini F.M., Cavarretta E., Squeo M.R., Adami P.E., Di Paolo F.M., Spataro A., Bernardi M. Physiologic and Clinical Features of the Paralympic Athlete's Heart. *JAMA Cardiol.*, 2021, vol. 6, no. 1, pp. 30–39. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.4306>

9. Kal'sina V.V. Kharakteristika funktsional'nogo sostoyaniya serdechno-sosudistoy sistemy sportsmenov s porazheniem oporno-dvigatel'nogo apparata, zanimayushchikhsya pauerliftingom [Functional State of the Cardiovascular System in Powerlifters with Musculoskeletal Disorders]. *Sportmed-2019*. Moscow, 2019, pp. 85–87.

10. Mitchell J.H., Haskell W., Snell P., Van Camp S.P. Task Force 8: Classification of Sports. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2005, vol. 45, no. 8, pp. 1364–1367. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015>

11. Agafonova M.E. Otsenka funktsional'nykh rezervov organizma sportsmenov v usloviyakh uchebno-trenirovochnykh sborov: funktsional'nye proby [Evaluation of the Body's Functional Reserves in Athletes at Training Camps: Functional Tests]. *Metody kontrolya funktsional'nykh rezervov organizma u sportsmenov v izbrannykh vidakh sporta* [Methods of Monitoring the Body's Functional Reserves in Athletes Doing Various Sports]. Minsk, 2021, pp. 4–10. Available at: <https://www.sportedu.by/wp-content/uploads/2019/10/seminar-Funkcionalnyj-kontrol.pdf> (accessed: 8 November 2023).

12. Martin Ginis K.A., van der Scheer J.W., Latimer-Cheung A.E., Barrow A., Bourne C., Carruthers P., Bernardi M., Ditor D.S., Gaudet S., de Groot S., Hayes K.C., Hicks A.L., Leicht C.A., Lexell J., Macaluso S., Manns P.J., McBride C.B., Noonan V.K., Pomerleau P., Rimmer J.H., Shaw R.B., Smith B., Smith K.M., Steeves J.D., Tussler D., West C.R., Wolfe D.L., Goosey-Tolfrey V.L. Evidence-Based Scientific Exercise Guidelines for Adults with Spinal Cord Injury: An Update and a New Guideline. *Spinal Cord*, 2018, vol. 56, no. 4, pp. 308–321. <https://doi.org/10.1038/s41393-017-0017-3>

13. Evans N., Wingo B., Sasso E., Hicks A., Gorgey A.S., Harness E. Exercise Recommendations and Considerations for Persons with Spinal Cord Injury. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 2015, vol. 96, no. 9, pp. 1749–1750. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.02.005>

Поступила в редакцию 08.12.2023 / Одобрена после рецензирования 13.05.2024 / Принята к публикации 15.05.2024.
Submitted 8 December 2023 / Approved after reviewing 13 May 2024 / Accepted for publication 15 May 2024.