

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ ПРИ ВЕРТИКАЛИЗАЦИИ

К.Р. Мехдиева¹, Ю.А. Зиновьева², А.В. Захарова¹, Н.М. Тарбеева¹

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия,

²Свердловская областная больница № 2, г. Екатеринбург, Россия

Цель – определить структурные причины различной качественной реакции сердца и сосудов спортсменов на вертикализацию. **Материалы и методы.** По результатам гемодинамического мониторинга при проведении активной ортостатической пробы участники исследования – 12 квалифицированных спортсменов (средний возраст $17,9 \pm 6,4$ лет, длина тела – $168,8 \pm 6,9$ см, масса тела – $59,9 \pm 9,6$ кг). Изучали ультразвуковые структурно-функциональные параметры сердца и сосудов методом трансторакальной эхокардиографии и доплерографии сосудов по стандартному протоколу исследования (в положении лежа), а также в вертикальном положении. **Результаты.** Было установлено, что большинство показателей структуры и функции сердца всех исследуемых соответствуют норме для взрослых спортсменов. Тем не менее были отмечены особенности функции сердечно-сосудистой системы при перемене положения тела. **Заключение.** При вертикализации (переходе из горизонтального в вертикальное положение) у спортсменов происходит увеличение ЧСС и уменьшение объемных параметров сердца (УО и КДО). Причем чем больше Δ ЧСС, тем значительнее уменьшаются объемные показатели кардиосистемы спортсмена.

Ключевые слова: функция сердечно-сосудистой системы, структурно-функциональные особенности, ортопроба, эхокардиография.

Введение. Одним из показателей высшей формы долговременной адаптации организма человека к спортивной деятельности является незначительное повышение при вертикализации в активной ортопробе. Нередко спортсмены, обладающие необходимыми объемными параметрами кардиосистемы в положении лежа, при переходе в вертикальное положение лишаются своих преимуществ из-за увеличения ЧСС на 30 и более ударов. При этом перевод в горизонтальное положение неизменно приводил к уменьшению ударного объема (УО) и конечно-диастолического объема (КДО) на 20–30 % по данным гемодинамического мониторинга по показателям реографии.

Поэтому нам было важно определить: 1) действительно ли уменьшение КДО имеет место при вертикализации; 2) почему у одних спортсменов Δ ЧСС незначительна, тогда как у других – чрезмерна.

Цель – определить структурные причины различной качественной реакции сердца и сосудов спортсменов на вертикализацию.

Материалы и методы. Гемодинамический мониторинг спортсменов осуществлялся прибором МАРГ 10-01 (“Микролюкс”, Челя-

бинск, Россия) при проведении активной ортостатической пробы [3]. Стандартная трансторакальная эхокардиография проводилась на ультразвуковом аппарате высокого класса PHILIPS HD15 в соответствии с международными эхокардиографическими протоколами [1]. Оценка структурных показателей камер сердца проводилась на основании норм международных рекомендаций [2]. Были оценены следующие параметры сердца: толщина стенок левого желудочка (ЛЖ), конечно-диастолический размер ЛЖ (КДР) и объем ЛЖ (КДО), ударный объем ЛЖ (УО), исследованы трансклапанные потоки, а также рассчитаны параметры, характеризующие систолическую (фракция выброса) и диастолическую (параметры трансмитрального потока) функции ЛЖ в положении спортсмена лежа на левом боку и положении стоя. Визуализация проводилась из апикального и парастерального доступов с использованием стандартных эхокардиографических сечений по длинной и короткой осям ЛЖ.

Помимо ультразвукового исследования сердца у всех спортсменов в положении лежа на животе, а затем в положении стоя, линей-

ным датчиком с частотой 5–15 МГц было выполнено измерение диаметра подколенных артерии и вены.

Статистический анализ данных проводился с использованием пакетов программ Excel (Microsoft Office 2007) и SPSS Statistics 17.0 (IBM). Нормальность распределения признака в выборках оценивали с использованием теста Шапиро–Уилкса. Проводили сравнительный анализ с использованием непараметрического U-критерия Манна–Уитни. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Организация исследования. 12 квалифицированных лыжников-гонщиков (средний возраст $17,9 \pm 6,4$ лет, длина тела – $168,8 \pm 6,9$ см, масса тела – $59,9 \pm 9,6$ кг) были распределены на три группы по 4 человека в каждой по критерию разницы частоты сердечных сокращений при переходе из положения «лежа» в положение «стоя» ($\Delta\text{ЧСС} = \text{ЧСС}_{\text{стоя}} - \text{ЧСС}_{\text{лежа}}$, уд./мин). В I группу вошли спортсмены с низким значением $\Delta\text{ЧСС}$ (< 10 уд./мин), во II группу – с нормальным значением $\Delta\text{ЧСС}$ ($15\text{--}18$ уд./мин) и в III группу – с высоким значением $\Delta\text{ЧСС}$ (> 20 уд./мин) в ортостатической пробе. Уровень квалификации спортсменов – от пер-

вого взрослого разряда до мастера спорта международного класса.

Все спортсмены были проинформированы о целях, задачах и методах исследования перед тем, как у них было получено письменное информированное согласие на участие в эксперименте и публикации полученных данных. Исследование было проведено в соответствии с принципами Хельсинской Декларации Всемирной Организации Здравоохранения в отделении функциональной диагностики ГБУЗ СО «Свердловская областная больница № 2».

Результаты и обсуждение. Данные стандартной эхокардиографии были получены для оценки структуры и функции сердца исследуемых спортсменов. В табл. 1 представлены данные основных параметров левого желудочка. Результаты наглядно демонстрируют, что во всех трех группах эхокардиографические параметры структуры и функции левого желудочка соответствуют норме для взрослых спортсменов. Тем не менее обращает на себя внимание тот факт, что средние значения у спортсменов из разных групп существенно отличаются.

Таблица 1
Table 1

Эхокардиографические параметры левого желудочка лыжников ($M \pm SD$ (min-max))
и норма для взрослых спортсменов
Echocardiographic data of the left ventricle in skiers ($M \pm SD$ (min-max))
and standard values for adult athletes

Показатели Parameters	I группа I group	II группа II group	III группа III group	Норма Standard values
ИММ, г/м ² MMI, g/m ²	$59,8 \pm 15,3$ (74–113)	$90,75 \pm 5,8$ (83–97)	$87,3 \pm 3,8$ (83–90)	M: 49–115 F: 43–95
КДР, мм EDD, mm	$51 \pm 4,6$ (47–58)	$51,5 \pm 1,9$ (49–53)	$48 \pm 3,6$ (45–52)	M: 42–59 F: 39–53
КДО, мл EDV, ml	$125 \pm 27,8$ (101–168)	$127 \pm 10,9$ (112–136)	$107,7 \pm 18,9$ (93–129)	M: 67–155 F: 56–104
ФВ, % EF, %	$62,6 \pm 3,6$ (58–66)	$64 \pm 6,4$ (55–69)	$68,7 \pm 3,5$ (65–72)	M: 62 ± 5 F: 64 ± 5
УО, мл SV, ml	$80 \pm 14,4$ (61–98)	$80,8 \pm 7,3$ (76–87)	$74,7 \pm 13,3$ (66–90)	–
МЖП, мм IVS, mm	$9,1 \pm 0,7$ (8,1–9,8)	$8,6 \pm 0,2$ (8,5–8,9)	$8,9 \pm 0,7$ (8,5–9,7)	M: < 10 F: < 9
Восходящий отдел аорты, мм Aorta, mm	$30,6 \pm 4,98$ (24–36)	$27,8 \pm 0,5$ (27–28)	$25,3 \pm 2,3$ (24–28)	M: 30 ± 4 F: 27 ± 4
Е/А	$3,1 \pm 1,7$ (1,5–6)	$1,98 \pm 0,3$ (1,5–2,2)	$2,25 \pm 0,6$ (1,8–2,7)	$1,4 \pm 0,3$ 0,8–2,0

Примечание. М – мужчины; F – женщины; ИММ – индекс массы миокарда; КДО – конечно-диастолический объем; КДР – конечно-диастолический размер; ФВ – фракция выброса; УО ударный объем; МЖП – межжелудочковая перегородка.

Note. M – men; F – female; MMI – myocardium mass index; EDV – end-diastolic volume; EDD – LV internal end-diastolic dimension; EF – ejection fraction; SV – stroke volume; IVS – interventricular septum.

Ультразвуковое исследование сердца и сосудов в положении стоя (ортопроба) позволило получить важные данные об особенностях адаптации сердечно-сосудистой системы к вертикализации (табл. 2).

При статистической обработке полученных данных было установлено, что средние значения КДР, КДО и УО стоя у лиц I группы с малой Δ ЧСС составили 46,2 мм, 105,8 мл и 60,6 мл, достоверно отличаясь от средних показателей III группы – 38 мм, 63,67 мл и 41,33 мл, соответственно ($p < 0,05$).

Кроме того, диаметр восходящей аорты у спортсменов первой группы был достоверно выше (в среднем – $30,6 \pm 4,98$ мм), чем средний показатель в III группе, равный значению $25,33 \pm 3,21$ мм ($P < 0,05$).

Наряду с этим было установлено, что у лиц III группы значения фракции выброса

(ФВ) составили 68,67 % и превышали значения ФВ спортсменов первой группы (62,6 % соответственно).

Ультразвуковое исследование сосудов нижних конечностей – подколенных артерий и вен (табл. 3), позволило выявить особенности реакции сердечно-сосудистой системы на ортопробу – переход из горизонтального в вертикальное положение. Как видно из данных, представленных в табл. 3, диаметр сосудов нижних конечностей существенно отличался у спортсменов. Было выявлено, что показатели диаметра подколенной артерии как в положении лежа, так и при перемене положения тела, имели достоверные отличия у исследуемых I и III групп ($p < 0,05$). При этом было отмечено, что увеличение диаметра подколенной вены было значительно выше в III группе лыжников ($0,37 \pm 0,21$ см) по сравнению со

Таблица 2
Table 2

Изменения ультразвуковых параметров сердца в вертикальном положении тела
Changes in ultrasound parameters in the upright position of the body
($M \pm SD$ (min-max))

Показатели Parameters	I группа I group	II группа II group	III группа III group
Δ КДР, мм Δ EDD, mm	$4,8 \pm 1,9$ (2–7)	$7,75 \pm 2,2$ (5–10)	$10,0 \pm 2,0^*$ (8–12)
Δ КДО, мл Δ EDV, ml	$25,25 \pm 8,5$ (18–37)	$38,75 \pm 13,45$ (26–54)	$44,0 \pm 7,0^*$ (36–49)
Δ ФВ, % Δ EF, %	$1,4 \pm 2,2$ (0–5)	$9,0 \pm 7,9$ (0–15)	$4,0 \pm 4,36$ (1–9)
Δ УО, мл Δ SV, ml	$19,0 \pm 7,18$ (9–29)	$27,0 \pm 16,26$ (8–46)	$33,3 \pm 4,04^*$ (29–37)

Примечание. Δ – разница между показателями в положении лежа и стоя; КДО – конечно-диастолический объем; КДР – конечно-диастолический размер; ФВ – фракция выброса; УО ударный объем; * – $p < 0,05$ различия между показателями I и III группы достоверны.

Note. Δ – difference in the parameters measured in the supine and upright body positions; EDV – end-diastolic volume; EDD – LV internal end-diastolic dimension; EF – ejection fraction; SV – stroke volume; * – $p < 0,05$ differences between the indices in I and III groups are significant.

Таблица 3
Table 3

Результаты ультразвукового исследования сосудов нижних конечностей в ортопробе
Results of the ultrasound assessment of the popliteal artery and vein during the orthostatic test
($M \pm SD$ (min-max))

Исследуемые спортсмены Athletes	Диаметр подколенной артерии, см Popliteal artery diameter, cm		Диаметр подколенной вены, см Popliteal vein diameter, cm	
	Лежа Supine position	Стоя Upright position	Лежа Supine position	Стоя Upright position
I группа I group	$0,538 \pm 0,22$ (0,51–0,56)	$0,535 \pm 0,26$ (0,50–0,56)	$0,538 \pm 0,12$ (0,34–0,63)	$0,746 \pm 0,16$ (0,48–0,88)
II группа II group	$0,558 \pm 0,04$ (0,52–0,61)	$0,54 \pm 0,05$ (0,49–0,61)	$0,555 \pm 0,47$ (0,49–0,66)	$0,868 \pm 0,2$ (0,67–1,08)
III группа III group	$0,477 \pm 0,03$ (0,46–0,51)	$0,485 \pm 0,04$ (0,46–0,51)	$0,497 \pm 0,15$ (0,37–0,66)	$0,87 \pm 0,14$ (0,72–0,99)

средним значением показателя спортсменов I группы ($0,21 \pm 0,09$ см). Другими словами, у лыжников с высоким показателем Δ ЧСС в ортопробе при перемене положения тела наблюдается более выраженное депонирование крови в нижних конечностях и снижение венозного возврата по сравнению с лицами с нормальным показателем Δ ЧСС (I и II группы).

Заключение. В результате проведенного исследования реакции сердца и сосудов в активной ортостатической пробе было выявлено:

1. При вертикализации (переходе из горизонтального в вертикальное положение) у спортсменов происходит увеличение ЧСС и уменьшение объемных параметров сердца (УО и КДО). Причем чем больше Δ ЧСС, тем значительно уменьшаются объемные показатели кардиосистемы спортсмена. Отсюда следуют два важных для спортивной медицины и тренерской практики вывода: недостаточно судить о хорошем развитии сердечно-сосудистой системы по параметрам УЗИ в положении лежа. Так как соревновательная деятельность в большинстве видов спорта реализуется в вертикальном положении, то важно измерять объемные параметры сердца и в положении стоя.

2. При поиске качественных (структурных) причин разной количественной реакции спортсменов на вертикализацию внимание было сфокусировано на размере аорты, изменении диаметров вен и артерий. Проведенное исследование позволило сделать предварительное заключение, что малая Δ ЧСС при вертикализации может быть следствием как достаточно большого размера аорты, так и объема сердца (КДО). Причиной чрезмерной реакции на вертикализацию (увеличение ЧСС

более, чем на 25 уд./мин) может быть переутомление, а также выявленные в нашей работе депонирование крови в нижних конечностях и недостаточная адаптация сосудистой системы к вертикальному положению тела. Последняя присуща подростками в период интенсивного роста, а также спортсменам, ведущим, сидячий или малоподвижный образ жизни вне тренировок.

Работа выполнена при финансовой поддержке постановления № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.А03.21.0006.

Литература / References

1. ACC / AHA Guidelines for the Clinical Application of Echocardiography. A report of the American College of Cardiology / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Clinical Application of Echocardiography) Developed in Collaboration with the American Society of Echocardiography. 2013.
2. Lang R.M., Badano L.P., Mor-Avi V. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *European Heart J. – cardiovascular Imaging*, 2015, vol. 16, pp. 233–271.
3. Shishkina A.V., Tarbeeva N.M., Alimpieva O.P., Berdnikova A.N., Tarbeeva A.N., Miasnikova T.I. Hemodynamics monitoring in sport – using hemodynamics monitor for sport training planning. *icSPORTS 2014: Proceedings of the 2nd International Congress on Sports Sciences Research and Technology Support*. Rome, Italy, 24–26 October, 2014. Printed in Portugal, pp. 103–110.

Мехдиева Камилия Рамазановна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры сервиса и оздоровительных технологий Института физической культуры, спорта и молодежной политики, заведующая лабораторией «Технологии восстановления и отбора в спорте», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: kamilia_m@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2967-2655.

Зиновьева Юлия Александровна, кандидат медицинских наук, заведующая отделением функциональной диагностики, Свердловская областная больница № 2. 620014, Свердловская область, г. Екатеринбург, набережная Рабочей молодежи, 3. E-mail: zya@obl2.ru, ORCID: 0000-0002-5866-3400.

Захарова Анна Валерьевна, кандидат педагогических наук, профессор, профессор кафедры физической культуры Института физической культуры, спорта и молодежной политики, старший научный сотрудник лаборатории «Технологии восстановления и отбора в спорте», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: sport_tsp@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8170-2316.

Тарбеева Наталия Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры Института физической культуры, спорта и молодежной политики, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: tarbeevaa@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8765-7424.

Поступила в редакцию 18 сентября 2018 г.

DOI: 10.14529/hsm180406

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL PECULIARITIES OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF ATHLETES IN THE UPRIGHT BODY POSITION

K.R. Mekhdieva¹, kamilia_m@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2967-2655,
Yu.A. Zinovieva², zya@obl2.ru, ORCID: 0000-0002-5866-3400,
A.V. Zakharova¹, sport_tsp@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8170-2316,
N.M. Tarbeeva¹, tarbeevaa@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8765-7424

¹Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russian Federation,

²Sverdlovsk Regional Clinics № 2, Yekaterinburg, Russian Federation

Aim. The article deals with establishing structural reasons for heart and vessels reaction to the upright body position in athletes. **Materials and methods.** Twelve professional athletes participated in the study (mean age 17.9 ± 6.4 , body length – 168.8 ± 6.9 cm, body weight – 59.9 ± 9.6 kg). Participants underwent hemodynamics monitoring followed by standard transthoracic echocardiography (TTE) and Doppler sonography in the supine and upright body position. **Results.** We found out that, in general, TTE parameters of all participants corresponded with standard values for adult athletes. Meanwhile, we revealed some structural and functional peculiarities of the cardiovascular system during the orthostatic test (upright position of the body). **Conclusion.** The change from the supine to upright body position results in the increase in heart rate and decrease in cardiac volumetric parameters. Moreover, higher Δ HR is associated with a significant decrease in volumetric parameters of the cardiovascular system.

Keywords: cardiac structural and functional peculiarities; function of the cardiovascular system; athletes; upright position of the body; orthostatic test.

Received 18 September 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Структурно-функциональные особенности сердечно-сосудистой системы спортсменов при вертикализации / К.Р. Мехдиева, Ю.А. Зиновьева, А.В. Захарова, Н.М. Тарбеева // Человек. Спорт. Медицина. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 42–46. DOI: 10.14529/hsm180406

FOR CITATION

Mekhdieva K.R., Zinovieva Yu.A., Zakharova A.V., Tarbeeva N.M. Structural and Functional Peculiarities of the Cardiovascular System of Athletes in the Upright Body Position. *Human. Sport. Medicine*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 42–46. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm180406