

УДК 612.176.4:796.922

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ-ЛЫЖНИКОВ ЗИМОЙ В ПЕРИОД ПОДГОТОВКИ К СОРЕВНОВАНИЯМ

©2018 г. Б. Ф. Дерновой, *В. И. Прошева

ФКУЗ «Медико-санитарная часть МВД Российской Федерации по Республике Коми», г. Сыктывкар;
*ФГБУН «Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН», г. Сыктывкар

Цель исследования – изучение долговременного влияния интенсивных спортивных нагрузок на систему кровообращения человека. *Методом* эхокардиографии, электрокардиографии, регистрации артериального давления и электрохемилюминисцентного исследования в сыворотке крови натрийуретического пептида В-типа выполнена комплексная оценка деятельности сердечно-сосудистой системы у семнадцати высококвалифицированных лыжников-гонщиков зимой, в период высоких физических нагрузок, при подготовке к соревнованиям. *Результаты*. Установлено, что у испытуемых в покое снижено артериальное давление и понижена до 53 ударов в 1 минуту частота сердечных сокращений. У всех спортсменов регистрировалась от 1 до 1,5 степени регургитация на трикуспидальном клапане. Обнаружено, что свободная стенка левого желудочка испытуемых в систолу утолщается на 26 % больше, чем гипертрофированная межжелудочковая перегородка. Повышения уровня натрийуретического пептида В-типа в крови спортсменов не выявлено. *Вывод*. Полученные результаты свидетельствуют, что сердечно-сосудистая система спортсменов-лыжников зимой, в период подготовки к соревнованиям, характеризуется эксцентрической гипертрофией левого желудочка, сниженной барьерной функцией трикуспидального клапана, большим вкладом свободной стенки в сократимость левого желудочка, заметным влиянием вагуса на синусовый узел и тонус резистивных сосудов, отсутствием увеличения базальной секреторной функции кардиомиоцитов в ответ на внутрисердечные гемодинамические нагрузки.

Ключевые слова: сердце спортсмена, трикуспидальный клапан, натрийуретический пептид

A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM OF SPORTSMEN-SKIERS IN THE WINTER PERIOD OF PREPARATION FOR THE COMPETITION

B. F. Dernovoy, *V. I. Prosheva

Medical-Sanitary Unit of Ministry of Internal Affairs of Russian Federation in Komi Republic, Syktyvkar;
*Institute of Physiology, Komi Science Centre, the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

The aim of the work is to study the long-term effect of intense sports loads on the human circulatory system. *The method* of echocardiography, electrocardiography, recording of arterial pressure and electrochemiluminescent study in the blood serum of B-natriuretic peptide was used to carry out a complex evaluation of the cardiovascular system in seventeen highly skilled skiers in winter, during high physical activity, in preparation for the competition. *Results*. It was found that the subjects at rest had reduced blood pressure and lowered heart rate to 53 beats per 1 minute. Tricuspid regurgitation from 1 to 1.5 degrees was registered in all athletes. It was found that the free wall of the left ventricle of the subjects in the systole thickens by 26% more than the hypertrophied interventricular septum. An increase in the level of B- natriuretic peptide in the blood of athletes has not been revealed. *Conclusion*. The results obtained show that the cardiovascular system of skiers during the winter, in the period of preparation for the competition, is characterized by eccentric left ventricular hypertrophy, reduced barrier function of the tricuspid valve, a large contribution of the free wall to left ventricular contractility, a marked influence of the vagus on the SA node and the tone of the resistance vessels, the absence of an increase in the basal secretory function of cardiocyte in response to intracardiac hemodynamic loads.

Key words: heart athlete's, tricuspid valve, natriuretic peptide

Библиографическая ссылка:

Дерновой Б. Ф., Прошева В. И. Комплексная оценка сердечно-сосудистой системы спортсменов-лыжников зимой в период подготовки к соревнованиям // Экология человека. 2018. № 8. С. 46–51.

Dernovoy B. F., Prosheva V. I. A Comprehensive Assessment of the Cardiovascular System of Sportsmen-Skiers in the Winter Period of Preparation for the Competition. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 8, pp. 46-51.

Интенсивные физические нагрузки, предъявляя высокие требования к организму, вызывают приспособительные изменения в сердечно-сосудистой системе человека. В частности, адаптивные изменения в сердце, затрагивающие функциональный резерв системы кровообращения, широко встречаются у спортсменов, имеющих многолетний стаж занятий спортом [14]. Установлено, что в период мобилизации организма

модулирующее влияние на сердечно-сосудистую систему оказывают сезонные природные факторы [5, 6]. Имеются данные, свидетельствующие, что избыточные физические нагрузки повышают летальность в результате различных сердечно-сосудистых событий, в основе которых лежит скрытая патология сердца у спортсмена [2]. В последнее время многие аспекты этой актуальной проблемы вызывают повышенный

интерес как у физиологов, так и у специалистов в области кардиологии и спортивной медицины [18, 19, 24, 26].

С целью изучения структурно-функциональной организации сердечно-сосудистой системы в условиях повышенных требований к организму с помощью ультразвукового, электрокардиографического и биохимического методов впервые выполнена комплексная оценка системы кровообращения у высококвалифицированных лыжников-гонщиков зимой, в период высоких физических нагрузок, при подготовке к соревнованиям.

Методы

Обследовали 17 мужчин (возраст $(28,0 \pm 7,1)$ года; масса тела $(72,0 \pm 5,4)$ кг; рост $(177,0 \pm 3,1)$ см, площадь поверхности тела (ППТ) — $(1,88 \pm 0,07)$ м²), проживающих на Европейском Севере (62° с. ш.) в городе Сыктывкаре, в декабре (при средней температуре окружающей среды $-7,8^\circ\text{C}$) в период активной подготовки к спортивным соревнованиям. Испытуемые имели многолетний (от 7 до 17 лет) стаж занятий лыжными гонками (уровень спортивной квалификации — от кандидатов в мастера спорта до мастеров спорта международного класса). Режим сезонных тренировок спортсменов-лыжников традиционно высок, особенно в зимнее время года, в период интенсивной подготовки к соревнованиям. Так, за предшествующие три недели до исследований тренировочный режим соответствовал шести тренировкам в неделю по два-три часа в день, с преодолением расстояния на лыжах в среднем 25–30 км. В день исследований жалоб на плохое самочувствие и объективных отклонений в здоровье у испытуемых не было. Инструментальные исследования сердечно-сосудистой системы проводили до приема пищи и тренировок, с 12 до 14 часов дня, в условиях кабинета функциональной диагностики при температуре в помещении $(20,0 \pm 1,5)^\circ\text{C}$.

Исследования проводили с соблюдением этических медико-биологических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и Директивах Европейского сообщества. Обследуемые предварительно были информированы о целях, задачах, методах проводимых исследований, о существующей возможности отказаться от дальнейшего участия на любом из этапов работ. Свое добровольное согласие на участие в исследовании испытуемые подтверждали письменно.

Эхокардиографическое исследование испытуемых проводили в положении лежа на левом боку, после стабилизации ритма сердца, общепринятым методом [15] из парастернального и апикального доступа по короткой и длинной оси сердца кардиологическим датчиком 2–5 Мгц с помощью ультразвукового сканера MyLab Class C ESAOTE, (Италия). Методом эходоплеркардиографии (ЭхоКГ) в М и В режиме измеряли в миллиметрах (мм) морфометрические параметры сердца: конечно-диастолический размер левого желудочка (КДрЛЖ), конечно-систолический

размер левого желудочка (КСрЛЖ), толщину межжелудочковой перегородки в диастолу (ТМЖПд) и в систолу (ТМЖПс), толщину задней стенки левого желудочка в диастолу (ТЗСЛЖд) и в систолу (ТЗСЛЖс), диастолический размер полости правого желудочка (ДрПрЖ), толщину свободной стенки правого желудочка (ТПрЖ), передне-задний размер полости левого предсердия (дЛПр), продольный и поперечный размер правого предсердия (дПрПр), диаметр корня аорты в систолу (дАо), диаметр корня легочной артерии в систолу (дЛег). Линейную скорость кровотока в корне аорты (VАо), линейную скорость кровотока в корне легочной артерии (VЛег), трансмитральный кровяной раннего (VEm) и позднего (VAm) диастолического наполнения левого желудочка, транстрикуспидальный кровяной раннего (VЕтр) и позднего (VАтр) диастолического наполнения правого желудочка измеряли в режиме импульсного доплеровского исследования в м/с. Скорость регургитации на трикуспидальном клапане (VТр) и градиент давления регургитации на трикуспидальном клапане (РТр) измеряли в режиме постоянно-волнового доплеровского исследования в м/с и в мм рт. ст. соответственно. Расчеты фракции выброса (ФВ), фракции укорочения левого желудочка (ФУЛЖ), величины утолщения в систолу межжелудочковой перегородки (УтМЖП), утолщения задней стенки левого желудочка (УтЗСЛЖ) производили в процентах, частоту сердечных сокращений (ЧСС), измеряемой в уд/мин, определяли с помощью программы, установленной в эхокардиографе. Ударный объем (УО), измеряемый в мл, массу миокарда (ММ) в г, индекс массы миокарда (ИММ) — отношение ММ/ППТ в г/м², конечно-диастолический (КДОЛЖ) и конечно- систолический (КСОЛЖ) объемы левого желудочка, измеряемые в мл³, определяли с помощью программы, имеющейся в ультразвуковом сканере по формуле Тейхольца [13]. Дополнительно рассчитывали соотношение скоростей потоков — VEm/VAm; VЕтр/VАтр [13]. Относительную толщину задней стенки (ОТС) левого желудочка вычисляли по формуле: $(ТЗСЛЖд \times 2) / КДОЛЖ$ [11]. Минутный объем кровообращения (МОК) рассчитывали в л/мин по общеизвестной формуле [11]. Систолическое давление в легочной артерии определяли в мм рт. ст. путем суммирования значений градиента давления регургитации на трикуспидальном клапане и градиента давления в полости правого предсердия, принятого за 5 мм рт. ст. для исследуемых, у которых не выявлено увеличения диаметра нижней полой вены и установлено инспираторное коллабирование одноименной вены более чем на 50 % [11].

Систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление измеряли в ходе проведения эхокардиографического исследования с помощью полуавтоматического измерительного прибора ОМРОН-М1 Plus (Япония).

Регистрацию электрокардиограммы (ЭКГ) в 12 стандартных отведениях [12] осуществляли после эхокардиографического обследования на аппарате

FX-3010 FUKUDA DENSHI (Япония). Перед началом записи ЭКГ исследуемый находился в положении лежа на спине с наложенными электродами и закрытыми глазами в течение пяти минут, после чего осуществлялась запись ЭКГ. Амплитудные и временные параметры ЭКГ определяли автоматически в милливольтгах (мВ) и миллисекундах (мс) соответственно, а также согласно общепринятым рекомендациям верифицировали измерения методом ручного промера.

На следующем этапе исследования системы кровообращения, утром, через 14 часов после тренировки, у спортсменов в лабораторных условиях производили забор биоматериала (венозная кровь) и методом электрохемилюминисцентного иммуноанализа определялось в сыворотке крови испытуемых количество N-концевого фрагмента мозгового натрийуретического пептида (B-типа) – N-концевой пропептид (NT-proBNP) в пг/мл [10] на оборудовании Cobas 601 от производителя Roche Professional Diagnostics (Швейцария).

Статистическую значимость различий между изучаемыми величинами независимых выборок устанавливали по критерию t-Стьюдента [7]. Данные представлены как среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение ($\pm SD$), поскольку подчинялись закону нормального распределения. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Для расчетов использовали программу Microsoft Excel 2007.

Результаты

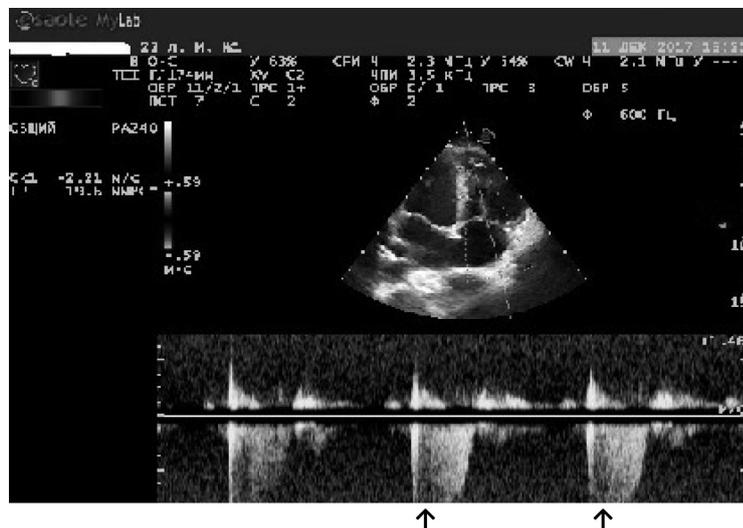
У испытуемых в сравнении с мужчинами, не занимающимися спортом, системная гемодинамика характеризовалась сниженными САД и ДАД, в то же время отмечалась пониженная ЧСС (таблица). Размеры полости левого предсердия и желудочка в основном находились у верхней границы нормы [21] (см. табл.). При этом в 41 % случаев переднезадний размер полости левого предсердия и в 35 % случаев поперечный размер полости левого желудочка превышали нормальные значения [11, 21]. Вместе с тем

Морфофункциональные параметры сердца и показатели системной гемодинамики у спортсменов-лыжников

Параметр	Мужчины спортсмены-лыжники	Мужчины не спортсмены		
		1	2	3
САД	113,8 \pm 9,4***	–	126,5 \pm 9,3	–
ДАД	52,1 \pm 9,4***	–	80 \pm 8,2	–
ЧСС	53,5 \pm 5,7***	–	66,4 \pm 9,9	–
ЛПр	40,0 \pm 1,8	30–40	–	–
КДрЛЖ	55,6 \pm 2,4	42–59	–	–
ТМЖПд	11,9 \pm 0,8	6–10	–	–
ТЗСЛЖд	10,1 \pm 0,9	6–10	–	–
ММ	299,2 \pm 36,6***	88–224	–	176 \pm 45
ИММ	159,1 \pm 19,1***	49–115	–	96 \pm 16
ОТС	0,36 \pm 0,03	0,24–0,42	–	–
УтМЖП	31,3 \pm 13,8	–	–	–
УтЗСЛЖ	57,2 \pm 16,7	–	–	–
VEм	0,87 \pm 0,13	–	–	–
VAм	0,45 \pm 0,08	–	–	–
VEтр	0,64 \pm 0,06	–	–	–
VAтр	0,39 \pm 0,06	–	–	–
VTр	2,07 \pm 0,25	–	–	–
PTр	17,3 \pm 4,2	–	–	–
УО	100,1 \pm 14,2***	–	54,2 \pm 7,6	–
МОК	5,3 \pm 1,1***	–	3,6 \pm 0,8	–

Примечания: *** – статистически значимое отклонение значений $p < 0,001$; 1 – экстремумы значений нормы морфофункциональных параметров сердца мужчин [11]; 2 – параметры ЧСС, системной и кардиогемодинамики (M \pm SD) мужчин [8]; 3 – морфометрические параметры миокарда (M \pm SD) мужчин [3].

морфологические параметры миокарда характеризовались утолщением ТМЖПд, увеличением ММ, ИММ, отсутствием повышения ОТС (см. таблицу), что свидетельствует об эксцентрической гипертрофии левого желудочка. Из отношений показателей УтЗСЛЖ к УтМЖП (см. таблицу) следует, что основной вклад в глобальную сократимость левого желудочка, видимо, вносит свободная стенка. На ос-



Эходопплеркардиографическая картина регургитации на трикуспидальном клапане сердца у спортсмена-лыжника
Примечание. Стрелками указан поток регургитации на трикуспидальном клапане.

новании морфометрии миокарда увеличения правого сердца не выявлено.

Для испытуемых с синусовой брадикардией внутрисердечная гемодинамика характеризовалась относительно высоким значением МОК за счет УО (см. таблицу). У двух спортсменов с увеличенными камерами левого сердца обнаружена регургитация на митральном клапане 1 степени. Следует отметить, что у всех обследованных лыжников регистрировалась регургитация на трикуспидальном клапане от 1 до 1,5 степени (см. таблицу, рисунок). При этом гипертензии на легочной артерии не обнаружено.

Методом электрокардиографии у семи спортсменов-лыжников выявлено замедление проведения возбуждения или неполная блокада в правой ножке пучка Гиса [12].

Содержание NT-proBNP в сыворотке крови у исследуемых (от 0 до 44 ед.) не превышало референсных значений [10] и мало отличалось от уровня, установленного ранее для спортсменов, тренирующих выносливость [25].

Обсуждение результатов

Обнаруженные низкое систолидиастолическое артериальное давление и синусовая брадикардия являются характерными для спортсменов [4, 14] и свидетельствуют об уменьшении тонуса резистивных сосудов, преднагрузки на миокард, напряженности деятельности сердца вследствие повышенного влияния вагуса на периферическое и центральное звено системы кровообращения. Очевидно, все это обусловлено физиологическим восстановлением организма, и в частности энергозатрат миокарда, в межтренировочный период. Примечательно, что у спортсменов-лыжников брадикардия и пониженное артериальное давление выражены больше в осенне-зимний период, свидетельствуя об эффективности адаптации организма при подготовке к соревнованиям [4]. Расширенные полости левого предсердия и желудочка у ряда спортсменов, повышающие функциональный резерв системы кровообращения, способствуют эффективному дыханию и тканевому метаболизму при мощных физических нагрузках. При этом сниженная барьерная функция интактного митрального клапана у двоих испытуемых, по-видимому, вызвана относительным увеличением фиброзного кольца, соединяющего расширенное предсердие и желудочек. Примечательно, что обнаруженная эксцентрическая гипертрофия левого желудочка, свидетельствующая о компенсаторном ремоделировании миокарда в ответ на повышенные гемодинамические нагрузки, не затронула функцию вентрикулярной релаксации, о чем свидетельствуют параметры диастолического кровенаполнения желудочков VE_m/V_{Am} , VE_{Tr}/VA_{Tr} [11, 15] (см. таблицу). Вместе с тем относительно УтМЖП большее значение УтЗСЛЖ может свидетельствовать не только о функциональном резерве свободной стенки левого желудочка, но и о повышении жесткости межжелу-

дочковой перегородки. По-видимому, обнаруженные при этом особенности проведения возбуждения электрокардиопотенциалов спортсменов-лыжников могут быть вызваны как структурными изменениями в МЖП, так и повышенной гемодинамической нагрузкой на стенки миокарда, затрагивающей функцию проводящей системы. Наряду с установленными морфофункциональными особенностями левого сердца замечено, что у всех спортсменов при отсутствии дилатации камер правого сердца снижена барьерная функция интактного трикуспидального клапана (см. рисунок), которая как физиологический феномен привлекла наше внимание.

С развитием инструментальных исследований методом эхокардиографии было установлено, что у 80 % здоровых людей обнаруживается трикуспидальная регургитация [15]. По-видимому, в основе происхождения этого феномена лежит особый путь развития трикуспидального клапана в раннем эмбриогенезе человека. Установлено, что после первичной дифференцировки предсердно-желудочковый клапан правого сердца эмбриона человека по своей структуре напоминает мышечный клапан сердца эндотермных животных [20]. После вторичной дифференциации он трансформируется в мембранозный трехстворчатый клапан. Нами установлено, что мышечный клапан эндотермных животных кроме барьерной выполняет и насосную функцию [23]. Предполагается, что мышечный клапан эмбриона человека может вносить свой весомый вклад в глобальную систолическую функцию миокарда в период начала формирования системы кровообращения [16]. Вероятно, в дальнейшем пусковым механизмом к редукции и последующей дифференциации мышечного клапана эмбриона служит изменение кардиогемодинамики правого желудочка, вызванное увеличением массы и систолической мощности миокарда. По-видимому, такого рода метаморфоза кардиальной структуры лежит в основе распространенной в популяции физиологической недостаточности трикуспидального клапана, затрагивающей механизмы ауторегуляции сердца. В контексте выдвигаемой гипотезы представляется очевидным, что структурно-функциональные блоки, сохранившиеся в ходе эволюции в сердце человека, в онтогенезе организма явно необходимы.

Имеются данные, свидетельствующие о зависимости насосной функции желудочков от нагрузки объемом камер сердца и главным образом правого предсердия [1, 9]. Реализация этого механизма тесно связана с секреторной функцией кардиомиоцитов, продуцирующих натрийуретический пептид [1, 10]. Вызванный физической нагрузкой увеличенный венозный возврат к сердцу и повышенный регургитацией объем крови в правом предсердии рефлекторно стимулируют барорецепторы сердца [9, 17], при этом может нарастать базальная секреторная функция кардиомиоцитов. Однако, как установлено в наших исследованиях, секреторная функция миокарда, судя по количеству в сыворотке

крови NT-proBNP, не повышалась. Очевидно, в восстановительный период после тренировок гомеостазис кровообращения спортсменов-лыжников поддерживался фоновым уровнем циркулирующих в крови натрийуретических пептидов и повышенным влиянием вагуса на сердечно-сосудистую систему. Вероятно, при этом кардиопротекторный эффект натрийуретических пептидов, заключающийся в препятствии к гипертрофии и фиброзу миокарда [1, 22], был слабо выражен.

Выводы

Таким образом, структурно-функциональная организация сердечно-сосудистой системы спортсменов-лыжников зимой, в период подготовки к соревнованиям, характеризуется эксцентрической гипертрофией левого желудочка, сниженной барьерной функцией трикуспидального клапана, большим вкладом свободной стенки в сократимость левого желудочка, заметным влиянием вагуса на синусовый узел и тонус резистивных сосудов, отсутствием увеличения базальной секреторной функции кардиомиоцитов в ответ на внутрисердечные гемодинамические нагрузки.

Работа частично выполнена в рамках бюджетной темы по Программе фундаментальных научных исследований на 2013–2020 годы. № ГР АААА-А16-116040110021-7.

Авторство

Дерновой Б. Ф. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; подготовил первый вариант статьи, переработал ее на предмет важного интеллектуального содержания; окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись. Прошева В. И. внесла существенный вклад в дизайн исследования; переработала статью на предмет важного интеллектуального содержания; окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись.

Дерновой Бронислав Федорович — SPIN 7186-3710; ORCID 0000-0002-9864-7691

Прошева Валентина Ивановна — SPIN 8021-7010; ORCID 0000-0002-3360-7437

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Список литературы

- Архипова Е. Н., Сильнова И. В., Басаргина Е. Н., Дворяковский И. В., Сугак А. Б., Маянский Н. А., Умарова М. К. Роль N-концевого фрагмента мозгового натрийуретического пептида в диагностике некомпактного миокарда у детей // Педиатрическая фармакология. 2012. Т. 9, № 5. С. 65–69.
- Бокерия О. Л., Испирян А. Ю. Внезапная сердечная смерть у спортсменов // Анналы аритмологии. 2013. Т. 10, № 1. С. 31–39.
- Вилкенсхоф У., Крук И. Справочник по эхокардиографии. М.: Мед. лит., 2007. 249 с.
- Гудков А. Б., Попова О. Н., Мануйлов И. В. Сезонные изменения гемодинамических показателей у спортсменов-лыжников на Европейском Севере России // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. 2014. № 1. С. 56–63.
- Дерновой Б. Ф. Реакция сердца и системной гемоди-

намики на физическую нагрузку у человека при адаптации к холоду // Экология человека. 2017. № 2. С. 27–31.

6. Дерновой Б. Ф., Иржак Л. И. Кардиогемодинамика при вызванных изменениях венозного возврата к сердцу у северян // Экология человека. 2013. № 12. С. 48–51.

7. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. М.: Мир, 1980. 610 с.

8. Евдокимов В. Г., Рогачевская О. В., Варламова Н. Г. Модулирующее влияние факторов Севера на кардиореспираторную систему человека в онтогенезе. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 257 с.

9. Евлахов В. И., Пуговкин А. П., Рудакова Т. Л., Шалковская Л. Н. Основы физиологии сердца: учебное пособие. СПб: СпецЛит., 2015. 335 с.

10. Козлов И. А., Харламова И. Е. Натрийуретические пептиды: биохимия, физиология, клиническое значение // Общая реаниматология. 2009. Т. 5, № 1. С. 89–97.

11. Новиков В. И., Новикова Т. Н. Эхокардиография: методика и количественная оценка. М.: МЕДпресс-информ, 2017. 96 с.

12. Орлов В. Н. Руководство по электрокардиографии. М.: Медицина, 1983. 528 с.

13. Райдинг Э. Эхокардиография. Практическое руководство. М.: МЕДпресс-информ., 2010. 280 с.

14. Талибов А. Х. Характеристика ремоделирования сердца у спортсменов // Теория и методика физической культуры. 2011. № 2. С. 9–99.

15. Шиллер Н., Осипов М. А. Клиническая эхокардиография. М., 1993. 347 с.

16. Якимов А. А. Трабекулы и межтрабекулярные пространства межжелудочковой перегородки сердца: анатомия, строение и развитие // Морфология. 2009. Т. 135, № 2. С. 83–90.

17. Johns M. S., Stephenson C. Amino-terminal pro-B-type natriuretic peptide testing in neonatal and pediatric patients // Am. J. Cardiol. 2008. Vol. 101. P. 76–81.

18. La Gerche A. Can intense endurance exercise cause myocardial damage and fibrosis? // Curr Sports Med Reports. 2013. Vol. 12. P. 63–69.

19. La Gerche A., Burns A. T., Mooney D. J., Inder W. J., Taylor A. J., Bogaert J., Macisaac A., Heidbuchel H., Prior D. L. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes // Eur Heart J. 2012. Vol. 33. P. 998–1006.

20. Lamers W. H., Virágh S., Wessels A., Moorman A., Anderson R. H. Formation of the tricuspid valve in the human heart // Circulation. 1995. Vol. 91. P. 111–121.

21. Lang R. M., Badano L. P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F. A., Foster E., Goldstein S. A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M. H., Rietzschel E. R., Rudski L., Spencer K. T., Tsang W., Voigt J. U. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging // J Am Soc Echocardiogr. 2015. Vol. 28, N 1. P. 1–39.

22. Levin E. R., Gardner D. G., Samson W. K. Natriuretic peptides // N Engl. J. Med. 1998. Vol. 339. P. 321–328.

23. Prosheva V., Dernovoj B., Kharin S., Kaseva N., Blyakhman F., Shklyar T. Does the right muscular atrioventricular valve in the avian heart perform two functions? // Comp Biochem Physiol. 2015. Vol. 184. P. 41–45.

24. Scharhag J., Urhausen A., Schneider G., Herrmann M., Schumacher K., Haschke M., Krieg A.,

Meyer T., Herrmann W., Kindermann W. Reproducibility and clinical significance of exercise-induced increases in cardiac troponins and N-terminal pro brain natriuretic peptide in endurance athletes // *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2006. Vol 13. P. 388–397.

25. Scott J., Esch B., Shave R., Warburton D., Gaze D., George K. Cardiovascular consequences of completing a 160-km ultra marathon // *Med Sci Sports Exerc.* 2009. Vol. 41, N 1. P. 26–34.

26. Thijs M. H. Eijvogels, Antonio B. Fernandez, and Paul D. Thompson. Are there deleterious cardiac effects of acute and chronic endurance exercise? // *Physiol. Rev.* 2016. Vol. 96. P. 99–125.

References

1. Arkhipova E. N., Sil'nova I. V., Basargina E. N., Dvoryakovskij I. V., Sugak A. B., Mayanskij N. A., Umarova M. K. The role of the n-terminal fragment of the brain natriuretic peptide in the diagnosis of noncompact myocardium in children. *Pediatricheskaya farmakologiya* [Pediatric pharmacology]. 2012, 9 (5), pp. 65-69. [In Russian]

2. Bokeriya O. L., Ispiryan A. Y. Sudden cardiac death in athletes. *Annaly aritmologii* [The Annals of Arrhythmology]. 2013, 10 (1), pp. 31-39. [In Russian]

3. Vilkenskikh U., Kruk. I. *Spravochnik po ehkhokardiografii*. [Handbook of echocardiography]. Moscow, Med. lit. Publ., 2007, 249 p.

4. Gudkov A. B., Popova O. N., Manujlov I. V. Seasonal changes in hemodynamic parameters in skiers in the European North of Russia. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta* [Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University]. 2014, 1, pp. 56-63. [In Russian]

5. Dernovoy B. F. Reaction of the heart and systemic hemodynamics to physical activity in humans during adaptation to cold. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 2, pp. 27-31. [In Russian]

6. Dernovoy B. F., Irzhak L. I. Cardiohemodynamics Caused by Changes in Venous Return to Heart of Northerners. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 12, pp. 48-51. [In Russian]

7. Dzhonson N., Lion F. *Statistika i planirovanie ehksperimenta v tekhnike i nauke. Metody obrabotki dannykh* [Statistics and experiment planning in engineering and science. Methods of data processing]. Moscow, 1980, 610 p.

8. Evdokimov V. G., Rogachevskaya O. V., Varlamova N. G. *Moduliruyushhee vliyaniye faktorov Severa na kardiorespiratornyuyu sistemu cheloveka v ontogeneze*. [Simulative effect of northern factors on human cardiorespiratory system in ontogenesis]. Yekaterinburg, Ural Branch of RAS Publ., 2007, 257 p.

9. Evlakhov V. I., Pugovkin A. P., Rudakova T. L., Shalkovskaya L. N. *Osnovy fiziologii serdtsa: uchebnoe posobie* [Basic physiology of the heart: a tutorial]. Saint Petersburg, SpetsLit Publ., 2015, 335 p.

10. Kozlov I. A., Kharlamova I. E. Natriuretic peptides: biochemistry, physiology, clinical significance. *Obshchaya reanimatologiya* [General resuscitation]. 2009, 5 (1), pp. 89-97. [In Russian]

11. Novikov V. I., Novikova T. N. *Ekhokardiografiya: metodika i kolichestvennaya otsenka* [Echocardiography: methodology and quantitative assessment]. Moscow, MEDpress-inform, 2017, 96 p.

12. Orlov V. N. *Rukovodstvo po ehlektrokardiografii* [Manual on Electrocardiography]. Moscow, Meditsina Publ., 1983, 528 p.

13. Rajding E. H. *Ekhokardiografiya. Prakticheskoe rukovodstvo* [Echocardiography. Practical guide]. Moscow, MEDpress-inform., 2010, 280 p.

14. Talibov A. Kh. Characteristics of heart remodeling in athletes. *Teoriya i metodika fizicheskoi kul'tury* [Theory and methodology of physical culture]. 2011, 2, pp. 91-99. [In Russian]

15. Shiller N., Osipov M. A. *Klinicheskaya ehkhokardiografiya* [Clinical echocardiography]. Moscow, 1993, 347 p.

16. Yakimov A. A. Trabeculae and inter-trabecular spaces of the interventricular septum of the heart: anatomy, structure and development. *Morfologiya* [Morphology]. 2009, 135 (2), pp. 83-90. [In Russian]

17. Johns M. S., Stephenson C. Amino-terminal pro-B-type natriuretic peptide testing in neonatal and pediatric patients. *Am. J. Cardiol.* 2008, 101, pp. 76-81.

18. La Gerche A. Can intense endurance exercise cause myocardial damage and fibrosis? *Curr Sports Med Reports.* 2013, 12, pp. 63-69.

19. La Gerche A, Burns AT, Mooney DJ, Inder WJ, Taylor AJ, Bogaert J, Macisaac AI, Heidbuchel H, Prior DL. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes. *Eur Heart J.* 2012, 33, pp. 998-1006.

20. Lamers W. H., Virágh S., Wessels A., Moorman A., Anderson R. H. Formation of the tricuspid valve in the human heart. *Circulation.* 1995, 91, pp. 111-121.

21. Lang R. M., Badano L. P., Mor-Avi V., Afilalo J., Armstrong A., Ernande L., Flachskampf F. A., Foster E., Goldstein S. A., Kuznetsova T., Lancellotti P., Muraru D., Picard M. H., Rietzschel E. R., Rudski L., Spencer K. T., Tsang W., Voigt J. U. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015, 28 (1), pp. 1-39.

22. Levin E. R., Gardner D. G., Samson W. K. Natriuretic peptides. *N Engl. J. Med.* 1998, 339, pp. 321-328.

23. Prosheva V, Dernovoy B, Kharin S, Kaseva N, Blyakhman F, Shklyar T. Does the right muscular atrioventricular valve in the avian heart perform two functions? *Comp Biochem Physiol.* 2015, 184, pp. 41-45.

24. Scharhag J, Urhausen A, Schneider G, Herrmann M, Schumacher K, Haschke M, Krieg A, Meyer T, Herrmann W, Kindermann W. Reproducibility and clinical significance of exercise-induced increases in cardiac troponins and N-terminal pro brain natriuretic peptide in endurance athletes. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2006, 13, pp. 388-397.

25. Scott J., Esch B., Shave R., Warburton D., Gaze D., George K. Cardiovascular consequences of completing a 160 -km ultra marathon. *Med Sci Sports Exerc.* 2009, 41 (1), pp. 26-34.

26. Thijs M. H. Eijvogels, Antonio B. Fernandez, and Paul D. Thompson. Are there deleterious cardiac effects of acute and chronic endurance exercise? *Physiol. Rev.* 2016, 96, pp. 99-125.

Контактная информация:

Дерновой Бронислав Федорович – кандидат медицинских наук, заведующий отделением функциональной диагностики госпиталя ФКУЗ «Медико-санитарная часть МВД Российской Федерации по Республике Коми»

Адрес: 167011, г. Сыктывкар, ул. Кутузова, 9

E-mail: dernowoy@yandex.ru