

УДК [612.13+616.17]:613.166.9

РЕАКЦИЯ СЕРДЦА И СИСТЕМНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ У ЧЕЛОВЕКА ПРИ АДАПТАЦИИ К ХОЛОДУ

© 2017 г. Б. Ф. Дерновой

Медико-санитарная часть МВД России по Республике Коми, г. Сыктывкар

В статье представлены результаты исследования структурно-функционального ответа сердца и системной гемодинамики на дозированную физическую нагрузку при адаптации человека к холоду. Методом эхокардиографии в контрастные по температуре сезоны года до и после нагрузки на организм мужчин трудоспособного возраста, жителей Европейского Севера, измеряли морфометрические параметры сердца, частоту сердечных сокращений (ЧСС), гемодинамику в легочной артерии и аорте. Во время исследования сердца регистрировали артериальное давление манометром. Замечено, что у человека после активного ортостатического изменения положения тела хронотропная функция сердца, системная и интракардиальная гемокрикулярция не имели сезонных отличий. Установлено, что независимо от термического режима внешней среды реакция организма на кратковременную физическую нагрузку сопровождалась повышением систолического артериального давления (САД), увеличением ЧСС, уменьшением конечно систолического размера левого желудочка, увеличением полости левого предсердия и диаметра легочной артерии. При этом наблюдалось повышение скорости трансортального кровотока с увеличением ударного объема сердца и минутного объема кровообращения. Наряду с этими изменениями в зимний период относительно лета обнаружено большее увеличение системной гемодинамики, меньшее повышение скорости кровотока в пульмональной артерии и ЧСС. Полученные результаты свидетельствуют, что у человека зимой при адаптации к холоду вызванное кратковременной физической нагрузкой напряжение сердечно-сосудистой системы сопровождается большим, чем летом, увеличением САД, меньшим повышением гемодинамики в легочной артерии и хронотропной функции сердца.

Ключевые слова: гемодинамика в легочной артерии, сердечно-сосудистая система, проба Кевдина, адаптация человека к холоду

THE REACTION OF THE HEART AND SYSTEMIC HEMODYNAMICS IN PHYSICAL STRESS IN HUMANS DURING ADAPTATION TO COLD

B. F. Dernovoy

Medical-Sanitary Unit of Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation in Komi Republic, Syktyvkar, Russia

The article presents the results of research structural and functional response of the heart and systemic hemodynamics to measured physical load during adaptation of man to cold. Method of echocardiography in contrast the temperature of the seasons before and after the load on the body of men of working age, people of Northern European measured morphometric parameters of the heart, heart rate, hemodynamics in the pulmonary artery and in the aorta. During the study of the heart recorded blood pressure manometer. It is noticed that the person after clinorhastatic active changes of body position chronotropic function of the heart, the systemic and intracardial hemocirculation had no seasonal differences. It was established that irrespective of the thermal regime of the external environment the body's response to short-term physical activity was associated with increased systolic blood pressure, increase heart rate, decrease of the systolic size of the left ventricle, enlargement of the cavity of the left atrium diameter and pulmonary artery. Thus there was an increase in the speed transorting blood flow with an increase in stroke volume and heart minute volume of blood circulation. Along with these changes in winter, relative to summer, found a greater increase in systemic hemodynamics, a lower increase of blood flow velocity in pulmonary artery and heart rate. The results suggest that in humans in the winter when to cold adaptation-induced short-term physical load stress the cardiovascular system is accompanied by a large than in summer, increased systolic blood pressure, less improvement of hemodynamics parameters in the pulmonary artery and chronotropic function of the heart.

Keywords: hemodynamics in the pulmonary artery, cardiovascular system, sample Caudina, human adaptation to cold

Библиографическая ссылка:

Дерновой Б. Ф. Реакция сердца и системной гемодинамики на физическую нагрузку у человека при адаптации к холоду // Экология человека. 2017. № 3. С. 27–31.

Dernovoy B. F. The Reaction of the Heart and Systemic Hemodynamics in Physical Stress in Humans during Adaptation to Cold. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 3, pp. 27-31.

В последнее время повышенный интерес вызывает проблема неблагоприятного воздействия природно-климатических условий Севера на человека [17]. Для этого региона характерны жесткие климатические, быстроизменяющиеся экстремальные погодные условия, вызывающие приспособительные изменения в организме [2, 3, 13, 14]. При изучении влияния природных явлений на жизненные функции особого внимания заслуживает термический фактор [1]. Он,

как известно [2, 7, 13], оказывает модулирующее влияние на функцию кровообращения и дыхания, являясь одним из главных компонентов сурового климата северных территорий [1, 4]. Физиологическим индикатором эффективности адаптации систем, поддерживающих гомеостазис организма, является физическая нагрузка (ФН). Установлено, что активная мышечная деятельность человека предъявляет повышенные требования к организму, вызывая наибольшие

приспособительные сдвиги в системе кровообращения [12]. При этом в обеспечении органов кислородом важное место занимает гемоциркуляция респираторной системы, значение которой при неблагоприятных условиях внешней среды существенно возрастает [20]. Очевидно, что низкая температура воздушной среды будет оказывать заметное влияние на характер функционального ответа сердечно-сосудистой системы после ФН организма, который представляет особый научный интерес для изучения адаптации человека к абиотическим факторам среды. Вместе с тем изучение гемоциркуляции малого круга кровообращения при адаптации организма к неблагоприятным условиям рассматривается как одна из актуальных задач в современных тенденциях сравнительной физиологии сердечно-сосудистой системы [19]. В этой связи целью исследований стало изучение реакции системного кровообращения, хронотропной и инотропной функции сердца, гемодинамики в аорте и легочной артерии у северян до и после дозированной ФН, когда внешняя среда существенно отличалась по температуре.

Методы

В различные по суммарной термической нагрузке на организм человека сезоны — летний период (июнь), при средней температуре атмосферного воздуха $15,7^{\circ}\text{C}$, и зимний (февраль), при средней температуре окружающей среды $-15,8^{\circ}\text{C}$, проводились исследования одной и той же группы мужчин трудоспособного возраста, коренных жителей г. Сыктывкара ($n = 15$), не имеющих на момент исследования отклонений в здоровье. Возраст мужчин в среднем соответствовал 37 (21–54) годам, масса тела — $85,5$ (69 – $98,7$) кг, рост — 183 (170 – 198) см. Все исследования осуществлялись с информированного согласия испытуемых в условиях кабинета функциональной диагностики при температуре в помещении ($21,0 \pm 1,0$) $^{\circ}\text{C}$. В целях соблюдения единого подхода в регистрации параметров гемоциркуляции до и после ФН на организм выполнялись следующие условия. Испытуемым, сразу после принятого ортоклиностатического положения на левом боку, в течение первых двух минут проводилось исследование исходных морфофункциональных параметров сердца и артериального давления. Затем, приняв вертикальное положение, испытуемые выполняли дозированную ФН (проба Кевдина — 40 приседаний за 30 с). После пробы испытуемые вновь принимали положение лежа на левом боку, и в течение последующих двух минут изучалась ответная реакция сердца и системной гемоциркуляции на мышечную нагрузку. Измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС), морфофункциональных параметров сердца: КДрЛЖ (конечно диастолический размер левого желудочка), КСрЛЖ (конечно систолический размер левого желудочка), дЛп (переднезадний размер полости левого предсердия); дЛег (диаметр полости корня легочной артерии в систолу); УО (ударный объем); VАо (скорость кровотока в аорте); VЛег (скорость кровотока в легочной артерии) проводилось в М, В

и в режиме доплеровского исследования датчиком 3,5 мц в общепринятых позициях [16, 18] на аппарате «Sonoace 8000EX», Medison (Корея). Расчеты УО производились автоматически программой ультразвукового сканера по формуле Тейхольца [18]. Минутный объем кровообращения (МОК) рассчитывался по общеизвестной формуле [18]. Артериальное систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) давление измерялось на полуавтоматическом измерительном приборе «ОМРОН-М1 Plus» (Япония) в периоды эхокардиографии. Различия между попарно связанными вариантами исследованной выборки оценивали с помощью W-критерия Вилкоксона [15]. Для расчетов использован непараметрический критерий. Критическим уровнем статистической значимости принималось $p < 0,05$. Результаты обрабатывали с помощью программы Primer of Biostatistics v4.03. Данные представлены как среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение ($\pm \delta$).

Результаты

Установлено, что у исследуемых в состоянии физического покоя различий в показателях артериального давления, морфометрических параметров сердца и кардиогемодинамики в контрастные по температуре сезоны года не обнаружено. Замечено, что вне зависимости от термического режима внешней среды реакция системной гемодинамики на мышечную нагрузку характеризовалась повышением систолического артериального давления (таблица). При этом морфофункциональные параметры сердца характеризовались повышением ЧСС, УО, МОК,

Структурно-функциональные показатели сердца и системной гемодинамики у мужчин ($n = 15$) в разные сезоны года в фоне и после дозированной физической нагрузки ($M \pm \delta$)

Параметр	Июнь		Февраль	
	Фон	После ФН	Фон	После ФН
дЛег, мм	$22,1 \pm 1,52$	$24,1 \pm 1,74^{**}$	$22,3 \pm 1,7$	$24,17 \pm 1,68^{**}$
дЛп, мм	$38,1 \pm 1,43$	$40,1 \pm 1,49^{**}$	$38,2 \pm 2,17$	$40,0 \pm 1,91^{*}$
КДрЛЖ, мм	$55,3 \pm 3,66$	$57,0 \pm 3,29$	$54,8 \pm 3,97$	$56,9 \pm 2,84$
КСрЛЖ, мм	$35,4 \pm 3,37$	$33,2 \pm 3,07^{*}$	$34,7 \pm 3,72$	$31,3 \pm 3,46^{**}$
VАо, см · с ⁻¹	$97,6 \pm 17,3$	$129,1 \pm 19,5^{***}$	$93,0 \pm 13,5$	$124,4 \pm 19,5^{***}$
VЛег, см · с ⁻¹	$66,4 \pm 8,4$	$78,9 \pm 11,4^{**}$	$71,2 \pm 10,6$	$78,8 \pm 14,1$
УО, мл	$97,7 \pm 16,5$	$115,7 \pm 17,2^{**}$	$97,0 \pm 20,7$	$120,3 \pm 17,1^{***}$
МОК, мл · мин ⁻¹	$6562,6 \pm 1415,8$	$10931,7 \pm 2775,5^{***}$	$6594,4 \pm 1622,3$	$10154,2 \pm 1792,8^{***}$
ЧСС, уд · мин ⁻¹	$67,2 \pm 9,42$	$94,4 \pm 17,21^{**}$	$67,9 \pm 8,18$	$84,4 \pm 9,15^{**}$
САД, мм рт. ст.	$125,9 \pm 7,03$	$145,0 \pm 11,64^{**}$	$129 \pm 7,82$	$154,1 \pm 9,32^{**}$
ДАД, мм рт. ст.	$75,4 \pm 9,5$	$77,6 \pm 7,29$	$78,5 \pm 11,06$	$76,2 \pm 10,29$

Примечание. Значимость реакции на нагрузку: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$.

скорости трансаортального кровотока, увеличением дЛег, дЛп, уменьшением КСрЛЖ. Зимой, в отличие от теплого периода года, после ФН больше увеличивалось систолическое артериальное давление ($p = 0,04$), меньше повышалась скорость кровотока в легочной артерии ($p = 0,048$) и частота сердечных сокращений ($p = 0,003$).

Обсуждение результатов

Немало работ было посвящено изучению особенностей функционирования физиологических систем человека, проживающего на Севере [3–8, 13]. Во многом такой интерес вызван созданием условий для сохранения здоровья и увеличения продолжительности жизни людей, проживающих и работающих на территориях, входящих в арктическую и субарктическую климатические зоны с неблагоприятными природными условиями. Влияние средовых факторов на функциональное состояние организма человека многообразно [7, 14]. Установлено, что в период приспособления организма к изменяющимся условиям кардиореспираторная система одна из первых включается в реакцию адаптации и характеризуется функциональной сезонной асимметрией [7, 8]. В проведенных исследованиях у испытуемых измеряемые параметры в состоянии физического покоя соответствовали общепринятым нормам [16] и не имели сезонных отличий. Отсутствие различий, очевидно, вызвано методикой проведения исследования, когда замеры морфометрических параметров и параметров гемоциркуляции проводились сразу после изменения положения тела. В это время гомеостазис кровообращения не имел статичных сезонных значений и был, как установлено, однородным в измеряемые периоды.

Дозированные ФН, применяемые как тесты функционального состояния и реагирования сердечно-сосудистой системы человека, широко используют в клинике и физиологии. В нашем случае была использована проба Кевдина, которая в сравнении с пробой Мартине вызывала большую мышечную работу за отрезок времени и была направлена на увеличение гемоциркуляции организма, повышение потребления кислорода в клеточном обмене и обнаружение особенностей реакции системы кровообращения в контрастные по температуре сезоны года. Установлено, что после ФН функционирование сердечно-сосудистой системы характеризовалось известной [12] положительной хронотропной и инотропной функциями миокарда, повышением кардиогемодинамики и производительности сердца с повышением САД (см. таблицу). При этом обнаружена повышенная нагрузка на стенки корня легочной артерии и полости левого предсердия, свидетельствующая о нарастании объема гемоциркуляции в малом круге кровообращения. Следует отметить, что в обеспечении повышенной гемоциркуляции организма активно участвовал симпатический отдел вегетативной нервной системы, регулирующий центральное звено кровообращения (сердце), в то время как влияние его

на тонус резистивных сосудов, оцениваемый по ДАД, был незаметен. Наряду с установленными сдвигами в кровообращении выявлена и сезонная асимметрия гемодинамики в легочной артерии. Она свидетельствовала о меньшем (на 8,2 %) увеличении скорости кровотока в начале малого круга кровообращения после ФН в холодный период года. Известно, что первичным звеном адаптационного процесса являются срочные реакции, которые возникают непосредственно вначале действия раздражителя [11]. И как считают авторы [10, 11], будучи важнейшей чертой этого этапа адаптации, характеризуют деятельность мобилизованного организма на пределе протекания его физиологических возможностей. Предполагается, что и в нашем случае сниженная реакция кровотока в пульмональной артерии вызвана адаптацией организма к ФН в условиях отставленного воздействия низких температур окружающей среды на человека [5] и его респираторную систему [13]. Так, физиологическая констрикция мелких бронхов в холодное время года [11, 13], вызывающая рефлекс Эйлера — Лильестранда [11, 19] с формированием регионарной волемической перестройки сосудов, приспособливает гемоциркуляцию респираторной системы к неблагоприятному сезону года. И, как предполагаем, в связи с этим отмечается снижение скорости притока крови в малый круг кровообращения после кратковременной ФН. По-видимому, обнаруженный феномен сниженной реакции гемодинамики в легочной артерии зимой непродолжителен и при дальнейшем приспособлении организма к нагрузке нивелируется в условиях повышенного легочно-сосудистого сопротивления [11]. Предполагается, что обнаруженный факт следует расценивать как функциональную инертность реакции малого круга кровообращения на ФН, вызванной структурно-функциональной перестройкой кардиореспираторной системы у человека зимой. В то же время больше на 4,3 % повышалось САД, а нарастание ЧСС в ответ на ФН было меньше на 16,1 % в сравнении со значениями в летний период. Вероятно, эти отклонения свидетельствуют об акцентированной работе сердца при регионарном изменении гемодинамики в респираторной [11], церебральной [9] и кровеносной системах в дистальных отделах конечностей организма [5].

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что у человека зимой при адаптации к холоду вызванное кратковременной физической нагрузкой напряжение сердечно-сосудистой системы сопровождается большим, чем летом, увеличением систолического артериального давления, меньшим повышением гемодинамики в легочной артерии и хронотропной функции сердца.

Список литературы

1. Бочаров М. И. Терморегуляция организма при холодных воздействиях // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2015. № 1. С. 5–15.

2. Варламова Н. Г. Состояние сердечно-сосудистой системы жителей Европейского Севера // Медицинская наука в Республике Коми // Вестник Коми научного центра. 2000. Вып. 16. С. 28–42.

3. Грибанов А. В., Коробицын А. А., Тимохова Н. В. Некоторые особенности гемодинамики у северян трудоспособного возраста // Эколого-физиологические проблемы адаптации : материалы X Междунар. симпоз. Москва, 2001. С. 138–139

4. Гудков А. Б., Попова О. Н., Пащенко А. В. Физиологические реакции человека на локальное холодное воздействие. Архангельск : Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2012. 145 с.

5. Дерновой Б. Ф. Функционирование сердечно-сосудистой системы при вызванных изменениях периферического кровотока у человека в контрастные сезоны года на севере России : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Киров, 2005. 15 с.

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. 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.

8. Ефимова Н. В. Эколого-физиологическая характеристика адаптивных реакций кардиореспираторной системы в годовом цикле у молодых лиц 18–22 лет, уроженцев Европейского Севера : дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2013. 16 с.

9. Ли В. А. Физиологическая характеристика сезонных изменений адаптационных реакций организма при разных уровнях артериального давления : дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2009. 134 с.

10. Меерсон Ф. З., Пшенникова М. Г. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. М. : Медицина, 1988. 256 с.

11. Милованов А. П. Адаптация малого круга кровообращения человека в условиях Севера. Новосибирск : Наука, 1981. 172 с.

12. Осипов В. Н., Осипова Е. Н. Особенности адаптационных и восстановительных реакций системы кровообращения на физическую нагрузку у баскетболистов высшей лиги // Физическое воспитание студентов (Харьков). 2011. № 4. С. 60–63.

13. Попова О. Н. Характеристика адаптивных реакций внешнего дыхания у молодых лиц трудоспособного возраста, жителей Европейского Севера : дис. ... д-ра мед. наук. Москва, 2009. 254 с.

14. Сезонная динамика физиологических функций у человека на Севере / под. ред. Е. Р. Бойко. Екатеринбург : УрО РАН, 2009. 221 с.

15. Унгурияну Т. Н., Гржибовский А. М. Краткие рекомендации по описанию, статистическому анализу и представлению данных в научных публикациях // Экология человека. 2011. № 5. С. 55–60.

16. Вилкенсхоф У., Крук И. Справочник по эхокардиографии. М., 2007. 240 с.

17. Хаснулин В. И. Здоровье человека и космогеофизические факторы Севера // Экология человека. 2013. № 12. С. 3–13.

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

19. Burggren W. W., Christoffels V. M., et al. Comparative cardiovascular physiology: future trends, opportunities and challenges // Journal Acta Physiologica. 2013. P. 1–20.

20. Sylvester J. T., Shimoda L. A., et al. Hypoxic pulmonary vasoconstriction // Physiol. Reviews. 2012. Vol. 92. P. 367–520.

References

1. Bocharov M. I. Thermoregulation of the body during cold exposure. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki* [Vestnik of Northern (Arctic) Federal University Series: Medico-biological science]. 2015, 1, pp. 5-15. [in Russian]

2. Varlamova N. G. The cardiovascular system of residents of the European North. *Vestnik Komi nauchnogo tsentra* [Bulletin of the Komi scientific centre]. 2000, 16, pp. 28-42. [in Russian]

3. Griбанov A. V., Korobitsin A. A., Timohova N. V. Nekotorye osobennosti gemodinamiki u severyan trudospobnogo vozrasta [Some features of hemodynamics of northerners of working age]. In: *Ekologo-fiziologicheskie problemy adaptatsii. Materialy X Mezhdunar. simpoz. Moskva* [Ecological and physiological problems of adaptation: materials of the X Intern. the international Symposium]. Moscow, 2001, pp. 138-139.

4. Gudkov A. B., Popova O. N., Pashenko A. V. *Fiziologicheskie reaksii cheloveka na lokal'noe kholodovoe vozdeistvie* [Physiological human response to local cold exposure]. Arkhangelsk, 2012, 145 p.

5. Dernovoy B. F. *Funktsionirovanie serdechno-sosudistoi sistemy pri vyzvannykh izmeneniyakh perifericheskogo krovotoka u cheloveka v kontrastnye sezony goda na severe Rossii (avtoref. kand. diss.)* [The functioning of the cardiovascular system caused by changes in peripheral blood flow in humans in contrasting seasons in the North of Russia. Author's Abstract of Cand. Diss]. Kirov, 2005. 15 p.

6. Dernovoy B. F., Irzhak L. I. Cardiohemodynamics cause changes in the venous return to the heart of the northerners. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 12, pp. 48-51. [in Russian]

7. Evdokimov V. G., Rogachevskaja O. V., Varlamova N. G. *Moduliruyushchee vliyaniye faktorov Severa na kardiorespiratornyuyu sistemu cheloveka v ontogeneze* [The modulating influence of the North on the cardiorespiratory system in ontogenesis]. Yekaterinburg, 2007, 257 p.

8. Efimova N. V. *Ekologo-fiziologicheskaya kharakteristika adaptivnykh reaksii kardiorespiratornoi sistemy v godovom tsikle u molodykh lits 18–22 let, urozhentsev Evropeiskogo Severa (avtoref. kand. diss.)* [Ecological and physiological characteristics of adaptive reactions of the cardiorespiratory system in the annual cycle young people 18-22 years, born in the European North. Author's Abstract of Cand. Diss]. Moscow, 2013, 16 p.

9. Li V. A. *Fiziologicheskaya kharakteristika sezonnykh izmenenii adaptatsionnykh reaksii organizma pri raznykh urovnyakh arterial'nogo davleniy (kand. diss.)* [Physiological characteristics of seasonal changes of adaptive reactions at different levels of arterial pressure. Cand. Diss]. 2009, 134 p.

10. Meerson F. Z., Pshennikova M. G. *Adaptatsiya k stressornym situatsiyam i fizicheskim nagruzkam* [Adaptation to stress situations and physical loads]. Moscow, Meditsina Publ., 1988, 256 p.

11. Milovanov A. P. *Adaptatsiya malogo kruga krovoobrashcheniya cheloveka v usloviyakh Severa* [Adaptation of the pulmonary circulation of human beings in the North]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1981, 172 p.

12. Osipov V. N., Osipova E. N. The features of adaptive and regenerative reactions of the circulatory system to physical exercise in basketball players of the higher League. *Fizicheskoe vospitanie studentov* [Physical education of students]. 2011, 4, pp. 60-63. [in Ukraina]

13. Popova O. N. *Kharakteristika adaptivnykh reaktsii vneshnego dykhaniya u molodykh lits trudspособnogo vozrasta, zhitelei Evropeiskogo Severa (dokt. diss.)* [Characteristics of external respiration adaptive reactions in young able-bodied persons living in European North. Doct. Diss.]. Moscow, 2009, 254 p.

14. *Sezonnaya dinamika fiziologicheskikh funktsii u cheloveka na Severe* [Seasonal dynamics of physiological functions in humans in the North]. Eds. E. R. Boiko. Yekaterinburg, 2009, 221 p.

15. Unguryanu T. N., Grzhibovskii A. M. Brief recommendations on the description, statistical analysis and presentation of data in scientific publications. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 5, pp. 55-60. [in Russian]

16. Vilkenshof U., Kruk I. *Spravochnik po ekhokardiografii* [Guide of echocardiography]. Moscow, 2007, 240 p.

17. Khasnulin V. I. Human health and space geophysical factors of the North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 12, pp. 3-13. [in Russian]

18. Shiller N., Osipov M. A. *Klinicheskaya ekhokardiografiya* [Clinical Echocardiography]. Moscow, 1993, 347 p.

19. Burggren W. W., Christoffels V. M., et al. Comparative cardiovascular physiology: future trends, opportunities and challenges. *Journal Acta Physiologica*. 2013, pp. 1-20.

20. Sylvester J. T., Shimoda L. A., et al. Hypoxic pulmonary vasoconstriction. *Physiol. Reviews*. 2012, 92, pp. 367-520.

Контактная информация:

Дерновой Бронислав Федорович — кандидат медицинских наук, заведующий отделением функциональной диагностики госпиталя ФКУЗ «Медико-санитарная часть МВД России по Республике Коми», врач функциональной диагностики

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

E-mail: dernowoy@yandex.ru