

СТАНОВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ И МОРФОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СЕРДЦА У ХОККЕИСТОВ 12–13 ЛЕТ

Е.Ф. Сурина-Марышева¹, surina-marysheva2015@yandex.ru,
<http://orcid.org/0000-0001-7770-4338>

Е.Н. Ермолаева², ermen@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0309-5802>

Т.А. Номеровская³, tanyarmd@yahoo.com, <http://orcid.org/0009-0002-6345-7895>

А.Е. Власов⁴, andrewvlasov@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0005-6142-3984>

¹ Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

² Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия

³ Челябинский областной врачебно-физкультурный диспансер, Челябинск, Россия

⁴ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

Аннотация. Цель. Определить особенности формирования сердца и становления механизмов регуляции у хоккеистов 12–13 лет. **Материалы и методы.** В исследовании участвовали 44 хоккеиста 12 (n = 21) и 13 лет (n = 23), использовались стандартные антропометрические методы, эхокардиография и анализ variability сердечного ритма (ВСР). Проведен корреляционный анализ связей между показателями физического развития, морфофункциональных параметров сердца и размеров проксимальных отделов кругов кровообращения по ранговому критерию Спирмена. **Результаты.** В 12 лет выявлены корреляционные связи показателей массы и индекса массы тела с морфологическими параметрами сердца. В 13 лет количество и сила этих связей уменьшаются. Незначительное количество корреляционных связей, зависящих от возраста, зарегистрировано между параметрами ВСР и морфофункциональными показателями сердца. В 12 и 13 лет тип вегетативной регуляции не является значимым ни для одной из исследуемых характеристик сердца. **Заключение.** В 12 лет у хоккеистов происходит завершение очередного этапа морфологической перестройки сердца, обусловленное увеличением мышечной массы тела и сопровождающееся сопряжением морфологических и функциональных показателей внутрисердечной гемодинамики. В 13 лет изменения сердца еще более зависимы от увеличения мышечного компонента состава тела и формирующихся нейро-миогенных механизмов регуляции. Изменяется степень соответствия параметров внутрисердечной гемодинамики морфологическим структурам сердца. В 12 и 13 лет становление механизмов регуляции сократительной функции сердца еще не завершено.

Ключевые слова: морфология сердца, вегетативная регуляция, состав тела, хоккеисты 12–13 лет

Для цитирования: Становление механизмов регуляции и морфологического развития сердца у хоккеистов 12–13 лет / Е.Ф. Сурина-Марышева, Е.Н. Ермолаева, Т.А. Номеровская, А.Е. Власов // Человек. Спорт. Медицина. 2024. Т. 24, № S1. С. 48–57. DOI: 10.14529/hsm24s107

Original article

DOI: 10.14529/hsm24s107

DEVELOPMENT OF REGULATORY MECHANISMS AND MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF THE HEART IN HOCKEY PLAYERS AGED 12–13 YEARS

E.F. Surina-Marysheva¹, surina-marysheva2015@yandex.ru,
<http://orcid:0000-0001-7770-4338>

E.N. Ermolaeva², ermen@mail.ru, <http://orcid:0000-0003-0309-5802>

T.A. Nomerovskaya³, tanyarmd@yahoo.com, <http://orcid:0009-0002-6345-7895>

A. E. Vlasov⁴, andrewvlasov@mail.ru, <http://orcid:0009-0005-6142-3984>

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

² South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia

³ Chelyabinsk Regional Medical and Physical Education Dispensary, Chelyabinsk, Russia

⁴ National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russia

Abstract. Aim. The study aimed to identify the characteristics of heart development and the development of regulatory mechanisms in hockey players aged 12–13 years. **Materials and methods.** The study involved 44 hockey players, aged 12 (n = 21) and 13 years (n = 23). Conventional anthropometric methods, echocardiography, and heart rate variability (HRV) analysis were employed for the purpose of the study. The Spearman rank correlation coefficient was used to identify the relationships between physical development, morphofunctional parameters of the heart, and the sizes of the proximal segments of the aorta and pulmonary arteries. **Results.** At 12 years of age, correlations were found between body mass, body mass index, and morphological parameters of the heart. At 13 years of age, the number and strength of these correlations decreased. A small number of age-dependent correlations was identified between body mass, body mass index, and morphological parameters of the heart. For these age groups, the type of autonomic regulation was found to be insignificant for the characteristics under study. **Conclusion.** At 12 years of age, in hockey players, the subsequent phase of morphological restructuring of the heart is concluded, facilitated by the augmentation of muscle mass and accompanied by the integration of morphological and functional indicators of intracardiac hemodynamics. At 13 years of age, the alterations in the heart become even more contingent on the augmentation of muscle mass and the formation of neuro-myogenic regulatory mechanisms. The correspondence between intracardiac hemodynamics parameters and morphological structures of the heart transforms. The development of regulatory mechanisms for the contractile function of the heart is still in progress at 12 and 13 years of age.

Keywords: morphology of the heart, autonomic regulation, body composition, hockey players aged 12–13 years

For citation: Surina-Marysheva E.F., Ermolaeva E.N., Nomerovskaya T.A., Vlasov A.E. Development of regulatory mechanisms and morphological parameters of the heart in hockey players aged 12–13 years. *Human. Sport. Medicine.* 2024;24(S1): 48–57. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm24s107

Введение. В результате адаптации к воздействию систематических интенсивных физических нагрузок в организме спортсменов происходят морфофункциональные изменения, обеспечивающие согласование работы опорно-двигательного аппарата и систем, обеспечивающих адекватное энергообеспечение [5, 10, 14]. Наблюдаемые морфологические эффекты должны обуславливать функциональные изменения в системах внутренних органов и их регуляции [6, 12, 13, 16]. Адаптационные перестройки в сердечно-сосудистой системе спортсмена результиру-

ются в ремоделировании отделов сердца [17]. В соответствии с биологическими закономерностями онтогенеза, существует гетерохронность в развитии структурных компонентов тела, внутренних органов и систем организма. В целях своевременной диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы, сформировавшихся *de novo*, которые обозначают собирательным термином «дистрофия миокарда вследствие хронического физического перенапряжения» (А.Г. Дембо, 1960) или «стрессорная кардиомиопатия спортсмена» (Э.В. Земцовский, 2002), необходимо выявлять и распо-

зывать варианты нормы и патологии [9]. Исследование референсных границ нормальных, адаптационных изменений в структуре сердца спортсменов в ответ на систематические интенсивные физические нагрузки в разные возрастные периоды необходимо для скрининга спортсменов для выявления как предпатологических, так и патологических изменений.

В связи с вышеуказанным необходимо выявить особенности взаимоотношений структуры, функциональных возможностей сердца, а также регуляции работы миокарда у хоккеистов в зависимости от возраста и динамики параметров физического развития.

Цель исследования: определить особенности формирования сердца и становления механизмов регуляции у хоккеистов 12–13 лет.

Материалы и методы. Проведено проспективное поперечное исследование в рамках работы федеральной экспериментальной (инновационной) площадки Министерства спорта Российской Федерации «Внедрение комплекса мер по медицинскому, медико-биологическому и научно-методическому обеспечению в детско-юношеском спорте на территории субъекта Российской Федерации» на 2023–2024 гг. Работа была организована на базах: научно-исследовательского центра спортивной науки Института спорта, туризма и сервиса «ЮУрГУ (НИУ)», научно-исследовательского института олимпийского спорта «УралГУФК» и Челябинского областного врачебно-физкультурного диспансера (г. Челябинск). Обследованы хоккеисты «ОСШ по хоккею «Трактор» (Челябинск) 12 и 13 лет мужского пола в количестве 44 человека: 12 лет ($n = 21$) и 13 лет ($n = 23$). Возраст на момент обследования определялся как хронологический по общепринятой методике [7].

Антропометрические исследования включали измерения длины тела (ДТ), массы тела (МТ) по общепринятой методике с использованием стандартных инструментов – ростомера и медицинских весов. Рассчитывали индекс массы тела – «ИМТ» [7]. Условия проведения измерений были стандартизированы: утреннее время, натощак, один и тот же исследователь [4]. Состав массы тела определяли посредством расчетных параметров, полученных при измерении обхватов конечностей на разных уровнях и толщины подкожной жировой складки в состоянии физиологического покоя:

абсолютное значение мышечного компонента (кг) = рост \times средняя величина радиусов за вычетом подкожного слоя в степени 2 $\times 6,5 / 1000$;

абсолютное значение жирового компонента (кг) = средняя толщина подкожного жира с толщиной кожи \times поверхность тела $\times 1,3$;

абсолютное значение костного компонента (кг) = рост \times ((обхват нижней трети плеча + обхват нижней трети предплечья + обхват нижней трети бедра + обхват нижней трети голени) / 4) \times ((обхват нижней трети плеча + обхват нижней трети предплечья + обхват нижней трети бедра + обхват нижней трети голени) / 4) $\times 1,2 / 10000$.

Эхокардиография. Эхокардиография (ЭхоКГ) проводилась на лицензированном оборудовании – эхокардиографе Samsung MySono U6 (Южная Корея) – по стандартному протоколу с определением конечно-диастолического размера левого желудочка, конечно-систолического объема, толщины межжелудочковой перегородки, толщины задней стенки левого желудочка, фракции выброса, массы миокарда и индекса массы миокарда левого желудочка, относительной толщины стенки левого желудочка, диаметра аорты и легочной артерии [11].

Вариабельность ритма сердца. Регистрация ритмокардиограммы проводилась с использованием компьютерного электрокардиографа «ВНС-МИКРО» с программным обеспечением «ПолиСпектр» (Россия, Нейрософт). Анализ ВРС проводился с использованием общепризнанных методов [1, 2]. Тип регуляции ритма сердца определялся по методике Н.И. Шлык [8].

Статистическая обработка результатов исследования выполнена посредством программы Statistica 10.0. Полученные результаты обрабатывались методами вариационной статистики. Отсутствие нормального распределения данных исследования определило выбор непараметрических критериев определения достоверности различий по критерию Манна – Уитни, корреляционного анализа – ранговому критерию Спирмена [3].

Результаты. С возрастом происходит увеличение показателей физического развития: в 13 лет у хоккеистов определено достоверно значимое увеличение массы и длины тела, индекса массы тела, содержание мышеч-

Таблица 1
Table 1

Морфологическая характеристика хоккеистов 12 и 13 лет
Morphological characteristics of the sample

Показатель / Parameter	Возраст, лет / Age, years		p
	12 (n = 21) M ± m, σ	13 (n = 23) M ± m, σ	
Длина тела, см / Body length, cm	163,98 ± 1,45; 7,27	171,54 ± 2,06; 9,64	P ≤ 0,05
Масса тела, кг / Body mass, kg	51,50 ± 1,76; 8,80	60,57 ± 2,78; 13,02	P ≤ 0,05
ИМТ, кг/м ² / BMI, kg/m ²	19,04 ± 0,49; 2,44	20,60 ± 0,61; 2,84	P ≤ 0,05
Мышечная масса тела, кг / Muscle mass, kg	23,52 ± 1,06; 5,29	28,93 ± 1,37; 6,42	P ≤ 0,05
Жировая масса тела, кг / Fat mass, kg	5,00 ± 0,26; 1,32	5,76 ± 0,48; 2,24	P ≥ 0,05
Костная масса тела, кг / Bone mass, kg	12,05 ± 0,51; 2,57	14,25 ± 0,70; 3,30	P ≤ 0,05

ной и костной массы тела относительно возраста 12 лет (табл. 1).

Корреляционные связи между морфологическими параметрами тела и сердца у хоккеистов 12 и 13 лет представлены в табл. 2. В 12 лет выявлены статистически значимые корреляционные связи между индексом массы тела и объемом левого предсердия, а также массой миокарда левого желудочка (R = 0,76 и R = 0,79 соответственно); мышечной массой и массой миокарда левого желудочка (R = 0,83); базальным размером правого желудочка и объемом левого предсердия (R = 0,72); объемами правого и левого предсердий (R = 0,81); толщиной межжелудочковой перегородки и массой миокарда левого желудочка (R = 0,72). Показатель толщины задней стенки левого желудочка у хоккеистов 12 лет коррелирует не только с параметрами левых отделов сердца, но и с правыми, имеет статистически значимую корреляционную связь с объемом правого предсердия. В 13 лет количество и сила корреляционных связей уменьшаются: определены статистически значимые корреляционные связи между массой миокарда левого желудочка и толщиной задней стенки левого желудочка, а также размером правого желудочка (R = 0,71 и R = 0,78 соответственно).

Между функциональными характеристиками сердца и морфологическими параметрами проксимальных отделов магистральных сосудов (диаметрами) выявлено большое количество статистически значимых корреляционных связей малой силы (табл. 3). В 12 лет выявлены статистически значимые корреляционные связи между конечно-диастолическим размером левого желудочка и конечно-систолическим объемом, индексом массы миокарда, диаметрами аорты и легочной артерии (R = 0,90, R = 0,79, R = 0,58, R = 0,46

и R = 0,48 соответственно); между конечно-систолическим объемом и фракцией выброса (R = 0,83), а также массой миокарда левого желудочка (R = -0,60). В 13 лет регистрируется более высокая плотность корреляционных связей малой силы, как между функциональными характеристиками сердечной деятельности, так и между размерами проксимальных отделов аорты и легочной артерии. Выявили статистически значимые связи между конечно-диастолическим размером и конечно-систолическим объемом левого желудочка, диаметрами аорты и легочной артерии (R = 0,72, R = 0,52, R = 0,51 соответственно), между конечно-систолическим объемом и фракцией выброса (R = -0,70), индексом массы миокарда (R = 0,47), диаметром аорты (R = 0,47), диаметром легочной артерии (R = 0,38). Соотношение диаметров легочной артерии и аорты, которое характеризует согласованность функционирования кругов кровообращения, не выявило значимых корреляционных связей с функциональными показателями сердца.

Оценивая взаимоотношения морфологических и функциональных характеристик развития сердца с параметрами регуляции его деятельности, было выявлено незначительное количество статистически значимых корреляционных связей, зависящих от возраста хоккеистов 12 и 13 лет

В 12 лет мощность влияния центрально-эрготоропных механизмов регуляции сердца (мощность очень низкочастотных волн – VLF, мс²) связана с размерами и объемом правого предсердия (R = 0,57 и R = 0,56 соответственно). Объемные параметры работы сердца (фракция выброса и конечно-диастолический размер левого желудочка) имеют связи со стресс-индексом (R = 0,43 и R = 0,52

Таблица 2
Table 2

Корреляционная матрица связей между морфологическими параметрами тела и сердца хоккеистов 12 и 13 лет
Correlations between morphological parameters of the body and heart in hockey players aged 12–13 years

13 лет/years	Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index, kg/m ²	Мышечная масса, кг Muscle mass, kg	Объем левого предсердия, мл Left atrial volume, ml	Масса миокарда левого желудочка, г Left ventricular myocardial mass, g	Толщина межжелудочковой перегородки, см Interventricular septal thickness, cm	Толщина задней стенки левого желудочка, см Left ventricular posterior wall thickness, cm	Базальный размер правого желудочка, см Right ventricular basal size, cm	Объем правого предсердия, мл Right atrial volume, ml
12 лет/years	1,00	0,80*	0,42*	0,63*	0,30	0,43*	0,44*	0,52*
Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index, kg/m ²		1,00	0,47*	0,67*	0,29	0,40	0,57*	0,52*
Мышечная масса, кг Muscle mass, kg	0,89*		1,00	0,38	-0,11	0,44	0,37	0,46
Объем левого предсердия, мл Left atrial volume, ml	0,76*	0,58*		1,00	0,61*	0,71*	0,78*	0,45
Масса миокарда левого желудочка, г Left ventricular myocardial mass, g	0,79*	0,83*	0,69*		1,00	0,53*	0,39	0,06
Толщина межжелудочковой перегородки, см Interventricular septal thickness, cm	0,58*	0,51*	0,68*	0,72*		1,00	0,32	0,28
Толщина задней стенки левого желудочка, см Left ventricular posterior wall thickness, cm	0,44*	0,50*	0,36	0,64*	0,34		1,00	0,29
Базальный размер правого желудочка, см Right ventricular basal size, cm	0,62*	0,46*	0,72*	0,66*	0,55*	0,42		1,00
Объем правого предсердия, мл Right atrial volume, ml	0,68*	0,51*	0,81*	0,55*	0,39	0,44*	0,62*	

Примечание. * – статистически значимые различия по критерию Спирмана при $p \leq 0,05$.

Note. * – differences are significant at $p \leq 0.05$ (Spearman).

Таблица 3
Table 3

Корреляционная матрица связей между функциональными характеристиками сердца
и морфологическими параметрами магистральных сосудов
Correlations between functional characteristics of the heart and morphological parameters of the great vessels

13 лет/years 12 лет/years	Конечно-диастолический размер, см End-diastolic dimension, cm	Фракция выброса, % Ejection fraction, %	Относительная толщина стенки левого желудочка, см Left ventricular relative wall thickness, cm	Конечно-систолический объем, мл End-systolic volume, ml	Индекс массы миокарда, г/м ² Myocardial mass index, g/m ²	Диаметр аорты, см Aortic diameter, cm	Диаметр легочной артерии, см Pulmonary artery diameter, cm	Соотношение диаметров легоч. артерии и аорты Pulmonary artery to aorta ratio
	1,00	-0,30*	-0,28*	0,72*	0,44*	0,52*	0,51*	0,13
Фракция выброса, % Ejection fraction, %	-0,24	1,00	0,04	-0,70*	-0,13	-0,28*	-0,17	0,07
Относительная толщина стенки левого желудочка, см Left ventricular relative wall thickness, cm	-0,33	-0,06	1,00	-0,26*	0,39*	0,06*	0,15	0,11
Конечно-систолический объем, мл End-systolic volume, ml	0,90*	-0,60*	-0,30	1,00	0,47*	0,47*	0,38*	0,04
Индекс массы миокарда, г/м ² Myocardial mass index, g/m ²	0,58*	-0,13	0,28	0,49*	1,00	0,25*	0,44*	0,19
Диаметр аорты, см Aortic diameter, cm	0,46*	0,05	-0,20	0,36	-0,07	1,00	0,53*	-0,01
Диаметр легочной артерии, см Pulmonary artery diameter, cm	0,48*	0,19	0,30	0,29	0,53*	0,32	1,00	0,54*
Соотношение диаметров легочной артерии и аорты Pulmonary artery to aorta ratio	0,16	0,10	0,30	0,27	0,53*	-0,02	0,52*	1,00

Примечание. * – статистически значимые различия по критерию Спирмана при $p \leq 0,05$.
Note. * – differences are significant at $p \leq 0,05$ (Spearman).

соответственно). В 13 лет появляется большее количество связей с показателями стресс-индекса («SI») в ответ на ортостаз. Возникают статистически значимые корреляционные связи этого показателя с внутренним диаметром аорты ($R = 0,50$), диаметром восходящей части аорты ($R = 0,53$), конечно-диастолическим размером ($R = 0,52$), конечно-систолическим объемом ($R = 0,45$) и размером правого предсердия ($R = 0,44$).

В 12 и 13 лет тип вегетативной регуляции не имеет корреляционных связей ни с одним из показателей морфологических и функциональных характеристик сердца.

Обсуждение. Выявлено значимое увеличение массы тела на 17,6 %, длины – на 4,6 %, индекса массы тела – на 8,2 % в 13 лет относительно возраста 12 лет. Интенсивные изменения параметров тела 13-летних игроков происходят за счет увеличения мышечной массы на 23 % и костной массы на 18,3 %.

Вследствие значительных изменений параметров физического развития хоккеистов 13 лет происходит морфологическая перестройка сердечно-сосудистой системы. Изменения пропорциональности тела, которую характеризует показатель индекса массы тела, обуславливают динамику роста как правых, так и левых отделов сердца. Развитие сердечных камер в совокупности с межжелудочковой перегородкой происходит равномерно, о чем косвенно свидетельствует наличие статистически значимых корреляционных связей между этими параметрами у хоккеистов 12 и 13 лет. Данный факт свидетельствует о завершении морфологической перестройки сердца к концу периода второго детства. В 13 лет – в начале подросткового периода – количество и сила корреляционных связей уменьшается. Это факт можно объяснить становлением интра- и экстракардиальных нейро-миогенных механизмов регуляции под воздействием специфических физических нагрузок.

Факт наличия значительного количества статистически значимых корреляционных связей малой силы между функциональными характеристиками сердца и морфологическими параметрами проксимальных отделов магистральных сосудов косвенно свидетельствует о согласованности параметров внутрисердечной гемодинамики. В 13 лет описанные взаимоотношения становятся менее значимыми, что можно объяснить начавшейся активной гормональной перестройкой пубертатного периода онтогенеза.

Оценивая взаимоотношения морфологических и функциональных характеристик развития сердца с параметрами регуляции его деятельности, выявили незначительную степень влияния, что свидетельствует о незавершенности механизмов вегетативной регуляции у хоккеистов в 12 и 13 лет. Объем фракции выброса крови косвенно может быть определен функциональным состоянием системы вегетативной регуляции. Также выявлен интересный факт возможной зависимости объемных характеристик преднагрузки в работе сердца от эмоциогенного фактора у хоккеистов 12 лет.

В 13 лет изменяются взаимоотношения между функциональными характеристиками сердца и морфологическими параметрами магистральных сосудов – появление большого количества слабых связей между показателем функционального состояния вегетативной регуляции и диаметрами аорты, конечно-диастолическим размером и конечно-систолическим объемом левого желудочка и размером правого предсердия косвенно свидетельствует о согласованности гемодинамики между сердцем и проксимальными отделами магистральных сосудов системы кровообращения, а следовательно, в этом возрасте на регуляцию работы миокарда оказывают влияние факторы специфики физических нагрузок и /или спортивного отбора [15]. Тип вегетативной регуляции не имеет значимого вклада в морфофункциональные характеристики сердца, что в совокупности требует дальнейшего исследования.

Заключение. Таким образом, к концу периода второго детства у хоккеистов происходит завершение очередного этапа морфологической перестройки сердца, обусловленное увеличением мышечной массы тела и сопровождающееся согласованностью морфологических и функциональных показателей внутрисердечной гемодинамики. В 13 лет, с продолжающимися интенсивными изменениями мышечного компонента тела, акцент смещается на становление нейро-миогенных механизмов регуляции. Морфологическое соответствие структур сердца параметрам внутрисердечной гемодинамики при этом снижается. Становление механизмов регуляции сократительной функции сердца у хоккеистов 12 и 13 лет еще не завершено. Однако в 13 лет, по видимому, улучшается сопряженность гемодинамической функции сердца и величины диаметров проксимальных отделов кругов кровообращения.

Список литературы

1. Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 220 с.
2. Бань, А.С. Вариабельность ритма сердца профессиональных спортсменов игровых видов спорта / А.С. Бань, В.К. Гонестова // Мед. журнал. – 2010. – Т. 33, № 3. – С. 39–43.
3. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. – М.: Практика, 1999. – 459 с.
4. Дерябин, В.Е. Биоимпедансное изучение состава тела в норме и патологии пищеварительной системы / В.Е. Дерябин, А.Б. Петухов. – М., 2004. – Рук., деп. в ВИНТИ No 754-B2004. – 128 с.
5. Налобина, А.Н. Влияние состояния сводов стопы на физическую и техническую подготовленность юных хоккеистов / А.Н. Налобина, Д.С. Руссу // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». – 2023. – № 4 (52). – С. 104–111. DOI 10.25688/2076-9091.2023.52.4.08
6. Сурина-Марышева, Е.Ф. Индивидуально-типологический подход в анализе и вариабельности сердечного ритма хоккеистов 7–16 лет / Е.Ф. Сурина-Марышева, А.А. Епишев, Е.Н. Ермолаева // Человек. Спорт. Медицина. – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 70–79.
7. Узунова, А.Н. Основные закономерности физического развития детей: в помощь практическому врачу / А.Н. Узунова, М.Л. Зайцева. – Челябинск: Пирс, 2015. – 250 с.
8. Шлык, Н.И. Оценка качества тренировочного процесса у лыжников-гонщиков и биатлонистов по результатам ежедневных обследований вариабельности сердечного ритма / Н.И. Шлык, Е.С. Лебедев, О.С. Вершинина // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 92–105.
9. Эхокардиографический скрининг детей и подростков при допуске к занятиям спортом / А.С. Шарыкин, П.А. Субботин, В.И. Павлов и др. // Рос. вестник перинатологии и педиатрии. – 2016. – Т. 61, № 1. – С. 71–79.
10. Anthropometric indicators in physical development of children and adolescent hockey players in relation to a player position / E.F. Surina-Marysheva, V. Erlikh, Y. Korablyova et al. // Gazzeta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche. – 2018. – Vol. 177, no. 3. – P. 22–29.
11. Intersocietal Accreditation Commission. IAC Standards and Guidelines for Adult Echocardiography Accreditation. – <https://www.intersocietal.org/echo/standards/IACAdultEchocardiographyStandards2021.pdf> (дата обращения: 25.06.2021).
12. Lawless, C.E. Sports and exercise cardiology in the United States. Cardiovascular specialists as members of the Athlete Healthcare Team / C.E. Lawless, B. Olshansk, R.L. Washington // J Am Coll Card. – 2014. – Vol. 63, no. 15. – P. 1461–1472.
13. Physical development of hockey players aged 13–16 years // E.F. Surina-Marysheva, V.V. Erlikh, Y.B. Korablyova, E.N. Ermolaeva // Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports. – 2018. – No. 2. – P. 107–113.
14. Regression equations for calculation of z scores of cardiac structures in a large cohort of healthy infants, children, and adolescents: an echocardiographic study / M.D. Pettersen, W. Du, M.E. Skeens, R.A. Humes // J. Am. Soc. Echocardiography. – 2008. – Vol. 2. – P. 922–934.
15. RMSSD Is More Sensitive to Artifacts Than Frequency Domain Parameters: Implication in Athletes' Monitoring / N. Bourdillon, S. Yazdani, J.-M. Vesin et al. // Journal of Sports Science and Medicine. – 2022. – Vol. 21. – P. 260–266.
16. Schmitt, L. Eleven years' monitoring of the world's most successful male biathlete of the last decade / L. Schmitt, S. Bouthiaux, G.P. Millet // Int J Sports Physiol. Perform. – 2020. – Vol. 16, iss. 6. – P. 900–905.
17. Systematic review and meta-analysis of training mode, imaging modality and body size influences on the morphology and function of the male athlete's heart / V. Utomi, D. Oxborough, G. Whyte, J. Somauroo // Heart. – 2013. – Vol. 99, no. 23. – P. 1727–1733.

References

1. Bayevskiy R.M., Kirillov O.I., Kletskin S.Z. *Matematicheskiy analiz izmeneniy serdechnogo ritma pri stresse* [Mathematical Analysis of Changes in Heart Rate Under Stress]. Moscow, Science Publ., 1984. 220 p.
2. Ban' A.S., Gonestova V.K. [Heart Rate Variability of Professional Athletes in Game Sports]. *Meditsinskiy zhurnal* [Medical Journal], 2010, vol. 33, no. 3, pp. 39–43. (in Russ.)

3. Glants S. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Medical and Biological Statistics]. Moscow, Practice Publ., 1999. 459 p.
4. Deryabin V.E., Petukhov A.B. *Bioimpedansnoye izucheniye sostava tela v norme i patologii pishchevaritel'noy sistemy* [Bioimpedance Study of Body Composition in Normal Conditions and Pathologies of the Digestive System]. Moscow, VINITI Publ., 2004. 128 p.
5. Nalobina A.N., Russu D.S. [The Influence of the Condition of the Arches of the Feet on the Physical and Technical Preparedness of Young Hockey Players]. *Vestnik MGPU. Ser. Estestvennyye nauki* [Bulletin of MSPU. Ser. Natural Sciences], 2023, no. 4 (52), pp. 104–111. DOI: 10.25688/2076-9091.2023.52.4.08
6. Surina-Marysheva E.F., Episheva A.A., Ermolayeva E.N. An Individual Typological Approach to the Analysis and Variability of the Heart Rate of Hockey Players Aged 7–16 Years. *Human. Sport. Medicine*, 2022, vol. 22, no. 3, pp. 70–79. (in Russ.)
7. Uzunova A.N., Zaytseva M.L. *Osnovnyye zakonomernosti fizicheskogo razvitiya detey: v pomoshch' prakticheskomu vrachu* [Basic Patterns of Physical Development of Children. To Help the Practical Doctor]. Chelyabinsk, Pirs Publ., 2015. 250 p.
8. Shlyk N.I., Lebedev E.S., Vershinina O.S. [Assessing the Quality of the Training Process in Cross-country Skiers and Biathletes Based on the Results of Daily Examinations of Heart Rate Variability]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport. Modern Trends], 2019, vol. 7, no. 2, pp. 92–105. (in Russ.)
9. Sharykin A.S., Subbotin P.A., Pavlov V.I. et al. [Echocardiographic Screening of Children and Adolescents for Admission to Sports]. *Rossiyskiy vestnik perinatologi i pediatrii* [Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics], 2016, vol. 61, no. 1, pp. 71–79. (in Russ.) DOI: 10.21508/1027-4065-2016-61-1-71-79
10. Surina-Marysheva E.F., Erlikh V., Korablyova Y. et al. Anthropometric Indicators in Physical Development of Children and Adolescent Hockey Players in Relation to a Player Position. *Gazzeta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*, 2018, vol. 177, no. 3, pp. 22–29. DOI: 10.23736/S0393-3660.17.03714-7
11. *Intersocietal Accreditation Commission. IAC Standards and Guidelines for Adult Echocardiography Accreditation*. Available at: <https://www.intersocietal.org/echo/standards/IACAdultEchocardiographyStandards2021.pdf> (accessed 25.06.2021).
12. Lawless C.E., Olshansk B., Washington R.L. Sports and Exercise Cardiology in the United States. Cardiovascular Specialists as Members of the Athlete Healthcare Team. *Journal American Coll. Cardiology*, 2014, vol. 63, no. 15, pp. 1461–1472. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.12.033
13. Surina-Marysheva E.F., Erlikh V.V., Korableva Yu.B., Ermolaeva E.N. Physical Development of Hockey Players Aged 13–16 Years. *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports*, 2018, no. 2, pp. 107–113. DOI: 10.15561/18189172.2018.0207
14. Pettersen M.D., Du W., Skeens M.E., Humes R.A. Regression Equations for Calculation of z Scores of Cardiac Structures in a Large Cohort of Healthy Infants, Children, and Adolescents: an Echocardiographic Study. *Journal American Soc. Echocardiography*, 2008, vol. 2, pp. 922–934. DOI: 10.1016/j.echo.2008.02.006
15. Bourdillon N., Yazdani S., Vesin J.M. et al. RMSSD Is More Sensitive to Artifacts Than Frequency Domain Parameters: Implication in Athletes' Monitoring. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2022, vol. 21, pp. 260–266. DOI: 10.52082/jssm.2022.260
16. Schmitt L., Bouthiaux S., Millet G.P. Eleven Years' Monitoring of the World's Most Successful Male Biathlete of the Last Decade. *International Journal Sports Physiology Perform*, 2020, vol. 16, iss. 6, pp. 900–905. DOI: 10.1123/ijssp.2020-0148
17. Utomi V., Oxborough D., Whyte G., Somauroo J. Systematic Review and Meta-analysis of Training Mode, Imaging Modality and Body Size Influences on the Morphology and Function of the Male Athlete's Heart. *Heart*, 2013, vol. 99, no. 23, pp. 1727–1733. DOI: 10.1136/heartjnl-2012-303465

Информация об авторах

Сурина-Марышева Елена Федоровна, кандидат биологических наук, доцент, научный сотрудник Научно-исследовательского центра спортивной науки, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

Ермолаева Елена Николаевна, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры нормальной физиологии имени академика Ю.М. Захарова, Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия.

Номеровская Татьяна Александровна, главный врач, Челябинский областной врачебно-физкультурный диспансер, Челябинск, Россия.

Власов Андрей Евгеньевич, кандидат педагогических наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия.

Information about the authors

Elena F. Surina-Marysheva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Researcher at the Research Center for Sports Science, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.

Elena N. Ermolaeva, Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Normal Physiology named after Academician Yu.M. Zakharov, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia.

Tatyana A. Nomerovskaya, Chief Physician, Chelyabinsk Regional Medical and Physical Education Dispensary, Chelyabinsk, Russia.

Andrey E. Vlasov, Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russia.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 22.11.2023

The article was submitted 22.11.2023