

ВОЗРАСТНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СЕРДЦА У ФУТБОЛИСТОВ 14–15 ЛЕТ

Е.Ф. Сурина-Марышева¹, surina-marysheva2015@yandex.ru,

<http://orcid.org/0000-0001-7770-4338>

Е.Н. Ермолаева², ermen33@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 Научно-исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

Аннотация. Цель: определить особенности формирования сердца и становление механизмов регуляции у футболистов 14–15 лет в зависимости от возраста. **Материалы и методы.** В исследовании участвовали 34 футболиста 14 (n = 15) и 15 лет (n = 18). Применили: стандартные антропометрические методы, эхокардиографию и анализ variability сердечного ритма (ВСР). Проведен корреляционный анализ связей между антропометрическими показателями, анатомо-физиологическими характеристиками сердца и поперечным сечением магистральных кровеносных сосудов. **Результаты.** Зарегистрированы корреляционные связи индекса массы тела и длины с массой миокарда левого желудочка и объемом правого предсердия у футболистов независимо от возраста. В 14 лет большинство корреляционных связей росто-весовых характеристик зафиксированы с параметрами левых отделов сердца, в 15 лет – правых. В 14 и 15 лет выявлены наиболее значимые взаимосвязи между массой миокарда левого желудочка и диаметром аорты, базальным размером правого желудочка и диаметром легочной артерии. Корреляционные матрицы связей между параметрами эхокардиографии и ВСР в зависимости от возраста различны. **Заключение.** Независимо от возраста на фоне изменений антропометрического профиля у футболистов 14–15 лет перестраивается работа системы кровообращения. В 14 лет морфофункциональная система сердца и центральных механизмов гемодинамики обладает меньшей степенью вариативности с ведущей ролью правых отделов сердца. В 15 лет работа камер сердца становится более согласованной. В 14 лет наблюдается напряжение в регуляции работы сердца и магистральных сосудов сердца.

Ключевые слова: морфология сердца, вегетативная регуляция, физическое развитие, футболисты 14–15 лет

Для цитирования: Возрастные аспекты развития сердца у футболистов 14–15 лет / Е.Ф. Сурина-Марышева, Е.Н. Ермолаева, Т.А. Номеровская, А.Е. Власов // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № 2. С. 62–70. DOI: 10.14529/hsm250207

Original article
DOI: 10.14529/hsm250207

AGE-RELATED ASPECTS OF HEART DEVELOPMENT IN FOOTBALL PLAYERS AGED 14–15 YEARS

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

E.N. Ermolaeva², ermen33@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-0309-5802>

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

A.E. Vlasov⁴, andrewvlasov@mail.ru, <http://orcid.org/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 Higher School of Economics Research University, Moscow, Russia

Abstract. Aim. To investigate age-dependent cardiac structural development and autonomic regulation in adolescent football players aged 14–15 years. **Material and methods.** A study of 33 football players aged 14 (n = 15) and 15 (n = 18) was conducted using standardized anthropometry, echocardiography, and heart rate variability (HRV) analysis. Correlation analysis was used to assess relationships between anthropometric, cardiac morphofunctional, and autonomic parameters. **Results.** Body mass index and height correlated with left ventricular myocardial mass and right atrial volume across both age groups. In 14-year-olds, dominant associations were observed between somatic growth (height/weight) and left-sided cardiac parameters. In 15-year-olds, stronger correlations were found with right-sided structures. Strongest correlations were observed between left ventricular myocardial mass and aortic diameter, as well as basal right ventricular diameter and pulmonary artery diameter, with consistent patterns across both age cohorts. Correlation matrices revealed distinct age-dependent relationships between echocardiographic parameters and HRV indices. **Conclusion.** Independent of age, football players aged 14–15 years exhibit significant circulatory system adaptations concurrent with anthropometric changes. In 14-year-olds, hemodynamic variability in cardiac morphofunctional systems was reduced, with right-sided cardiac dominance. By age 15, ventricular coordination becomes more synchronized. Notable, 14-year-olds demonstrate cardiovascular regulatory strain, particularly in myocardial and major vessel function.

Keywords: cardiac morphology, autonomic nervous system, physical development, adolescent football players

For citation: Surina-Marysheva E.F., Ermolaeva E.N., Nomerovskaya T.A., Vlasov A.E. Age-related aspects of heart development in football players aged 14–15 years. *Human. Sport. Medicine.* 2025;25(2):62–70. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm250207

Введение. Общебиологические закономерности адаптации к воздействию экзогенных факторов среды, в том числе физическим нагрузкам, формируются путем структурно-функциональных перестроек в ведущих системах организма, непосредственно обеспечивающих выполнение мышечной деятельности [11]. Эффективность адаптационных перестроек зависит от многих факторов – вида нагрузок, их объема и интенсивности, а также возраста [4, 10, 13]. Помимо опорно-двигательного аппарата ведущее значение в приспособлении к специфической мышечной деятельности имеет кардиореспираторная система. Сердце и сосуды спортсменов подвергаются адаптационным изменениям, происходит переход на новый уровень функцио-

нирования сердечно-сосудистой системы, что вызывает ремоделирование камер сердца. Этот факт находится под тщательным анализом спортивных врачей [7, 8]. Одной из биологических закономерностей онтогенеза является гетерохронность в развитии систем организма. Возраст 14–15 лет характеризуется как период «вытягивания», в котором годовая прибавка длины тела составляет 6–8 см и более. Высокие темпы изменений в антропометрическом профиле на фоне систематических воздействий специфических физических нагрузок у футболистов должны отразиться на процессах ремоделирования сердца и сосудов [12, 14]. Таким образом, актуальной задачей спортивной физиологии является выявление специфичности коммуникаций анатомо-функ-

циональных характеристик сердца и крупных сосудов, а также механизмов регуляции отделов вегетативной нервной системы у подростков 14–15 лет, занимающихся футболом, в зависимости от возраста и параметров физического развития.

Цель исследования: определить особенности формирования сердца и становление механизмов регуляции у футболистов 14–15 лет в зависимости от возраста.

Материалы и методы. Проспективное поперечное исследование проведено для решения задач 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. на базе 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 34 подростка областной спортивной школы по футболу (Челябинск), из них 14-летних – 15 человек и 15-летних – 18 человек.

Антропометрические исследования. Длину и массу тела определяли стандартными методами, по формуле рассчитывали индекс массы тела – «ИМТ» [5]. Для стандартизации показателей исследования проводили утром натощак [3]. Состав массы тела оценивался по содержанию мышечной, жировой и костной составляющих [4].

Эхокардиография. Исследования проводились на лицензированном эхокардиографе Samsung MySono U6, производство Южная Корея, согласно Международному стандартному протоколу [9].

Вариабельность сердечного ритма (BCP). Кардиоритмограмма регистрировалась посредством компьютерного электрокардиографа «ВНС-МИКРО» с программным обеспечением «ПолиСпектр» (Россия. Нейрософт). При анализе BCP использовали общепризнанные методы с учетом методики экспресс-анализа вегетативной регуляции Н.И. Шлык [1, 6].

Статистическая обработка результатов. Использовали программу Statistica 10.0, методы вариационной статистики. Для оценки достоверности различий непараметрических результатов исследования применяли крите-

рий Манна – Уитни, для выявления корреляционных взаимосвязей при ненормальном распределении исходных данных – ранговый критерий Спирмена [2].

Результаты. Оценивая морфологические характеристики футболистов 14–15 лет, выявили, что с возрастом увеличивается длина тела (14 лет – $170,93 \pm 0,09$; 15 лет – $174,81 \pm 1,99$ см, $p \leq 0,05$), что связано с закономерностью «периода вытягивания». По остальным параметрам – масса тела (14 лет – $58,35 \pm 2,15$; 15 лет – $60,09 \pm 2,17$ кг), содержание мышечной (14 лет – $26,83 \pm 1,35$; 15 лет – $26,35 \pm 1,26$ кг), жировой (14 лет – $6,05 \pm 0,25$; 15 лет – $5,86 \pm 0,30$ кг), костной массы (14 лет – $14,55 \pm 0,61$; 15 лет – $14,06 \pm 0,57$ кг) и индекс массы тела (14 лет – $19,88 \pm 0,44$; 15 лет – $19,19 \pm 0,39$) – не выявлено статистически значимых изменений ($p \leq 0,05$).

Корреляционные взаимосвязи между возрастными показателями тела и сердца у футболистов 14 и 15 лет представлены в табл. 1. Независимо от возраста длина и индекс массы тела связаны с массой миокарда ЛЖ и объемом ПП (14 лет – длина тела $R = 0,60$, $R = 0,51$, индекс массы тела $R = 0,75$, $R = 0,54$; 15 лет – длина тела $R = 0,64$, $R = 0,58$, индекс массы тела $R = 0,75$, $R = 0,51$ соответственно). В 14 лет длина тела имеет корреляционные взаимосвязи с базальным размером ПЖ ($R = 0,67$), конечно-систолическим и конечно-диастолическим размерами ЛЖ ($R = 0,80$, $R = 0,76$ соответственно). Выявлены корреляционные связи между индексом массы тела и толщиной как межжелудочковой перегородки ($R = 0,57$), так и задней стенки ЛЖ ($R = 0,67$). В 15 лет зарегистрированы корреляционные связи между длиной и индексом массы тела и базальным размером ПЖ ($R = 0,50$, $R = 0,54$ соответственно), толщиной задней стенки ЛЖ ($R = 0,61$, $R = 0,69$) и объемами предсердий (левого предсердия – $R = 0,69$, $R = 0,66$, правого – $R = 0,58$, $R = 0,51$). Оценивая наиболее значимые корреляционные взаимосвязи между морфологическими характеристиками сердца, зарегистрировали: в 14 лет – объем ПП и толщины межжелудочковой перегородки, базальным размером ПП и параметрами ЛЖ: конечно-диастолическим размером, конечно-систолическим размером, массой миокарда ЛЖ, толщиной задней стенки ЛЖ ($R = 0,79$, $R = 0,56$, $R = 0,67$, $R = 0,58$, $R = 0,50$, $R = 0,58$ соответственно); в 15 лет – объем ЛП и массой миокарда ЛЖ, толщиной задней стенки ЛЖ, конечно-диастолическим размером, ко-

нечно-систолическим размером ($R = 0,81$, $R = 0,61$, $R = 0,76$, $R = 0,61$ соответственно).

Зарегистрировано значительное число статистически значимых корреляционных связей ($p \leq 0,05$) между параметрами внутрисердечной морфологии и поперечным сечением крупных сосудов: аорты и легочной артерии (табл. 2). И в 14, и в 15 лет зарегистрированы наиболее значимые корреляционные взаимосвязи между массой миокарда ЛЖ и диаметром аорты ($R = 0,81$, $R = 0,70$), базальным размером ПЖ и диаметром легочной артерии ($R = 0,78$, $R = 0,86$ соответственно). В 14 лет – конечно-диастолический размер ЛЖ с поперечным сечением легочного ствола ($R = 0,77$).

В 14 лет мощность влияния очень низкочастотных волн – VLF, mc^2 (центрально-эрготоропный механизм регуляции работы сердца) – связана с диаметром восходящей части аорты и передне-задним размером ЛП ($R = -0,56$ и $R = 0,71$ соответственно); MxDMn (вариационный размах кардиоинтервалов) – с внутренним диаметром аорты ($R = -0,61$), размерами и объемом ЛП ($R = 0,51$ и $R = 0,69$ соответственно), конечно-систолическим размером ЛЖ ($R = -0,58$). «Стресс-индекс» имеет корреляционные связи с внутренним диаметром аорты ($R = 0,71$), размерами ЛП и ПП ($R = -0,76$ и $R = 0,64$ соответственно), массой миокарда ЛЖ ($R = 0,63$) и толщиной задней стенки ЛЖ ($R = 0,70$). Выявлены корреляционные связи показателей стресс-индекса («SI») в ответ на ортостатическую нагрузку с соотношением диаметров легочной артерии и аорты и поперечным сечением легочного ствола ($R = 0,61$ и $R = 0,59$ соответственно). Выявлены отрицательные корреляционные связи «K30:15» – индекса, отображающего реактивность вагусной части вегетативной нервной системы в ответ на ортостаз с поперечным сечением восходящей части аорты ($R = -0,54$) и толщиной межжелудочковой перегородки ($R = -0,62$). В 15 лет «K30:15» зарегистрированы корреляционные взаимосвязи с соотношением диаметров легочной артерии и аорты ($R = 0,71$). Зарегистрированы отрицательные корреляционные связи ЧСС покоя с массой миокарда ЛЖ ($R = -0,62$) и индексом массы миокарда ($R = -0,53$).

Обсуждение. В 14–15 лет изменения тела независимо от возраста сопровождаются синхронным увеличением массы миокарда левого желудочка и объемных размеров правых отделов сердца. В 14 лет более «жесткая» мор-

фофункциональная система периода «ростового скачка» обуславливает наличие связи длины и индекса массы тела с размерами и толщиной левого желудочка. В 14 лет на фоне «ростового скачка» возрастает внутрисистемная «жесткость» работы правых отделов сердца, о чем свидетельствует наличие большого числа корреляционных взаимосвязей и, соответственно, уменьшение степеней свободы системы. В 15 лет с увеличением длины тела происходит соразмерная аналогичная по направлению динамика изменений объемов предсердий сердца. Внутрисистемные морфофункциональные отношения изменяются, повышается роль левых отделов сердца. Наиболее интересна картина соответствия работы магистральных сосудов и морфофункциональных параметров сердца.

Независимо от возраста диаметр аорты изменяется в соответствии с массой миокарда левого желудочка, а легочной артерии – с размерами правого желудочка, что позволяет сохранять объемные параметры кровотока в обоих кругах кровообращения. В 15 лет наблюдается более согласованная работа правых отделов сердца, о чем свидетельствует наличие корреляционной связи между базальным размером ПЖ и диаметром легочной артерии. В 14 лет наблюдаем очень «жесткую» систему регуляции работы левых отделов сердца и аорты, что подтверждается наличием большого числа статистически значимых корреляционных связей. На регуляцию работы левых отделов сердца и размер диаметров аорты оказывает влияние функциональное состояние синусового узла (связи с показателем вариационного размаха – MxDMn). Централизация в регуляции сердечно-сосудистой системы приводит к напряжению функционирования левых отделов сердца и объемных параметров выхода крови в большой круг кровообращения. Напряжение в регуляции работы сердца по параметрам «стресс-индекса» и «K30:15» (коэффициент реактивности парасимпатического отдела ВНС в ответ на ортостаз), по-видимому, является триггерным фактором увеличения размеров камер сердца и устьев крупных сосудов. С возрастом (15 лет) повышается эффективность функционирования сердца за счет снижения напряжения в его работе. Этот факт находит подтверждение наличием статистически значимой корреляционной взаимосвязи между массой миокарда ЛЖ и частотой сердечных сокращений.

Таблица 1
Table 1

Корреляционная матрица связей между морфологическими параметрами тела и сердца футболистов 14 и 15 лет
Correlation matrix of body morphology and cardiac parameters in 14- and 15-year-old football players

15 лет/years	14 лет/years	Длина тела, см Body length, cm	Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index, kg/cm ²	Объем левого предсердия, мл Left atrial volume, ml	Конечно-сistol. размер, см Left ventricular systolic diameter, cm	Масса миокарда левого желудочка, г Left ventricular myocardial mass, g	Толщина межжелуд. перегородки, см Interventricular septum thickness, cm	Толщина задней стенки левого желудочка, см Left ventricular posterior wall thickness, cm	Базальный размер правого желудочка, см Right ventricular basal diameter, cm	Объем правого предсердия, мл Right atrial volume, ml
Длина тела, см Body length, cm	R = 1,00		R = 0,55*	R = 0,69*	R = 0,44	R = 0,64*	R = 0,14	R = 0,61*	R = 0,50*	R = 0,58*
Индекс массы тела, кг/м ² Body mass index, kg/cm ²	R = 0,33			R = 0,66*	R = 0,24	R = 0,75*	R = 0,31	R = 0,69*	R = 0,54*	R = 0,51*
Объем левого предсердия, мл Left atrial volume, ml	R = 0,06		R = 0,04		R = 0,61*	R = 0,81*	R = -0,11	R = 0,61*	R = 0,31	R = 0,42
Конечно-систолический размер, см End-systolic diameter, cm	R = 0,76*		R = 0,55*	R = -0,04		R = 0,42	R = 0,14	R = -0,04	R = 0,16	R = 0,30
Масса миокарда левого желудочка, г Left ventricular myocardial mass, g	R = 0,60*		R = 0,75*	R = -0,08	R = 0,83*		R = -0,01	R = 0,82*	R = 0,49	R = 0,51*
Толщина межжелудочковой перегородки, см Interventricular septum thickness, cm	R = 0,32		R = 0,57*	R = 0,04	R = 0,41	R = 0,78*		R = -0,05	R = 0,30	R = 0,08
Толщина задней стенки левого желудочка, см Left ventricular posterior wall thickness, cm	R = 0,08		R = 0,67*	R = -0,15	R = 0,47	R = 0,75*	R = 0,75*	R = 1,00	R = 0,50*	R = 0,39
Базальный размер правого желудочка, см Right ventricular basal diameter, cm	R = 0,67*		R = 0,28	R = -0,37	R = 0,50*	R = 0,59*	R = 0,46	R = 0,29	R = 1,00	R = 0,82*
Объем правого предсердия, мл Right atrial volume, ml	R = 0,51*		R = 0,54*	R = -0,14	R = 0,58*	R = 0,79*	R = 0,50*	R = 0,58*	R = 0,56*	R = 1,00

Примечание. Здесь и в табл. 2 * – статистически значимые различия по критерию Спирмана при $p \leq 0,05$.
Note. Here and in the tabl. 2 * – statistically significant differences (Spearman's rank test, $p < 0,05$).

Таблица 2
Table 2

Корреляционная матрица связей между морфологическими характеристиками сердца и магистральных сосудов
Correlation matrix of cardiac morphology and major vessel dimensions

15 лет/years	Диаметр аорты, см Aortic diameter, cm	Диаметр легочной артерии, см Pulmonary artery diameter, cm	Соотношение диаметров аорты и легочной артерии Pulmonary artery-to-aorta diameter ratio	Объем левого предсердия, мл Left atrial volume	Конечно-диастолический размер, см End-diastolic diameter, cm	Масса миокарда левого желудочка, г Left ventricular myocardial mass, g	Базальный размер правого желудочка, см Right ventricular basal diameter, cm
14 лет/years	R = 1,00	R = 0,47	R = -0,09	R = 0,62*	R = 0,44	R = 0,70*	R = 0,28
Диаметр аорты, см Aortic diameter, cm		R = 1,00	R = 0,83*	R = 0,60*	R = 0,47	R = 0,63*	R = 0,86*
Диаметр легочной артерии, см Pulmonary artery diameter, cm	R = 0,42		R = 1,00	R = 0,29	R = 0,25	R = 0,27	R = 0,80*
Соотношение диаметров легочной артерии и аорты Pulmonary artery-to-aorta diameter ratio	R = -0,02	R = 0,9*		R = 1,00	R = 0,76*	R = 0,81*	R = 0,31
Объем левого предсердия Left atrial volume	R = -0,17	R = 0,05	R = 0,11		R = 1,00	R = 0,68*	R = 0,30
Конечно-диастолический размер, см End-diastolic diameter, cm	R = 0,52*	R = 0,77*	R = 0,59*	R = -0,08		R = 1,00	R = 0,49
Масса миокарда левого желудочка, г Left ventricular myocardial mass, g	R = 0,81*	R = 0,66*	R = 0,34	R = -0,08	R = 0,76*		R = 1,00
Базальный размер правого желудочка, см Right ventricular basal diameter, cm	R = 0,39	R = 0,78*	R = 0,69*	R = -0,37	R = 0,63*	R = 0,59*	R = 1,00

Заключение. Таким образом, у футболистов 14–15 лет происходит изменение структуры, массы, объемных характеристик сердца и сосудов, что приводит к перестройке работы системы кровообращения. Независимо от возраста у футболистов согласованы изменения показателей антропометрического профиля и массы миокарда левого желудочка, а также объемных размеров правых отделов сердца. Наблюдается сопряженность работы желудочков и связанных с ними сосудов, приводя к согласованности гемодинамики в желудочках сердца и соответствующих им кругов кровообращения, что позволяет сохранять объемные параметры кровотока в обоих кругах кровообращения.

Существуют возрастные различия: относительно 15-летнего возраста в 14 лет морфофункциональная система сердца и централь-

ных механизмов гемодинамики обладает меньшей степенью вариативности с ведущей ролью правых отделов сердца. Эти изменения происходят на фоне интенсификации изменений параметров тела. В 15 лет ведущая роль в центральных механизмах работы системы кровообращения отводится левым отделам сердца при более согласованной работе правых предсердия и желудочка.

Напряжение морфофункциональной системы сердца и магистральных сосудов в 14 лет у футболистов обусловлено напряжением в функциональном состоянии сино-атриального узла, что влияет на работу левых отделов сердца и аорты. Это является триггерным фактором увеличения размеров камер сердца и диаметров магистральных сосудов. В 15 лет напряжение в регуляции работы сердца и магистральных сосудов снижается.

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. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. – М.: Практика, 1999. – 459 с.
3. Дерябин, В.Е. Биоимпедансное изучение состава тела в норме и патологии пищеварительной системы / В.Е. Дерябин, А.Б. Петухов. – М., 2004. – 128 с. – Деп. в ВИНТИ РАН 05.05.2004, № 754-B2004.
4. 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.
5. Узунова, А.Н. Основные закономерности физического развития детей: в помощь практическому врачу / А.Н. Узунова, М.Л. Зайцева. – Челябинск: Пирс, 2015. – 250 с.
6. 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.
7. 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.
8. Diagnostic cost-effectiveness of a two-stage cardiovascular evaluation program in young-adolescent athletes. Role of echocardiography / U. Idiazabal-Ayasa, F. Guía-Galipienso, R. Ramírez-Vélez et al. // Curr Probl Cardiol. – 2024. – Vol. 49, No. 9. – P. 102724.
9. Intersocietal Accreditation Commission. IAC Standards and Guidelines for Adult Echocardiography Accreditation. – <https://www.intersocietal.org/echo/standards/IACAdultEchocardiographyStandards2021.pdf> (accessed 25.06.2021).
10. 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.
11. 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.
12. Role of echocardiography on early diagnosis of atrial remodelling and fibrosis in elite athletes / A. Yıldırım, S.L. Tokgözoğlu, M. Yıldırım et al. // Int J Cardiovasc Imaging. – 2023. – Vol. 39, No. 7. – P. 1299–1306.

13. 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.

14. Usefulness of echocardiography in preparticipation screening of competitive athletes / G. Grazioli, B. Merino, S. Montserrat et al. // *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* – 2014. – Vol. 67, No. 9. – P. 701–705.

References

1. Baevsky R.M., Kirillov O.I., Kletsin 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. Glanz S. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Medical and Biological Statistics]. Moscow, Practice Publ., 1999. 459 p.

3. Deryabin V.E., Petukhov A.B. *Bioimpedansnoye izucheniye sostava tela v norme i patologii pishchevaritel'noy sistemy* [Bioimpedance Study of Body Composition in Norm and Pathology of the Digestive System]. Moscow, 2004. 128 p. Deposited in VINITI RAN 05.05.2004, No. 754-B2004.

4. Surina-Marysheva E.F., Ermolaeva E.N., Nomerovskaya T.A., Vlasov A.E. Formation of Mechanisms of Regulation and Morphological Development of the Heart in Hockey Players Aged 12–13 Years. *Human. Sport. Medicine*, 2024, vol. 24, no. S1, pp. 48–57. (in Russ.)

5. Uzunova A.N., Zaitseva M.L. *Osnovnyye zakonomernosti fizicheskogo razvitiya detey: v pomoshch' prakticheskomu vrachu* [Basic Patterns of Physical Development of Children. To Help a Practicing Physician]. Chelyabinsk, Pierce Publ., 2015. 250 p.

6. Shlyk N.I., Lebedev E.S., Vershinina O.S. [Evaluation of the Quality of the Training Process in Cross-country Skiers and Biathletes Based on the Results of Daily Heart Rate Variability Examinations]. *Nauka i sport: sovremennyye tendentsii* [Science and Sport. Modern Trends], 2019, vol. 7, no. 2, pp. 92–105. (in Russ.)

7. Sharykin A.S., Subbotin P.A., Pavlov V.I. et al. [Echocardiographic Screening of Children and Adolescents for Admission to Sports]. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii 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

8. Idiazabal-Ayesa U., Guía-Galipienso F., Ramírez-Vélez R. et al. Diagnostic Cost-effectiveness of a Two-stage Cardiovascular Evaluation Program in Young-adolescent Athletes. Role of Echocardiography. *Curr. Probl. Cardiol.*, 2024, vol. 49, no. 9, p. 102724. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2024.102724

9. *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).

10. Surina-Marysheva E.F., Erlikh V.V., Korablyova Y.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

11. 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

12. Yıldırım A., Tokgözoğlu S.L., Yıldırım M. et al. Role of Echocardiography on Early Diagnosis of Atrial Remodelling and Fibrosis in Elite Athletes. *International Journal Cardiovasc Imaging*, 2023, vol. 39, no. 7, pp. 1299–1306. DOI: 10.1007/s10554-023-02845-7

13. 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/ijsp.2020-0148

14. Grazioli G., Merino B., Montserrat S. et al. Usefulness of Echocardiography in Preparticipation Screening of Competitive Athletes. *Rev Esp Cardiology*, 2014, vol. 67, no. 9, pp. 701–705. DOI: 10.1016/j.rec.2013.11.023

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, Научно-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.

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

Andrey E. Vlasov, Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Higher School of Economics Research University, 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 conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 07.12.2024

The article was submitted 07.12.2024