

УДК 612.172:796.91

DOI: 10.37482/2687-1491-Z078

**ПОЛОВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЦА
У ЮНИОРОВ-КОНЬКОБЕЖЦЕВ**

В.Б. Ярышева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6713-6637>
Д.З. Шибкова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8583-6821>
П.А. Байгужин* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5092-0943>
В.В. Эрлих* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4416-1925>

*Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)
(г. Челябинск)

Прогноз успешности адаптивных изменений в организме юных спортсменов в ответ на воздействие тренировочных и соревновательных нагрузок базируется на комплексной оценке количественно-качественных показателей состояния критических систем организма, к которым в первую очередь относят сердечно-сосудистую систему. **Цель работы** – определить половозрастные показатели структурно-функциональных параметров сердца юных конькобежцев и выявить взаимосвязи, определяющие особенности их адаптации к конькобежному виду спорта. **Материалы и методы.** В обследовании на основе подписанного информированного согласия приняли участие 49 спортсменов обоего пола, имеющих квалификацию – первый взрослый разряд. Спортсмены были дифференцированы по полу и возрасту на четыре подгруппы: юноши 13–15 и 16–18 лет; девушки 13–15 и 16–18 лет. Осуществлялись запись электрокардиограммы и эхокардиографическое обследование в состоянии покоя в соответствии с протоколами процедур. **Результаты.** Скрининг внутрисистемных корреляционных взаимосвязей показателей контурного анализа электро- и эхокардиограмм установил, что для лиц, занимающихся конькобежным спортом, прогностическую значимость имеют: у девушек 13–15 лет – длина интервала QT, частота сердечных сокращений и значение угла α ; у юношей 13–15 лет – длительность предсердного возбуждения и диаметр легочной артерии; у девушек 16–18 лет – длительность кардиоцикла и фракция выброса; у юношей 16–18 лет – длительность предсердного возбуждения, имеющая четыре корреляционные связи с показателями эхокардиограммы. Выявленные половозрастные особенности структуры внутрисистемных взаимосвязей

Ответственный за переписку: Байгужин Павел Азифович, адрес: 454080, г. Челябинск, просп. Ленина, д. 76; e-mail: baiguzhinpa@susu.ru

Для цитирования: Ярышева В.Б., Шибкова Д.З., Байгужин П.А., Эрлих В.В. Половозрастные особенности взаимосвязей структурно-функциональных параметров сердца у юниоров-конькобежцев // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 4. С. 405–416. DOI: 10.37482/2687-1491-Z078

21 морфофункционального параметра сердечно-сосудистой системы определяются в первой возрастной группе (13–15 лет) полом спортсменов, во второй (16–18 лет) – полом и спортивной специализацией.

Ключевые слова: структурно-функциональные параметры сердца, юные конькобежцы, корреляционные взаимосвязи, половозрастные особенности, электрокардиограмма, эхокардиография.

Актуальным направлением в области современной возрастной и спортивной физиологии и медицины являются исследования различных аспектов адаптивных реакций организма юных спортсменов на интенсивные физические нагрузки в целях обеспечения медико-биологического сопровождения, выявления групп риска или разработки восстановительно-коррекционных мероприятий. Адекватность воздействий физических нагрузок на организм данных спортсменов, как правило, оценивают по объективным электрокардиографическим критериям состояния сердечно-сосудистой системы [1–4]. Функциональные изменения параметров сердца у юных спортсменов проявляются нарушением ритма в виде синусовой брадикардии [5], миграцией водителя ритма, аномалиями проводимости, чаще в виде неполной блокады правой ножки пучка Гиса. Описанные нарушения выявляются у 60 % юниоров [2]. Признаки блокады передней ветви левой ножки пучка Гиса у молодых спортсменов уровня высшего спортивного мастерства выявляются в единичных случаях [6]. В выборке спортсменов только мужского пола 16–18 лет различных видов спорта также были установлены неполная блокада правой ножки пучка Гиса, экстрасистолы, синдром ранней реполяризации, синоаурикулярная блокада, миграция водителя ритма, которые в анамнезе спортсменов не сопровождалась патологической симптоматикой [7]. В соответствии с современными рекомендациями, обнаруженные на электрокардиограмме (ЭКГ) особенности рассматриваются как вариант нормы для спортсменов и не требуют ограничения физических нагрузок или дополнительного обследования [8].

Определить вклад аритмии в нарушение состояния миокарда, а также подтвердить наличие или отсутствие органической патологии сердца позволяет метод эхокардиографии (ЭхоКГ). Так, у юных спортсменов, занимающихся различными видами спорта, частота врожденной структурной аномалии сердца по направляющим диагнозам составляла 17,5 %, после ЭхоКГ-верификации доля таких аномалий увеличилась до 54,1 %. Практически половине спортсменов были рекомендованы ограничения объема и интенсивности тренировок в связи с выявленными морфологическими и функциональными изменениями сердца [9]. При этом сам факт наличия врожденной аномалии сердца не является противопоказанием для занятий спортом, но указывает на необходимость дополнительного анализа гемодинамических нарушений, связанных с данной патологией [4].

Различия в адаптивных изменениях сердца и сосудов часто определяются спортивной специализацией юниоров. Показано [10], что у юных спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта (лыжники), более высокая степень адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам относительно лиц, занимающихся игровыми видами спорта (футболисты). Выявлены высокие значения размеров левого предсердия у юниоров с циклической физической нагрузкой, а в группе спортсменов с ациклической нагрузкой регистрировались высокие значения размеров левого желудочка [11].

Таким образом, практически все авторы отмечают как типичные, так и специфические по частоте и структуре изменения морфофунк-

ционального состояния сердца у спортсменов, которые зависят от возраста, пола и конкретной специализации юниоров, а также от интерпретации результатов диагностики.

На наш взгляд, анализ внутрисистемных структурно-функциональных взаимосвязей, определяющих направленность кардиоремоделирования, у спортсменов, специализирующихся в одном виде спорта, с дифференциацией группы по полу и возрасту является актуальным как для возрастной, так и для спортивной физиологии.

Цель исследования – определить половозрастные показатели структурно-функциональных параметров сердца юных конькобежцев и выявить взаимосвязи, определяющие особенности их адаптации к конькобежному виду спорта.

Материалы и методы. Методология исследования основана на выявлении и анализе корреляций между структурными и функциональными параметрами сердечно-сосудистой системы, характеризующими физиологический или патофизиологический тип адаптивных изменений. Исследование проводилось с соблюдением принципов Хельсинкской декларации Всемирной Медицинской Ассоциации (с изменениями 2013 года). В нем приняли участие 49 подростков, имеющих первый взрослый разряд, входящих в состав команды олимпийского резерва по конькобежному спорту, со спортивным стажем от 3 до 5 лет. Спортсмены были дифференцированы по полу и возрасту на четыре подгруппы: юноши 13–15 лет ($n = 13$) и 16–18 лет ($n = 9$); девушки 13–15 лет ($n = 18$) и 16–18 лет ($n = 9$). Обследование было проведено в подготовительный период тренировочного цикла на основе добровольного информированного согласия участников и договора на медико-биологическое обеспечение ведущих спортсменов Челябинской области.

Для анализа особенностей адаптации к конькобежному виду спорта проводили ЭКГ- и ЭхоКГ-исследование в состоянии покоя. Регистрацию ЭКГ в 12 стандартных отведениях

осуществляли в положении лежа (после 5-минутного отдыха) в течение 3 мин на аппарате Sensitec модели ECG 1003 (регистрационное удостоверение № ФС 2006/1578). ЭхоКГ записывали в положении лежа на левом боку и на спине, после 5-минутного отдыха на аппарате Mindray DC-6 с помощью микроконвексного датчика 2P2 с фазированной решеткой (регистрационное удостоверение № ФСЗ 2011/09623). Исследовали следующие показатели ЭКГ: длительность интервалов P, PQ, QRS, QT, QTc, RR, частоту сердечных сокращений (ЧСС) и угол α , а также параметры ЭхоКГ: конечный диастолический размер левого желудочка (КДР, см), конечный систолический размер левого желудочка (КСР, см), диаметр аорты (ДА, см), диаметр легочной артерии (ДЛА, см), массу миокарда (ММ, г) с последующим расчетом его индекса (ИММ, у. е.), относительную толщину стенки левого желудочка (ОТС, у. е.), показатель митрально-септальной сепарации (EPPS, мм), ударный объем (УО, мл), фракцию выброса (ФВ, %), размер левого предсердия (ЛП, см) и фракцию систолы (ФС, %), толщину межжелудочковой перегородки (ТМЖП, мм), толщину задней стенки левого желудочка (ТЗСЛЖ, мм), индекс конечного диастолического размера (ИКДР, у. е.).

Статистическую обработку данных проводили в статистическом пакете SPSS, v. 17. Результаты в таблицах представлены в виде медианы (*Me*) и 25–75-х перцентилей. Оценку степени нормальности распределения выборки значений исследуемых показателей осуществляли с помощью критерия Шапиро–Уилка, проверку статистической значимости полученных результатов для несвязанных выборок – с использованием непараметрического *U*-критерия Манна–Уитни. Взаимосвязи показателей ЭКГ и ЭхоКГ определяли при помощи корреляционного анализа с расчетом *r*-критерия Спирмена. На рисунках обозначены только статистически значимые взаимосвязи. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты. При анализе ЭКГ юных конькобежцев были получены усредненные данные для каждой половозрастной группы (табл. 1) и распределение показателей интервалов ЭКГ, ЧСС и угла α относительно референсных значений (табл. 2).

Сравнение медиан параметров ЭКГ выявило значимые половозрастные различия: между девушками 13–15 и 16–18 лет – по длительности интервала QT ($U = 29$ при $p < 0,007$), длительности кардиоцикла ($U = 41,5$ при $p = 0,041$) и ЧСС ($U = 31,5$ при $p = 0,011$); между юно-

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКГ ЮНЫХ КОНЬКОБЕЖЦЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА И ВОЗРАСТА, Ме (25–75%)
ECG PARAMETERS OF YOUNG SPEED SKATERS DEPENDING ON SEX AND AGE, Me (25–75 %)

Показатель	Юноши		Девушки	
	13–15 лет ($n = 13$)	16–18 лет ($n = 9$)	13–15 лет ($n = 18$)	16–18 лет ($n = 9$)
P, мс	88 (84–96)	93 (91–99)	88,5 (86,3–94,5)	90 (88–95)
PQ, мс	137 (131–141)	148 (134–165)	136 (125–146,8)	150 (123–160)
QRS, мс	92 (89–99)	96 (94–102)	90 (83,3–94)	92 (87–94)*
QT, мс	364 (349–372)	350 (333–361)	373 (357,3–386,8)	398 (392–408)*#
QTс, мс	394 (387–409)	379 (374–402)	397,5 (388,5–408)	397 (381–402)
RR, мс	800 (800–960)	800 (800–960)	920 (820–1045)	1000 (1000–1160)*#
ЧСС, уд./мин	71 (67–73)	70 (65–80)	65,5 (62,3–75)	57 (57–60)*#
Угол α , ...°	53 (22–57)	52 (45–57)	48 (41,3–56)	56 (46–60)

Примечание. Установлены статистически значимые различия ($p \leq 0,05$): * – внутри возрастной группы между юношами и девушками; # – между девушками сравниваемых возрастных групп (13–15 и 16–18 лет).

Таблица 2

ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ ВАРИАЦИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКГ У ЮНЫХ КОНЬКОБЕЖЦЕВ, %
FREQUENCY OF VARIATIONS IN ECG PARAMETERS OF YOUNG SPEED SKATERS, %

Показатель (референсные значения)	Девушки с показателем			Юноши с показателем		
	ниже нормы	норма	выше нормы	ниже нормы	норма	выше нормы
<i>Возрастная группа 13–15 лет</i>						
P (70–90 мс)	–	72,5	27,5	–	69,2	30,8
PQ (120–180 мс)	5,5	88,0	5,5	–	92,3	7,7
QRS (60–90 мс)	–	82,5	16,5	–	61,5	38,5
QT (260–390 мс)	–	78,0	22,0	–	92,3	7,7
ЧСС (65–90 уд./мин)	27,5	72,5	–	7,7	92,3	–
Угол α (50–90°)	50,0	50,0	–	46,2	53,8	–
<i>Возрастная группа 16–18 лет</i>						
P (70–90 мс)	–	66,7	33,3	–	66,7	33,3
PQ (120–180 мс)	22,2	77,8	–	–	100	–
QRS (60–90 мс)	–	55,5	44,5	–	33,3	66,7
QT (260–390 мс)	–	55,5	44,5	–	100	–
ЧСС (65–90 уд./мин)	88,9	11,1	–	22,2	66,7	11,1
Угол α (50–90°)	33,3	66,7	–	33,3	66,7	–

шами и девушками внутри возрастной группы 16–18 лет – по длительности QRS ($U = 17,5$ при $p = 0,042$), QT ($U = 0,5$ при $p < 0,001$), длительности кардиоцикла ($U = 12,5$ при $p = 0,012$) и ЧСС ($U = 4$ при $p = 0,001$).

Адаптационные реакции сердечно-сосудистой системы на тренировочные нагрузки в конькобежном виде спорта (в форме синусовой брадикардии) более четко проявились у девушек. Установлено значительное увеличение доли спортсменов с синусовой брадикардией (выраженным удлинением интервалов зубца P, QRS и QT) в старшей возрастной группе (16–18 лет).

Отклонение угла α , чаще влево, было выявлено практически у половины спортсменов обоего пола в группе 13–15 лет, доля таких отклонений с возрастом снижалась до 33,3 %.

Установленные половозрастные различия обусловлены как адаптивными изменениями в ответ на физические нагрузки в конькобежном виде спорта, так и характерными для пубертатного периода процессами роста и развития организма.

Для обоснования отмеченных особенностей проводимости и ритма сердца у подростков, специализирующихся в конькобежном виде спорта, нами было проведено ЭхоКГ-обследование (в табл. 3 представлены показатели, которые имели значимые отличия в выделенных половозрастных группах).

Анализ показателей ЭхоКГ юных конькобежцев в зависимости от пола и возраста выявил следующие различия: между юношами сравниваемых возрастных групп (13–15 и 16–18 лет) – по ОТС левого желудочка ($U = 33,5$ при $p = 0,094$) и ДА ($U = 30,5$ при $p = 0,061$); между девушками 13–15 и 16–18 лет – только по ДА ($U = 33,5$ при $p = 0,014$); между девушками и юношами 13–15 лет – по ДА ($U = 66,5$ при $p = 0,041$), КСР левого желудочка ($U = 46$ при $p = 0,004$), ММ ($U = 71$ при $p = 0,065$), EPSS ($U = 60$ при $p = 0,017$); между девушками и юношами 16–18 лет – по УО ($U = 17$ при $p = 0,038$), ММ ($U = 15,5$ при $p = 0,027$) и КДР левого желудочка ($U = 16,5$ при $p = 0,034$).

Далее был проведен скрининг внутрисистемных корреляционных взаимосвязей по-

Таблица 3

**ПОКАЗАТЕЛИ ЭхоКГ ЮНЫХ КОНЬКОБЕЖЦЕВ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА И ВОЗРАСТА, Me (25–75%)
ECHOCARDIOGRAPHIC PARAMETERS OF YOUNG SPEED SKATERS
DEPENDING ON SEX AND AGE, Me (25–75 %)**

Показатель	Юноши		Девушки	
	13–15 лет (n = 13)	16–18 лет (n = 9)	13–15 лет (n = 18)	16–18 лет (n = 9)
КДР левого желудочка, см	4,91 (4,50–5,20)	4,91 (4,44–5,40)	4,48 (4,13–5,05)	4,37 (3,95–4,50)*
КСР левого желудочка, см	2,75 (2,20–2,92)	2,91 (2,43–3,22)	2,00 (1,53–2,46)*	2,49 (2,00–2,49)
ДА, см	2,20 (2,10–2,26)	2,32 (2,28–2,44)	2,00 (2,00–2,10)*	2,29 (2,10–2,36)#
ДЛА, см	1,82 (1,70–1,90)	1,97 (1,83–2,00)	1,80 (1,70–2,10)	1,80 (1,72–1,98)
ММ, г	159,00 (96,00–173,00)	154,00 (141,00–185,00)	125,50 (93,50–149,50)*	118,00 (112,00–141,00)*
ОТС левого желудочка, у. е.	0,34(0,22–0,40)	0,44 (0,37–0,47)	0,30 (0,26–0,45)	0,40 (0,32–0,46)
EPSS, мм	2,00 (2,00–3,00)	3,00 (2,00–3,00)	3,00 (3,00–5,60)*	3,00 (2,00–3,00)
УО, мл	59,00 (44,00–73,00)	80,00 (50,00–85,00)	54,50 (46,50–67,75)	48,00 (42,00–59,00)*

Примечание. Установлены статистически значимые различия ($p \leq 0,05$): * – внутри возрастной группы между юношами и девушками; # – между девушками сравниваемых возрастных групп (13–15 и 16–18 лет).

казателей контурного анализа ЭКГ и ЭхоКГ (рис. 1, 2). Анализ взаимосвязей исследуемых параметров ЭКГ и ЭхоКГ в группе девушек 13–15 лет выявил следующее: общее число взаимосвязей – 11, из них 8 положительных и 3 отрицательных; 9 анализируемых параметров не имели взаимосвязей (P, QRS, ЛП, КДР, ТЗСЛЖ, ДЛА, ИММ, ЕРРС, УО); 5 показателей имели по одной взаимосвязи, 5 – по две; показатель ЧСС имел 3 положительные взаимосвязи: с ФС, ТМЖП, ИКДР; QT – 4 взаимосвязи, из них положительные – с КСР и ОТС, отрицательные – с ФВ и ФС.

Оценка внутрисистемных корреляционных взаимосвязей показателей контурного анализа ЭКГ и ЭхоКГ продемонстрировала, что для девушек 13–15 лет, занимающихся конькобеж-

ным спортом, прогностически ценными являются параметры ЧСС и QT.

Анализ внутрисистемных корреляционных взаимосвязей у девушек 16–18 лет обнаружил существенные изменения в их количестве и структуре: общее число взаимосвязей сократилось практически в 2 раза и составило всего 5, при этом все связи оказались отрицательными: ФВ – 3 взаимосвязи с параметрами ЭКГ (QT, RR, ЧСС); RR – 3 взаимосвязи с параметрами ЭхоКГ (ЛП, ФВ, ТЗСЛЖ). Таким образом, для девушек 16–18 лет, занимающихся конькобежным спортом, наиболее прогностически ценными являются показатели RR и ФВ.

Весьма интересным оказался факт наличия единственной положительной статистически

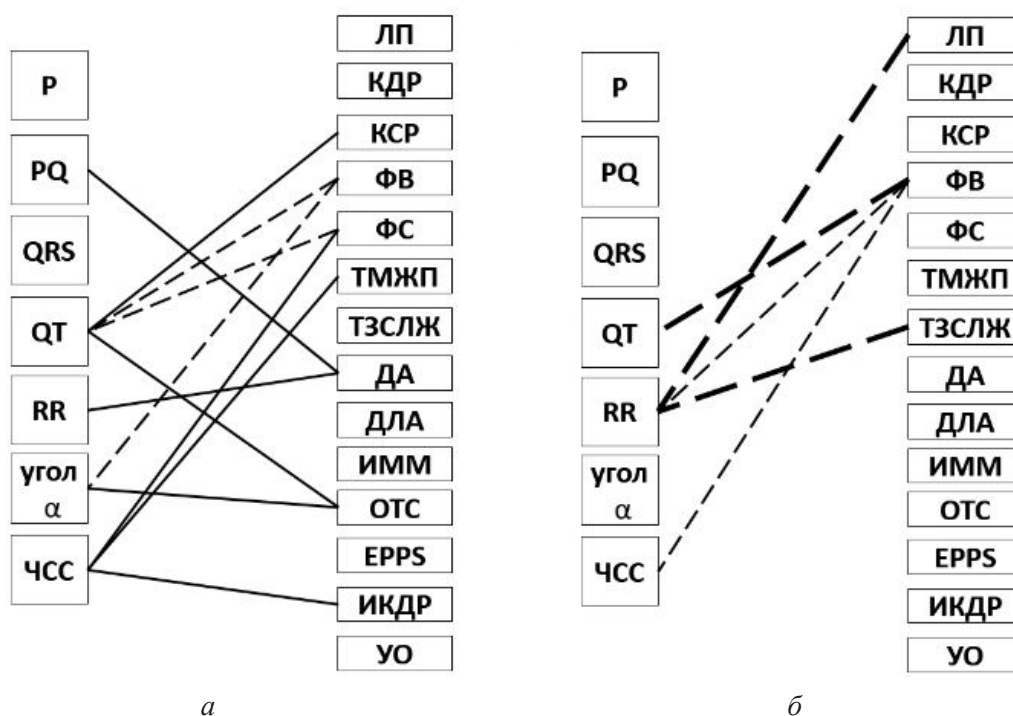


Рис. 1. Взаимосвязи показателей контурного анализа ЭКГ и ЭхоКГ у девушек 13–15 (а) и 16–18 (б) лет, занимающихся конькобежным спортом: сплошная линия – положительная взаимосвязь (при $p \leq 0,05$), прерывистая – отрицательная взаимосвязь (при $p \leq 0,05$), прерывистая полужирная – отрицательная взаимосвязь (при $p \leq 0,01$)

Fig. 1. Interrelations between ECG and cardiac echo contour analysis parameters in female speed skaters aged 13–15 and 16–18 years

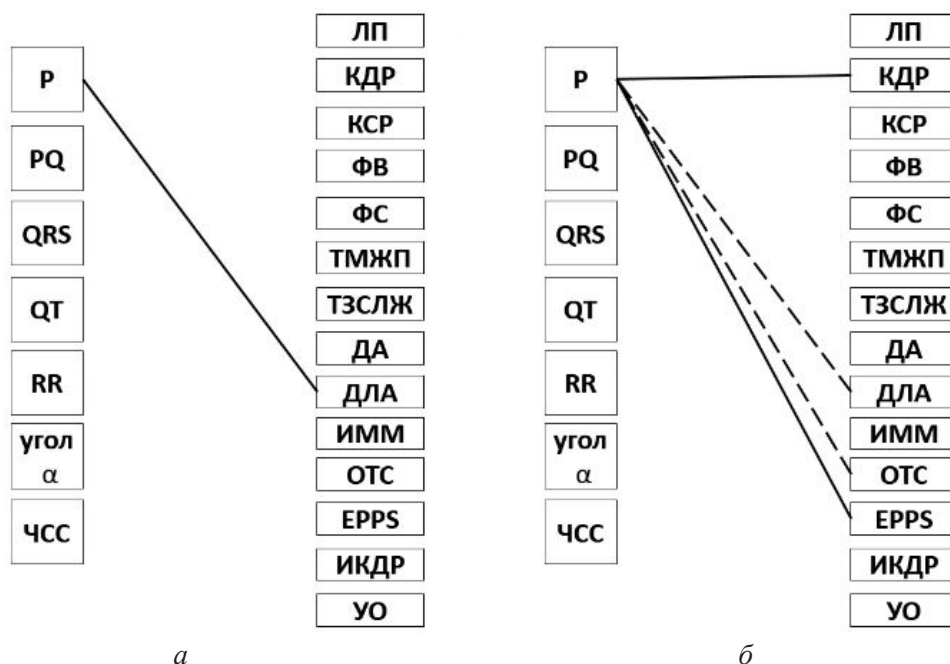


Рис. 2. Взаимосвязи показателей контурного анализа ЭКГ и ЭхоКГ у юношей 13–15 (а) и 16–18 (б) лет, занимающихся конькобежным спортом: сплошная линия – положительная взаимосвязь (при $p \leq 0,05$), прерывистая – отрицательная взаимосвязь (при $p \leq 0,05$)

Fig. 2. Interrelations between ECG and cardiac echo contour analysis parameters in male speed skaters aged 13–15 and 16–18 years

значимой взаимосвязи между длительностью зубца Р и ДЛА у юношей 13–15 лет. Ранее нами были выявлены высокие показатели размеров левого предсердия у спортсменов с циклической физической нагрузкой, которые встречались чаще у юношей (48,89 %) [11].

Наблюдаемый факт (рис. 2а) указывает на разбалансированность или относительную автономность ряда функций сердечно-сосудистой системы у юношей 13–15 лет.

Количество и структура взаимосвязей параметров контурного анализа ЭКГ и ЭхоКГ у юношей 16–18 лет, занимающихся конькобежным спортом, существенно отличались от выявленных у девушек и характеризовались наличием 4 связей между длительностью зубца Р и показателями КДР (положительная), ДЛА (отрицательная), ОТС (отрицательная) и ЕРРС (положительная). Таким образом, для юношей 16–18 лет прогностически ценным является

ЭКГ-показатель длительности предсердного возбуждения (Р).

Обсуждение. При оценке у спортсменов функционального состояния сердечно-сосудистой системы вопросы, касающиеся выбора соответствующих показателей и их интерпретации применительно к представителям спортивной специализации, остаются открытыми. По характеру влияния на сердечно-сосудистую систему конькобежный спорт, согласно классификации J.H. Mitchell et al., характеризуется динамическими скоростно-силовыми нагрузками высокого уровня [12]. Для усиления вагусных влияний на ритм сердца после скоростно-силовой нагрузки в условиях воздействия холода весьма эффективно краткосрочное применение тренинга биологической обратной связи, который оказывает положительное влияние на функциональные резервы сердечной деятельности подростков. Сеансы биоуправления способству-

ют выработке у подростков оптимального соотношения темпа и глубины дыхания для оптимизации сердечной деятельности [13, 14].

Перегрузка кардиомиоцитов ионами кальция может приводить к появлению деполяризаций, способных инициировать триггерную электрическую активность – один из возможных механизмов развития аритмий [15]. Ранняя диагностика нарушений ритма сердца и проводимости позволяет, в свою очередь, своевременно принять меры по предотвращению внезапной сердечной смерти [2]. Факторы риска внезапной сердечной смерти имеют достоверную связь с этапами спортивной подготовки: кардиомиопатия связана с этапом спортивной специализации, желудочковая экстрасистолия и гиперсимпатикотония – с этапом совершенствования, а гипертрофия миокарда – с этапом высшего спортивного мастерства [16].

Сопоставление данных, полученных двумя способами – ЭКГ и ЭхоКГ, – считают рациональной методикой оценки функционального состояния сердца [17]. Изучая корреляции ЭКГ- и ЭхоКГ-критериев гипертрофии левого желудочка в зависимости от размеров правого желудочка у больных артериальной гипертензией, С.Г. Кривошеков с соавторами обнаружили ряд новых, интересных в плане дальнейшего исследования особенностей [18]. Выявленные «парадоксы корреляции» создают теоретическую основу как для разработки новых способов ЭКГ-диагностики гипертрофии левого желудочка, так и, вероятно, для восприятия самой гипертрофии и ремоделирования левого желудочка, а также поиска возможностей метода ЭКГ в ее детализации. Следует подчеркнуть, что для получения информативных и надежных анализируемых параметров необходимо на представителях различных спортивных специализаций провести исследо-

вания с идентичным дизайном, результаты которых помогут выделить искомые параметры, рассчитать их градации и определить в дальнейшем количественные значения, позволяющие прогнозировать успешность адаптации юниоров к тренировочным и соревновательным нагрузкам [19].

Анализ половозрастных особенностей взаимосвязей структурно-функциональных параметров сердца у юниоров-конькобежцев выявил:

- выраженное проявление синусовой брадикардии в группе девушек, с трехкратным увеличением доли обследованных с синусовой брадикардией до 88,9 % к старшей возрастной группе (с большим удлинением интервалов зубца QT и замедлением предсердно-желудочковой проводимости), доля юношей с синусовой брадикардией составила 22,2 % (в 100 % случаев значения QT соответствовали нормативным показателям); тахикардия регистрировалась только в группе юношей 16–18 лет в единичном случае;

- возрастные различия показателей ЭхоКГ между 13–15- и 16–18-летними юношами по ОТС левого желудочка и ДА, у девушек – только по ДА;

- половые различия: в возрастной группе 13–15 лет – по ДА, КСР левого желудочка, ММ, ЕРРS; в группе 16–18 лет – по УО, ММ и КДР левого желудочка.

Внутрисистемные взаимосвязи 21 структурно-функционального параметра сердечно-сосудистой системы определяются: в группе 13–15 лет – преимущественно полом спортсменов, в группе 16–18 лет – полом и уровнем сформированности адаптивного ремоделирования сердца в ответ на спортивные нагрузки в конькобежном спорте.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Школьникова М.А. Сердечные аритмии и спорт – грань риска // Рос. вестн. перинатологии и педиатрии. 2010. № 2. С. 4–12.
2. Алексеева Д.Ю., Васичкина Е.С., Иванова И.Ю., Маликов К.Н., Земсков И.А., Григорьев В.В. Электрокардиографическая диагностика сердечно-сосудистой патологии у спортсменов детских юношеских школ // Спортив. медицина: наука и практика. 2019. Т. 9, № 2. С. 23–29. DOI: [10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.23](https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.23)
3. Corrado D., Pelliccia A., Heidbuchel H., Sharma S., Link M., Basso C., Biffi A., Buja G., Delise P., Gussac I., et al. Recommendations for Interpretation of 12-Lead Electrocardiogram in the Athlete // Eur. Heart J. 2010. Vol. 31, № 2. P. 243–259. DOI: [10.1093/eurheartj/ehp473](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehp473)
4. McClean G., Riding N.R., Ardern C.L., Farooq A., Pieleke G.E., Watt V., Adamuz C., George K.P., Oxborough D., Wilson M.G. Electrical and Structural Adaptations of the Paediatric Athlete's Heart: A Systematic Review with Metaanalysis // Br. J. Sports Med. 2018. Vol. 52, № 4. Art. № 230. DOI: [10.1136/bjsports-2016-097052](https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097052)
5. Sharma S., Whyte G., Elliott P., Padula M., Kaushal R., Mahon N., McKenna W.J. Electrocardiographic Changes in 1000 Highly Trained Junior Elite Athletes // Br. J. Sports Med. 1999. Vol. 33, № 5. P. 319–324. DOI: [10.1136/bjsem.33.5.319](https://doi.org/10.1136/bjsem.33.5.319)
6. Макаров Л.М., Комолятова В.Н., Киселева И.И., Федина Н.Н. Особенности ЭКГ у молодых спортсменов уровня высшего спортивного мастерства // Приклад. спортив. наука. 2015. № 2. С. 108–114.
7. Епишев В.В., Кораблева Ю.Б., Бакушин А.А., Ведерникова О.Б. Нарушения ритма и проводимости сердца у юных спортсменов // Теория и практика физ. культуры. 2019. № 1. С. 32–34.
8. Pelliccia A., Solberg E.E., Papadakis M., Adami P.E., Biffi A., Caselli S., La Gerche A., Niebauer J., Pressler A., Schmied C.M., et al. Recommendations for Participation in Competitive and Leisure Time Sport in Athletes with Cardiomyopathies, Myocarditis, and Pericarditis: Position Statement of the Sport Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC) // Eur. Heart J. 2019. Vol. 40, № 1. P. 19–33. DOI: [10.1093/eurheartj/ehy730](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy730)
9. Шарыкин А.С., Субботин П.А., Павлов В.И., Бадтиева В.А., Трунина И.И., Попова Н.Е., Шильковская Е.В. Эхокардиографический скрининг детей и подростков при допуске к занятиям спортом // Рос. вестн. перинатологии и педиатрии. 2016. № 1. С. 71–79. DOI: [10.21508/1027-4065-2016-61-1-71-79](https://doi.org/10.21508/1027-4065-2016-61-1-71-79)
10. Фесюн А.Д., Датий А.В., Яковлев М.Ю., Черняховский О.Б. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы лиц, занимающихся физической культурой и спортом // Спортив. медицина: наука и практика. 2019. Т. 9, № 2. С. 68–71. DOI: [10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.68](https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.68)
11. Ярышева В.Б., Шибкова Д.З., Сабирьянова Е.С. Особенности эхокардиографических параметров сердца у юных спортсменов в зависимости от пола и спортивной специализации // Человек. Спорт. Медицина. 2018. Т. 18, № 5. С. 55–63. DOI: [10.14529/hsm18s08](https://doi.org/10.14529/hsm18s08)
12. Mitchell J.H., Haskell W., Snell P., Van Camp S.P. Task Force 8: Classification of Sports // J. Am. Coll. Cardiol. 2005. Vol. 45, № 8. P. 1364–1367. DOI: [10.1016/j.jacc.2005.02.015](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015)
13. Поскотинова Л.В., Кривоногова О.В., Заборский О.С. Показатели сердечно-сосудистой системы у мальчиков в возрасте 14–15 лет при краткосрочном обучении с биологической обратной связью для контроля общей вариабельности сердечного ритма после тренировки скоростно-силовых качеств: экспериментальное контролируемое исследование // Вопр. соврем. педиатрии. 2019. Т. 18, № 3. С. 167–174. DOI: [10.15690/vsp.v18i3.2033](https://doi.org/10.15690/vsp.v18i3.2033)
14. Заборский О.С., Поскотинова Л.В., Кривоногова О.В. Эффективность кардиобиоуправления у подростков 15–16 лет после физической нагрузки в условиях низких температур // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 4. С. 341–349. DOI: [10.37482/2687-1491-Z026](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z026)
15. Brisinda D., Sorbo A.R., Venuti A., Ruggieri M.P., Manna R., Fenici P., Wallukat G., Hoebeke J., Frustaci A., Fenici R. Anti- β -Adrenoceptors Auto Immunity Causing 'Idiopathic' Arrhythmias and Cardiomyopathy // Circ. J. 2012. Vol. 76, № 6. P. 1345–1353. DOI: [10.1253/circj.cj-11-1374](https://doi.org/10.1253/circj.cj-11-1374)
16. Гаврилова Е.А., Ларинцева О.С. Факторы риска внезапной сердечной смерти спортсменов на разных этапах спортивной подготовки по данным кардиологического обследования // Спортив. медицина: наука и практика. 2018. Т. 8, № 2. С. 33–36. DOI: [10.17238/ISSN2223-2524.2018.2.33](https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.2.33)

17. Серафинович И.А., Никитина О.Е. Особенности корреляции электрокардиографических и эхокардиографических критериев гипертрофии левого желудочка в зависимости от размеров правого желудочка // Журн. Гродн. гос. мед. ун-та. 2009. № 2(26). С. 102–109.

18. Кривошеков С.Г., Суворова И.Ю., Баранов В.И., Шевченко И.В. Генетические предикторы ремоделирования миокарда и работоспособность сердца при гипертонии // Ульянов. мед.-биол. журн. 2017. № 3. С. 135–148. DOI: [10.23648/UMBJ.2017.27.7085](https://doi.org/10.23648/UMBJ.2017.27.7085)

19. Бушуева Т.В., Макарова Г.А., Юрьев С.Ю., Барановская И.Б. Особенности организации научных исследований и интерпретации их результатов в области медико-биологического контроля за спортсменами // Актуал. вопр. физ. культуры и спорта. 2018. Т. 20. С. 190–200.

References

1. Shkol'nikova M.A. Serdechnye aritmii i sport – gran' riska [Cardiac Arrhythmias and Sports – the Verge of a Risk]. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii*, 2010, no. 2, pp. 4–12.

2. Alekseeva D.Yu., Vasichkina E.S., Ivanova I.Yu., Malikov K.N., Zemskov I.A., Grigor'ev V.V. Elektrokardiograficheskaya diagnostika serdechno-sosudistoy patologii u sportsmenov detskikh yunosheskikh shkol [Electrocardiographic Diagnostics of Cardiovascular Pathology in Athletes of Youth Sports Schools]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika*, 2019, vol. 9, no. 2, pp. 23–29. DOI: [10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.23](https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.23)

3. Corrado D., Pelliccia A., Heidbuchel H., Sharma S., Link M., Basso C., Biffi A., Buja G., Delise P., Gussac I., et al. Recommendations for Interpretation of 12-Lead Electrocardiogram in the Athlete. *Eur. Heart J.*, 2010, vol. 31, no. 2, pp. 243–259. DOI: [10.1093/eurheartj/ehp473](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehp473)

4. McClean G., Riding N.R., Ardern C.L., Farooq A., Pielas G.E., Watt V., Adamuz C., George K.P., Oxborough D., Wilson M.G. Electrical and Structural Adaptations of the Paediatric Athlete's Heart: A Systematic Review with Metaanalysis. *Br. J. Sports Med.*, 2018, vol. 52, no. 4. Art. no. 230. DOI: [10.1136/bjsports-2016-097052](https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097052)

5. Sharma S., Whyte G., Elliott P., Padula M., Kaushal R., Mahon N., McKenna W.J. Electrocardiographic Changes in 1000 Highly Trained Junior Elite Athletes. *Br. J. Sports Med.*, 1999, vol. 33, no. 5, pp. 319–324. DOI: [10.1136/bjism.33.5.319](https://doi.org/10.1136/bjism.33.5.319)

6. Makarov L.M., Komolyatova V.N., Kiseleva I.I., Fedina N.N. Osobennosti EKG u molodykh sportsmenov urovnya vysshego sportivnogo masterstva [Features of Electrocardiogram at Young Athletes of Level of the Highest Sports Skill]. *Prikladnaya sportivnaya nauka*, 2015, no. 2, pp. 108–114.

7. Epishev V.V., Korableva Y.B., Bakushin A.A., Vedernikova O.B. Heart Rate and Cardiac Conductivity Disorders in Junior Athletes. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, 2019, no. 1, pp. 32–34.

8. Pelliccia A., Solberg E.E., Papadakis M., Adami P.E., Biffi A., Caselli S., La Gerche A., Niebauer J., Pressler A., Schmied C.M., et al. Recommendations for Participation in Competitive and Leisure Time Sport in Athletes with Cardiomyopathies, Myocarditis, and Pericarditis: Position Statement of the Sport Cardiology Section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur. Heart J.*, 2019, vol. 40, no. 1, pp. 19–33. DOI: [10.1093/eurheartj/ehy730](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy730)

9. Sharykin A.S., Subbotin P.A., Pavlov V.I., Badtieva V.A., Trunina I.I., Popova N.E., Shilykovskaya E.V. Ekhokardiograficheskiy skrining detey i podrostkov pri dopuske k zanyatiyam sportom [Echocardiographic Screening in Children and Teenagers to Be Admitted to Sports Activities]. *Rossiyskiy vestnik perinatologii i pediatrii*, 2016, no. 1, pp. 71–79. DOI: [10.21508/1027-4065-2016-61-1-71-79](https://doi.org/10.21508/1027-4065-2016-61-1-71-79)

10. Fesyun A.D., Datiy A.V., Yakovlev M.Yu., Chernyakhovsky O.B. Assessment of the Functional State of the Cardiovascular System of Individuals Involved in Physical Education and Sports. *Sports Med. Res. Pract.*, 2019, vol. 9, no. 2, pp. 68–71 (in Russ.). DOI: [10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.68](https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.2.68)

11. Yarysheva V.B., Shibkova D.Z., Sabir'yanova E.S. Features of Echocardiographic Indicators in Young Athletes Depending on Gender and Sport Discipline. *Hum. Sport Med.*, 2018, vol. 18, no. S, pp. 55–63 (in Russ.). DOI: [10.14529/hsm18s08](https://doi.org/10.14529/hsm18s08)

12. Mitchell J.H., Haskell W., Snell P., Van Camp S.P. Task Force 8: Classification of Sports. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2005, vol. 45, no. 8, pp. 1364–1367. DOI: [10.1016/j.jacc.2005.02.015](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.02.015)

13. Poskotinova L.V., Krivonogova O.V., Zaborsky O.S. Indicators of a Cardiovascular System at 14–15 Years Old Boys at Short-Term Biofeedback Training for Controlling of General Heart Rate Variability After Speed and Power Training: Experimental Controlled Study. *Voprosy sovremennoy pediatrii*, 2019, vol. 18, no. 3, pp. 167–174. DOI: [10.15690/vsp.v18i3.2033](https://doi.org/10.15690/vsp.v18i3.2033)

14. Zaborskiy O.S., Poskotinova L.V., Krivonogova O.V. Efficiency of Heart Rate Variability Biofeedback in Adolescents Aged 15–16 Years After Physical Exercise in a Cold Environment. *J. Med. Biol. Res.*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 341–349. DOI: [10.37482/2687-1491-Z026](https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z026)

15. Brisinda D., Sorbo A.R., Venuti A., Ruggieri M.P., Manna R., Fenici P., Wallukat G., Hoebeke J., Frustaci A., Fenici R. Anti- β -Adrenoceptors Auto Immunity Causing ‘Idiopathic’ Arrhythmias and Cardiomyopathy. *Circ. J.*, 2012, vol. 76, no. 6, pp. 1345–1353. DOI: [10.1253/circj.cj-11-1374](https://doi.org/10.1253/circj.cj-11-1374)

16. Gavrilova E.A., Larintseva O.S. Sudden Cardiac Death Risk Factors in Athletes at Different Sports Training Stages According to Cardiac Examination. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika*, 2018, vol. 8, no. 2, pp. 33–36 (in Russ.). DOI: [10.17238/ISSN2223-2524.2018.2.33](https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2018.2.33)

17. Serafinovich I.A., Nikitina O.E. Osobennosti korrelyatsii elektrokardiograficheskikh i ekhokardiograficheskikh kriteriev gipertrofii levogo zheludochka v zavisimosti ot razmerov pravogo zheludochka [Characteristics of Electrocardiographic and Echocardiographic Criteria of the Left Ventricular Hypertrophy According to the Size of the Right Ventricle]. *Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2009, no. 2, pp. 102–109.

18. Krivoshchekov S.G., Suvorova I.Yu., Baranov V.I., Shevchenko I.V. Geneticheskie prediktory remodelirovaniya miokarda i rabotosposobnost’ serdtsa pri gipertonii [Genetic Predictors of Myocardial Remodeling and Cardiac Performance in Hypertension]. *Ul’yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*, 2017, no. 3, pp. 135–148. DOI: [10.23648/UMBJ.2017.27.7085](https://doi.org/10.23648/UMBJ.2017.27.7085)

19. Bushueva T.V., Makarova G.A., Yur’ev S.Yu., Baranovskaya I.B. Osobennosti organizatsii nauchnykh issledovaniy i interpretatsii ikh rezul’tatov v oblasti mediko-biologicheskogo kontrolya za sportsmenami [Organization Features and Interpretation of the Results of Scientific Studies in the Field of Medicobiological Control of Athletes]. *Aktual’nye voprosy fizicheskoy kul’tury i sporta*, 2018, vol. 20, pp. 190–200.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z078

Viktoriya B. Yarysheva* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6713-6637>

Dar’ya Z. Shibkova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8583-6821>

Pavel A. Bayguzhin* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5092-0943>

Vadim V. Erlikh* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4416-1925>

*South Ural State University (National Research University)
(Chelyabinsk, Russian Federation)

SEX- AND AGE-RELATED FEATURES OF INTERRELATIONS BETWEEN STRUCTURAL AND FUNCTIONAL PARAMETERS OF THE HEART IN JUNIOR SPEED SKATERS

Success of adaptive changes in young athletes in response to training and competition loads is predicted on the basis of a comprehensive assessment of quantitative and qualitative parameters of the state of critical body systems, primarily, the cardiovascular system. The **aim** of this paper was to determine sex- and age-related features of the morphofunctional parameters of the heart in young skaters and to identify the relationships that determine their adaptation to speed skating. **Materials and methods.** The research (with informed consent) included 49 athletes of both sexes with the rank

of the First-Class Sportsman. The subjects were divided by age and sex into four subgroups: boys aged 13–15 and 16–18 years; girls aged 13–15 and 16–18 years. We performed electrocardiogram (ECG) recording and echocardiographic examination at rest in line with the existing protocols. **Results.** According to the screening of intra-system correlations between ECG and echocardiography contour analysis parameters, the following proved to be of prognostic significance: QT interval duration, heart rate and alpha angle for girls aged 13–15 years; duration of atrial excitation and pulmonary artery diameter for boys aged 13–15 years; ejection fraction and cardiac cycle duration for girls aged 16–18 years; duration of atrial excitation, which has four correlations with echocardiographic parameters, for boys aged 16–18 years. The revealed features of the structure of intra-system relationships between 21 morphofunctional parameters of the cardiovascular system are determined in the first age group (13–15 years) by athlete's sex, while in the second age group (16–18 years) by sex and type of sport.

Keywords: structural and functional parameters of the heart, young skaters, correlations, sex- and age-related features, electrocardiogram, echocardiography.

Поступила 11.04.2021

Принята 03.09.2021

Received 11 April 2021

Accepted 3 September 2021

Corresponding author: Pavel Bayguzhin, address: prosp. Lenina 76, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation; e-mail: baiguzhinpa@susu.ru

For citation: Yarysheva V.B., Shibkova D.Z., Bayguzhin P.A., Erlikh V.V. Sex- and Age-Related Features of Interrelations Between Structural and Functional Parameters of the Heart in Junior Speed Skaters. *Journal of Medical and Biological Research*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. 405–416. DOI: 10.37482/2687-1491-Z078