УДК 612.06 DOI: 10.14529/hsm190305

ОСОБЕННОСТИ МИОКАРДИАЛЬНО-ГЕМОДИНАМИЧЕСКОГО И ВЕГЕТАТИВНОГО ГОМЕОСТАЗА У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА С РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИЕЙ

Е.В. Быков[1], О.В. Балберова[1], Е.С. Сабирьянова[1,2], А.В. Чипышев[1]

[1]Уральский государственный университет физической культуры, г. Челябинск, Россия,
[2]Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Цель исследования: изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы и особенностей ее регуляции у спортсменов циклических видов спорта с разной спортивной квалификацией. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие спортсмены мужского пола 18–22 лет циклических видов спорта разной спортивной квалификации. Комплексное неинвазивное биоимпедансное исследование параметров гемодинамики и вариабельности сердечного ритма проведено с помощью технологической системы «Кентавр» фирмы «Микролюкс». Исследование морфофункциональных показателей миокарда проводили методом эхокардиографии. **Результаты.** У спортсменов – мастеров спорта приспособление к высоким физическим нагрузкам реализуется путем повышения гуморально-метаболической активности регуляции ритма сердца, ударного объема, конечно-диастолического объема, конечно-систолического объема и за счет утолщения стенок миокарда. У спортсменов I–II разряда наблюдалось преобладание симпатической активности в регуляции ритма сердца и хронотропного механизма в реакции на физическую нагрузку, что является проявлением менее совершенной адаптации. **Заключение.** На основании результатов, полученных в переходном периоде тренировочного процесса, выявлены особенности миокардиально-гемодинамического и вегетативного гомеостаза у спортсменов циклических видов спорта с разной квалификацией: повышение квалификации и рост спортивных результатов обусловлены как морфофункциональными перестройками сердца, так и совершенствованием механизмов регуляции ритма сердца и его сократительной функции.

Ключевые слова: *вариабельность сердечного ритма, частота сердечных сокращений, ударный объем, минутный объем кровообращения, спортсмены циклических видов спорта, спортивная квалификация.*

Введение. Тренировочное воздействие на организм спортсменов зависит от сочетания нагрузок разной величины и направленности. Эффект воздействия нагрузок достигается и обеспечивается формированием новых функциональных систем, от интегративной деятельности которых в конечном итоге и зависит спортивный результат [2, 18]. При этом наибольшие изменения наблюдаются в тех системах и органах, которые вносят наиболее значимый вклад в достижение спортивного результата – в этом проявляется специфичность адаптации [4]. Адаптационные изменения в этих системах, суммируясь, обусловливают кумулятивный эффект тренировки. Соответственно, оценка показателей, которые служат критериями адаптации к нагрузкам определенной направленности, дает возможность рационально планировать величину (объем и интенсивность) тренировочных нагрузок, оценивать восстановление, то есть индивидуализировать тренировочный процесс и эффективно управлять тренировочной деятельностью [1, 5, 14].

Одной из важнейших функциональных систем, лимитирующих спортивные достижения, является сердечно-сосудистая система (ССС). Именно она считается чувствительным индикатором адаптационных изменений организма при воздействии физических нагрузок, а вариабельность сердечного ритма (ВСР) – маркером напряжения адаптационных процессов. Известно, что долговременная адаптация к нагрузкам разной направленности сопровождается изменением как морфологических, функциональных показателей, так и механизмов регуляции аппарата кровообращения [7]. Результатом систематических занятий физическими упражнениями является не только улучшение функционального состоя-

ния ССС, но и закономерные изменения показателей ВСР, отражающие рост преобладания парасимпатических влияний на сердце [6].

В целом, под воздействием тренировок происходит комплекс структурных изменений и постепенный сдвиг с одного уровня функционирования на новый уровень, более качественный. Такой переход осуществляется при изменении одного из трех свойств биосистемы: уровня функционирования, функционального резерва и степени напряжения регуляторных механизмов. Уровень функционирования – это характеристика миокардиально-гемодинамического гомеостаза. Функциональный резерв можно количественно охарактеризовать как разность между уровнем функции в покое и максимально достижимым уровнем этой функции, что в спортивной физиологии определяется применением функциональных нагрузочных проб; он зависит от миокардиально-гемодинамического и вегетативного гомеостаза. Степень напряжения регуляторных систем, определяемая тонусом симпатического отдела автономной нервной системы, влияет на уровень функционирования кровообращения через мобилизацию функционального резерва. Он имеет прямую связь с уровнем функционирования и обратную со степенью напряжения регуляторных систем [9].

Таким образом, судить о функциональном резерве можно по соотношению уровня функционирования и степени напряжения регуляции или, другими словами, сопоставляя показатели миокардиально-гемодинамического и вегетативного гомеостаза. В то же время совершенствование организации тренировочного процесса требует осуществления новых комплексных исследований по оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы и особенностей ее регуляции у спортсменов с учетом спортивной квалификации. Это дает возможность уточнить представления о процессе долговременной адаптации к физическим нагрузкам, в частности, в циклических видах спорта, что и явилось **целью настоящего исследования.**

Организация и методы. Исследование проведено на базе НИИ олимпийского спорта Уральского государственного университета физической культуры (г. Челябинск). В исследовании приняли участие спортсмены мужского пола 18–22 лет циклических видов спорта (легкая атлетика, конькобежный спорт, лыжные гонки) разной спортивной квалификации (I разряд, КМС, МС).

При выборе сроков регистрации изучаемых параметров и сопоставлении этих сроков с предшествующей нагрузкой нами был выбран переходный период, поскольку перед соревнованиями и непосредственно в соревновательный период происходит увеличение доли высокоинтенсивных нагрузок, сопряженных с длительной гиперфункцией сердца. Для исследования параметров гемодинамики и ВСР была выбрана методика комплексного неинвазивного, биоимпедансного исследования с помощью технологической системы «Кентавр» фирмы «Микролюкс», г. Челябинск. Данная система позволяет одновременно фиксировать показатели кардиогемодинамики и медленноволновых колебаний спектра. Параметры центральной гемодинамики регистрировались с помощью тетраполярной биоимпедансной трансторакальной реографии. Полученные цифровые данные содержат параметры гемодинамики, которые дают информацию о сердечном выбросе, сократимости и производительности левого желудочка: ударный объем (УО), мл; ударный индекс (УИ), мл/м^2; минутный объем крови (МОК), л/мин; сердечный индекс (СИ), л/мин/м^2; индекс сократимости (ИСК), усл. ед.; индекс работы левого желудочка (ИРЛЖ), кг·мин/м^2; ударный индекс работы левого желудочка (уИРЛЖ), кг·мин/м^2; индекс общего периферического сопротивления (ИОПС), усл. ед. В автоматическом режиме регистрировалось систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД, мм рт. ст.).

Проводился спектральный анализ показателей кровообращения за 500 кардиоинтервалов с помощью компьютерной программы по методу быстрого преобразования Фурье. Оценивалась общая мощность спектра (ОМС, усл. ед.), распределение мощности спектра по 4 диапазонам волн (усл. ед. и %). При исследовании использовался 80%-ный фильтр, что позволяет устранить погрешности и помехи в процессе регистрации. Спектральный анализ колебательной активности каждого из параметров подразумевает, что самые низкочастотные колебания связаны с метаболической активностью (UVLF 0–0,024 Гц), очень низкочастотные волны (VLF 0,025–0,074 Гц) – с гуморально-вазопрессорной активностью. Низкочастотные колебания (LF 0,075–0,24 Гц) – зона барорегуляции, отражает активность сим-

патического отдела вегетативной нервной системы (ВНС). Высокочастотные колебания (HF 0,25–0,5 Гц) – зона преобладания парасимпатической активности и дыхательных волн.

Исследование морфофункциональных показателей миокарда проводили методом эхокардиографии. Эхокардиографическая оценка внутрисердечных структур выполнялась с применением аппарата «Унисон-2-03». Изучались следующие показатели: ударный объем (УО, мл), толщина задней стенки ЛЖ в диастолу (ЗСЛЖд, мм), толщина межжелудочковой перегородки в диастолу (МЖПд, мм), конечно-диастолический объем левого желудочка (КДОЛЖ, мл), конечно-систолический объем левого желудочка (КСОЛЖ, мл), масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ), индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ), фракция выброса левого желудочка (ФВЛЖ, %).

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась парным сравнением групп с использованием параметрического теста Стьюдента. В качестве меры центральной тенденции использовали среднее арифметическое (M), а в качестве меры рассеяния – стандартную ошибку среднего арифметического (m).

Результаты. В условиях физиологического покоя показатель МОК у спортсменов разных групп существенно не различался, однако вклад ЧСС и УО в данный параметр зависел от уровня квалификации (рис. 1).

Чем выше уровень спортивного мастерства, тем больше был показатель ударного объема сердца, достоверные различия были зарегистрированы между 1 и 3 группами ($p \leq 0,05$) (табл. 1).

При анализе ЧСС в покое было установлено, что чем выше квалификация спортсмена, тем более выраженная наблюдалась брадикардия (см. табл. 1).

Достоверные различия были зарегистрированы между 1-й и 3-й группами ($p \leq 0,05$). Известно, что уменьшение ЧСС (так называемая «спортивная брадикардия») снижает потребность миокарда в кислороде вследствие уменьшения величины его работы, а также увеличивает диастолу [11]. Это нашло подтверждение в показателях КДО: чем ниже уровень спортивного мастерства, тем более низким был показатель. Значения КДО были достоверно выше ($p \leq 0,05$) у спортсменов – МС (109,78 ± 6,61 мл) по сравнению с лицами третьей группы (87,24 ± 7,33 мл).

Сократимость миокарда является важнейшей детерминантой насосной функции сердца. Основным из наиболее часто используемых показателей суммарной сократимости ЛЖ является ФВ. Сравнительный анализ данного показателя у представителей всех трех групп не выявил достоверных межгрупповых различий, однако значения ФВ у спортсменов 1-й группы превышали показатели 3-й группы на 10 %, а УО, КДО и КСО были достоверно выше у спортсменов первой группы ($p \leq 0,05$). Такая структурно-функциональная перестройка свидетельствует о расширении полости левого желудочка, что является важным приспособительным механизмом адаптации к физической нагрузке и создает основу для

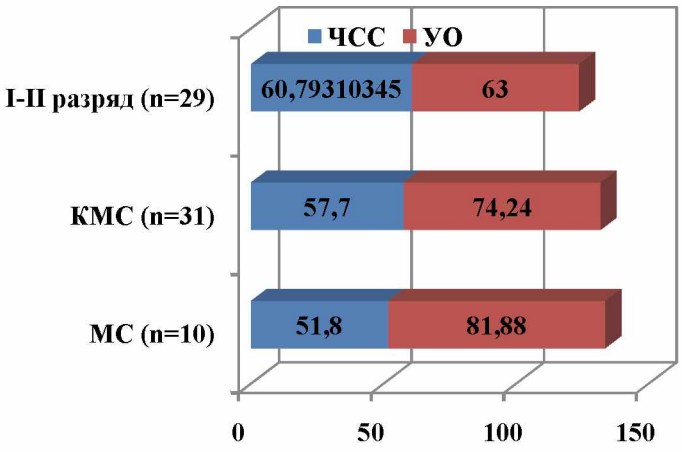

Рис. 1. Вклад ЧСС и УО в показатель МОК у спортсменов с разной квалификацией
Fig. 1. The contribution of HR and SV to the minute volume of blood circulation in the athletes of different qualifications

Таблица 1
Table 1

Показатели кардиогемодинамики у спортсменов циклических видов спорта в условиях физиологического покоя
Indicators of cardiac hemodynamics in the athletes of cyclic sports at physiological rest

Показатели Parameters	МС (n = 10) (M ± m) Master of Sports	КМС (n = 31) (M ± m) Candidate for Master of Sports	I–II разряд (n = 29) (M ± m) I–II rank	Достоверность различий, p Significance of differences, p
ЧСС, уд./мин / HR, bpm	51,81 ± 1,69	57,73 ± 1,79	60,82 ± 1,63	p(1–3) ≤ 0,05
УО, мл / SV, ml	81,87 ± 7,75	72,24 ± 4,57	63,01 ± 5,67	p(1–3) ≤ 0,05
МОК, л/мин / MBV, l/min	4,24 ± 0,21	4,17 ± 0,17	3,83 ± 0,12	–
ИСК, усл. ед. / CI, c. u.	82,62 ± 4,20	86,65 ± 6,95	84,14 ± 4,42	–
ИДК, усл. ед. / OTI, c. u.	842,30 ± 28,67	838,77 ± 20,57	835,68 ± 20,38	–
ИОПС, усл. ед. / TPRI, c. u.	1520,4 ± 37,71	1397,71 ± 33,05	1303,9 ± 32,13	p(1–2) ≤ 0,05 p(1–3) ≤ 0,05
уИОПС, усл. ед. / sTPRI, c. u.	91,1 ± 5,43	81,80 ± 4,79	78,93 ± 2,24	p(1–3) ≤ 0,05
СИ, л/мин/м^2 / SI, l/min/m^2	4,54 ± 0,12	4,59 ± 0,13	4,87 ± 0,11	p(1–3) ≤ 0,05
ИРЛЖ, кг·мин/м^2 LVPI, kg·min/m^2	5,48 ± 0,59	4,97 ± 0,16	5,16 ± 0,17	–
уИРЛЖ, кг·мин/м^2 sLVPI, kg·min/m^2	87,2 ± 4,32	85,70 ± 2,54	84,93 ± 2,5	–
КДО, мл / EDV, ml	109,78 ± 6,61	88,99 ± 6,19	87,24 ± 7,33	p(1–3) ≤ 0,05
КСО, мл / ESV, ml	27,81 ± 4,12	25,76 ± 2,06	24,19 ± 2,17	
ФВ, % / EF, %	74,13 ± 3,35	72,43 ± 1,14	68,17 ± 2,52	–
МЖП (д), мм / IVS (d), mm	11,08 ± 0,48	10,34 ± 0,24	9,02 ± 0,21	p(1–2) ≤ 0,05 p(1–3) ≤ 0,01
ЗСЛЖ (д), мм / PWLV (d), mm	11,40 ± 0,45	10,63 ± 0,21	9,37 ± 0,25	p(1–3) ≤ 0,05
ММЛЖ, г / LVMM, g	231,75 ± 12,23	216,76 ± 12,66	188,35 ± 9,35	p(1–3) ≤ 0,05

функционирования сердца в условиях повышенного венозного возврата – возможность существенного повышения ударного объема при физических нагрузках. По мнению ряда авторов [5, 8, 17], увеличение КДО, КСО и УО при одинаковых или увеличенных значениях ФВ должно рассматриваться как проявление экономизации работы сердца в покое, что имеет место у спортсменов высокой квалификации – мастеров спорта.

При анализе результатов ЭХО КГ были выявлены достоверные изменения по некоторым морфологическим показателям у лиц с разной спортивной квалификацией (см. табл. 1). Межгрупповой анализ показателей МЖП (д), ЗСЛЖ (д), ММЛЖ показал, что адаптация миокарда к гиперкинезии у лиц с разной спортивной квалификацией происходила не только по пути дилатации левого желудочка, но и за счет утолщения его стенок. Об этом свидетельствует существенное увеличение значений МЖП (д) ($p \leq 0,05$-0,01), ЗСЛЖ ($p \leq 0,05$), ММЛЖ($p \leq 0,05$) у более квалифицированных спортсменов.

Из представленных на рис. 2 результатов видно, что самые низкие значения СИ и самые высокие значения ИОПС и уИОПС зарегистрированы у спортсменов с квалификацией МС, межгрупповые значения носили достоверный характер (см. табл. 1).

По остальным параметрам гемодинамики (ИСК, ИДК, ИРЛЖ, уИРЛЖ) достоверных различий зарегистрировано не было.

В соответствии с классификацией Н.Н. Савицкого [10], принято различать три типа кровообращения – гипокинетический, эукинетический и гиперкинетический. В основу деления положен расчет сердечного индекса (СИ). Гипокинетический тип кровообращения характеризуется низким СИ и относительно высокими величинами общего периферического сопротивления сосудов, при гиперкинетическом типе кровообращения определяются самые высокие значения СИ и соответственно низкие ОПСС. И наконец, при эукинетическом типе значения всех этих показателей гемодинамики находятся в середине диапазона колебаний.

С целью определения количества спортсменов с разными типами кровообращения в каждой исследуемой группе были проанализированы индивидуальные протоколы гемо-

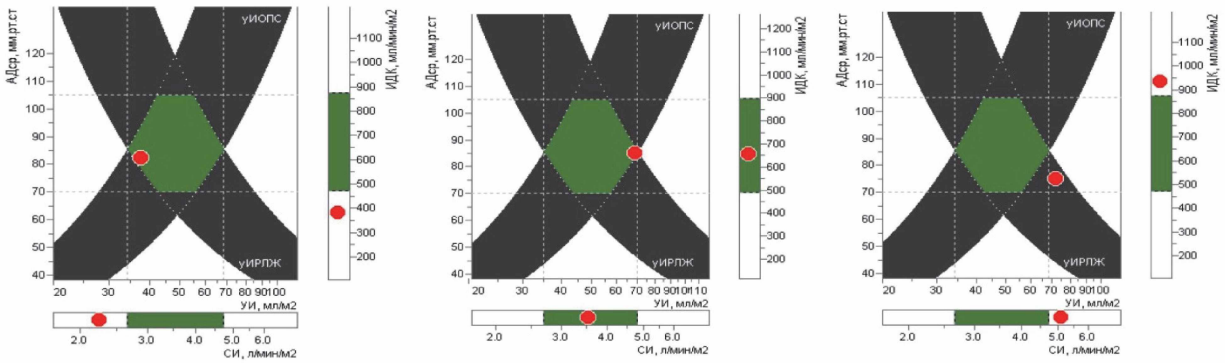

Рис. 2. Протоколы исследования гемодинамики: гипокинетический, эукинетический и гиперкинетический типы кровообращения
Fig. 2. Hemodynamics research protocols: hypokinetic, eukinetic, and hyperkinetic types of blood circulation

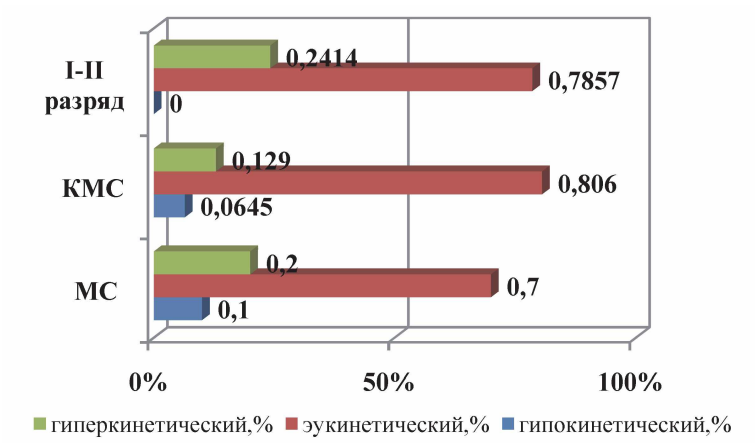

Рис. 3. Распространенность типов кровообращения у спортсменов с разной квалификацией
Fig. 3. Prevalence of types of blood circulation in athletes with different qualifications

динамического исследования. Спортсмены, у которых значения СИ находились в середине диапазона колебаний (2,5–4,2 л/мин/м^2), были отнесены к эукинетическому типу кровообращения (рис. 3), значения СИ находились в диапозоне от 4,2 и более – к гиперкинетическому, и значения СИ менее 2,5 – к гипокинетическому (см. рис. 2).

Анализ протоколов гемодинамического исследования выявил, что наибольшее количество спортсменов во всех исследуемых группах имели эукинетический тип кровообращения: среди мастеров спорта – 70 %, кандидатов в мастера спорта – 80,60 % и спортсменов-разрядников – 78,57 % (рис. 3).

Представителей с гипокинетическим типом кровообращения в первой группе зарегистрировано 20 %, во второй – 12,90 % и в третьей не зарегистрировано. Распространенность спортсменов с гиперкинетическим типом кровообращения составила 10 %, 12,90 % и 24,14 % соответственно.

При анализе ВСР со спектральной оценкой медленноволновых колебаний показателей кардиогемодинамики у обследованных спортсменов анализировали следующие показатели: среднее АД (BP), ЧСС (HR), УО (SV), МОК (CO), ФВ (EF), пульсацию крови в микрососудах (ATOE). Регистрировали общую мощность спектра (OMC), а также вклад мощности колебаний в каждом из диапазонов спектра. Рассчитывали как абсолютные значения мощности колебаний в каждом из диапазонов (UVLF, VLF, LF, HF), так и их относительные значения по отношению к общей мощности спектра в процентах (% UVLF, % VLF, % LF, % HF). Полученные результаты представлены в табл. 2.

Обсуждение. Анализ эхокардиографических показателей (МЖП (д), ЗСЛЖ (д), ММЛЖ) позволил определить, что адаптация миокарда к гиперкинезии у лиц с разной спортивной квалификацией происходила не только по пути дилатации левого желудочка,

Таблица 2
Table 2

Вариабельность показателей гемодинамики у спортсменов с разной квалификацией
Hemodynamics variability in athletes with different qualifications

Показатель Parameter		ОМС, усл. ед. TSP, c. u.	UVLF, усл. ед. / c.u.	VLF, усл. ед. / c.u.	LF, усл. ед. / c.u.	HF, усл. ед. / c.u.	%UVLF	%VLF	%LF	%HF
Ср. давл., мм рт.ст. Average pressure, mmHG	МС MS	12,69 ± 1,06	3,44 ± 0,42	7,8* ± 0,84	1,38 ± 0,15	0,07 ± 0,01	22,7	62*	12,3	3,0
	КМС CMS	7,78 ± 0,81	2,57 ± 0,28	4,06* ± 0,43	0,73 ± 0,09	0,42 ± 0,05	26,3	48*	23,4	2,3
	I–II	4,68 ± 0,52	1,41 ± 0,16	2,43* ± 0,26	0,41 ± 0,04	0,43 ± 0,05	19,72	50,08*	24,5	5,7
ЧСС, уд./мин HR, bpm	МС MS	145,24 ± 17,45	73,58* ± 7,91	67,87 ± 7,08	3,19 ± 0,36	0,52 ± 0,07	43,8*	29,4	23,5	3,3
	КМС CMS	124,11 ± 14,38	44,60 ± 4,73	70,21* ± 7,74	5,72 ± 0,63	3,58 ± 0,40	21,7	45,2*	20,4	12,7
	I–II	303,49 ± 29,82	127,55 ± 13,08	16,18 ± 1,79	150,68 ± 15,57*	9,12 ± 0,94	35,3	10,7	46,4*	7,6
УО, мл SV, ml	МС MS	44,92 ± 4,80	19,33 ± 2,09	21,74* ± 2,30	3,92 ± 0,41	0,01 ± 0,01	19,2	49,3*	31,5	0
	КМС CMS	150,45 ± 17,36	35,43 ± 3,80	69,62* ± 7,29	41,23 ± 4,54	4,25 ± 0,46	22,9	47,3*	28,1	1,7
	I–II	149,30 ± 15,21	72,52 ± 7,43	73,88* ± 7,10	2,92 ± 0,28	0,01 ± 0,01	36,8	47,3*	15,7	0,2
МОК, л/мин MBV, l/min	МС MS	1,43 ± 0,17	0,72* ± 0,09	0,64* ± 0,08	0,06 ± 0,01	0,01 ± 0,01	25,5	33,2*	33,1*	8,2
	КМС CMS	1,52 ± 0,17	0,35 ± 0,04	0,67* ± 0,08	0,38 ± 0,05	0,12 ± 0,02	17,4	34,9*	29,3	18,4
	I–II	1,55 ± 0,18	0,62 ± 0,08	0,78* ± 0,08	0,09 ± 0,01	0,06 ± 0,01	29,3	45,7*	13,3	11,7

Примечание. * – наибольший вклад мощности колебаний в каждом из диапазонов спектра.
Note. * – the greatest contribution of oscillation power in each range of the spectrum.

но и за счет утолщения его стенок. Об этом свидетельствует существенное увеличение значений МЖП (д), ЗСЛЖ, ММЛЖ у более квалифицированных спортсменов. Аналогичные данные приводят [15]; они также показали, что физиологическая гипертрофия, возникающая у спортсменов, связана с интенсивностью и продолжительностью упражнения и напрямую связана с уровнем физической подготовки или VO2max. Отдельного внимания заслуживает изучение изменений со стороны правых отделов сердца у лиц, выполняющих большие нагрузки на выносливость, но публикаций по этой теме недостаточно [13].

Из представленных результатов видно, что в регуляции ритма сердца наблюдались такие отличия у лиц с разной спортивной квалификацией. У спортсменов – МС отмечено преобладание UVLF (метаболическая регуляция), у группы спортсменов – КМС были более выраженными VLF-колебания (гуморальная регуляция), а у третьей группы спортсменов наблюдалась наибольшая активность волн диапазона LF, что может свидетельствовать о повышенном влиянии симпатического отдела вегетативной нервной системы и гуморальной регуляции при адаптации к физическим нагрузкам. В регуляции артериального давления и ударного объема у представителей всех групп выявлено преобладание гуморальной регуляции (LF) и наиболее высокая их относительная мощность. Аналогичная картина наблюдалась в вариабельности МОК, однако для спортсменов – МС был характерен «гуморально-метаболический» тип регуляции, когда абсолютные значения мощности колебаний в диапазонах UVLF и VLF, а также их относительные значения практически не отличались. В публикации [16] подчеркивается важная роль барорефлекторных механизмов в снижении частоты сердечных сокращений, периферического сосудистого сопротивления и эфферентной активности симпатического нерва, что позволяет говорить о тесной связи

различных аспектов регуляции деятельности сердца и тонуса сосудов как единого механизма в обеспечении приспособления к физическим нагрузкам.

Отсутствие в группе спортсменов-разрядников лиц с гипокинетическим типом кровообращения, на наш взгляд, связано с тем, что в процессе тренировок высокие требования к аппарату кровообращения реализуются у них в первую очередь за счет хронотропного механизма, который является результатом срочной и менее совершенной адаптации. И лишь с увеличением стажа занятий и соответственно спортивной квалификации в процессе долговременной адаптации к циклической работе происходит формирование гипокинетического типа кровообращения. По данным ряда авторов [9], при гипокинетическом типе кровообращения имеет место наиболее экономичная работа сердечно-сосудистой системы, которая обладает большим диапазоном компенсаторных возможностей. В ряде исследований выявлена иная точка зрения [3]. Исследования, проведенные в области спортивной кардиологии [12, 9], не только подтверждают существование гемодинамической неоднородности спортсменов, но и дают основание предположить, что формирование того или иного типа кровообращения определяется характером тренировочного процесса, стажем тренировок, а также являются генетически детерминированным процессом, точно так же, как генетически детерминированными являются резервы адаптации сердца к гиперфункции.

Выводы

1. Регуляция деятельности сердечно-сосудистой системы по показателям: среднее артериальное давление, ударный объем и МОК у спортсменов циклических видов спорта с разной спортивной квалификацией реализуется преимущественно «гуморально-метаболической» составляющей ВСР. Различия наблюдались в регуляции ритма сердца, где у спортсменов 3-й группы (I–II разряд) отмечено повышенное по сравнению с другими группами влияние симпатического отдела вегетативной нервной системы.

2. У спортсменов высокой квалификации (мастера спорта) приспособление к высоким физическим нагрузкам реализуется изменением гемодинамического гомеостаза путем повышения гуморально-метаболической активности регуляции ритма сердца, ударного объема, КДО, КСО, а также за счет утолщения стенок миокарда.

3. У спортсменов I–II разряда более выражено влияние симпатической активности в регуляции ритма сердца в сравнении с более квалифицированными спортсменами; в процессе тренировок высокие требования к аппарату кровообращения реализуются у них в первую очередь за счет хронотропного механизма, который является проявлением менее совершенной адаптации.

Литература

1. Анализ подходов к оптимальному управлению тренировочным процессом в спорте высших достижений / Е.А Ширковец, М.В. Арансон, Э.С. Озолин, Л.Н. Овчаренко // Вестник спортивной науки. –2009. – № 5. – С. 37–40.

2. Ванюшин, Ю.С. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния организма спортсменов / Ю.С. Ванюшин, Р.Р. Хайруллин // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 7. – С. 11–14.

3. Вишнев, В.Ю. Возможности неинвазивного мониторинга сердечно-сосудистой системы у спортсменов 8–19 лет / В.Ю. Вишнев, Е.Д. Пушкарев // Известия высших учебных заведений. Урал. регион. – 2009. – № 4. – С. 91–93.

4. Влияние регулярных физических нагрузок на морфофункциональное состояние сердечно-сосудистой системы у действующих спортсменов и ветеранов спорта / Е.В. Машковский, Е.Е. Ачкасов, О.Т. Богова, Д.О. Винничук // Спортивная медицина: наука и практика. – 2014. – № 1. – С. 22–30.

5. Загородный, Г.М. Спортивное сердце: критерии, дифференциальная диагностика / Г.М. Загородный, Ю.Э. Питкевич, И.М. Кузьмина // Роль профилактики и реабилитации в обеспечении качества жизни населения на современном этапе: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Махачкала, 2013. – С. 76–78.

6. Коломиец, О.И. Вариабельность ритма сердца при адаптации к физическим нагрузкам различной направленности / О.И. Коломиец, Е.В. Быков // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 12 (118). – С. 98–103.

7. Кудря, О.Н. Адаптация сердечно-сосудистой системы спортсменов к нагрузкам разной направленности / О.Н. Кудря, Л.Е. Бе-

лова, Л.В. Капилевич // Вестник Томского гос. ун-та. – 2012. – № 5. – С. 162–166.

8. Кудря, О.Н. Специфические изменения аппарата кровообращения при тренировке различных физических качеств / О.Н. Кудря // Физиологические и биохимические основы и педагогические основы адаптации к разным по величине физическим нагрузкам: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2012. – С. 144–147.

9. Построение тренировочного процесса на основе совершенствования методов контроля функционального состояния спортсменов и учета генетических факторов / Е.В. Быков, Н.Г. Зинурова, А.В. Чипышев, О.И. Коломиец, Е.В. Леконцев. – Челябинск: Урал. академия, 2018. – 130 с.

10. Савицкий, Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы исследования гемодинамики / Н.Н. Савицкий. – Л.: Медицина, 1974. – 309 с.

11. Тарабрина, В.А. Изучение гемодинамических показателей спортсменов на различных этапах спортивной подготовки / В.А. Тарабрина, Н.Ю. Тарабрина // Молодой ученый. – 2017. – № 8. – С. 133–136.

12. Функциональная взаимосвязь вегетативной регуляции сердечного ритма и периферической гемодинамики в подготовке высококвалифицированных хоккеистов / Т.М. Брук, Ф.Б. Литвин, Н.В. Осипова, К.Д. Любутина, Н.Д. Титкова // Лечебная физ. культура и спорт. медицина. – 2017. – № 1 (139). – С. 20–26.

13. Exploratory insights from the right-sided electrocardiogram following prolonged endurance exercise / Lord Rachel, George Keith, Somauroo John et al. // European Journal of Sport Science. – 2016. – Vol. 16 (8). – P. 1014–1022. DOI: 10.1080/17461391.2016.1165292

14. Heart rate variability in elite hockey players of 11–13 years old and selection efficiency in professional youth hockey / E.F. Surina-Marysheva, V.V. Erlikh, Y.B. Korableva et al. // Journal of Physical Education and Sport. – 2018. – Vol. 18 (272). – P. 1856–1862.

15. Hypertrophy of the left ventricle of the heart of Georgian wrestlers and football players of high qualification due to intense physical stress: link with the aerobic capacity / Z. Kakhabrishvili, V. Akhalkatsi, L. Maskhulia, T. Chutkerashvili // International Journal of Wrestling Science. – 2011. – Vol. 1 (1). – P. 48–54. DOI: 10.1080/21615667.2011.10878919

16. Mitchell, J.H. Neural circulatory control during exercise: early insights / J.H. Mitchell // Exp Physiol. – 2013. – Vol. 98 (4). – P. 867–878. – DOI: 10.1113/expphysiol.2012.071001

17. Prevalence and clinical significance of aortic root dilation in highly trained competitive athletes / A. Pelliccia, Di Paolo F.M., De Blasiis E. et al. // Circulation. – 2010. – Vol. 122. – P. 698–706. DOI: 10,1161/CIRCULATIONAHA.109/901074

18. Tupiev, I.D. Physiological effects of using physical loads of different intensity in female students aged 21-23 / I.D. Tupiev, S.V. Latukhov, D.Z. Shibkova // Theory and Practice of Physical Culture. – 2014. – N 10. – P. 17.

Быков Евгений Витальевич, доктор медицинских наук, профессор, проректор по НИР, заведующий кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации НИР, Уральский государственный университет физической культуры. 454091, г. Челябинск, ул. Орджоникидзе, 1. E-mail: bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793.

Балберова Ольга Владиславовна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института олимпийского спорта, Уральский государственный университет физической культуры. 454080, г. Челябинск, ул. Труда, 168. E-mail: olga-balberova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5513-6384.

Сабирьянова Елена Сергеевна, доктор медицинских наук, доцент, научный сотрудник научно-исследовательского центра спортивной науки, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск. 454080, проспект Ленина, 76; профессор кафедры спортивной медицины и физической реабилитации, Уральский государственный университет физической культуры. 454080 г. Челябинск, ул. Труда, 168. E-mail: uesap@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7511-2646.

Чипышев Антон Викторович, кандидат биологических наук, доцент кафедры спортивной медицины и физической реабилитации, Уральский государственный университет физической культуры. 454080 г. Челябинск, ул. Труда, 168. E-mail: jk_m@bk.ru, ORCID: 0000-0002-4672-0607.

Поступила в редакцию 10 июня 2019 г.

DOI: 10.14529/hsm190305

THE FEATURES OF MYOCARDIAL HEMODYNAMIC AND VEGETATIVE HOMEOSTASIS IN ATHLETES OF DIFFERENT QUALIFICATIONS FROM ACYCLIC SPORTS

E.V. Bykov[1], *bev58@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-7506-8793,*
O.V. Balberova[1], *olga-balberova@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5513-6384,*
E.S. Sabiryanova[1,2], *uesap@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7511-2646,*
A.V. Chipyshev[1], *jk_m@bk.ru, ORCID: 0000-0002-4672-0607*
[1]*Ural State University of Physical Culture, Chelyabinsk, Russian Federation,*
[2]*South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation*

Aim. The article deals with studying the functional status of the cardiovascular system and the features of its regulation in athletes of different qualifications from acyclic sports. **Materials and methods.** Male athletes of different qualifications aged 18–22 years and involved in acyclic sports participated in the study. A complex noninvasive bioimpedance study of HRV and hemodynamics was conducted with the Centaur (Microlux) system. The study of morphofunctional indicators of the myocardium was performed with echocardiography. **Results.** In athletes with the rank of Master of Sports adaptation to physical training is implemented through the increase in stroke volume, end-diastolic volume, end-systolic volume, the humoral metabolic activity of heart rate regulation, and myocardial thickening. In the athletes of the 1st and 2nd ranks, there is a predominance of sympathetic activity in heart rate regulation and the chronotropic mechanism in response to physical load, which proves their less perfect adaptation. **Conclusion.** Based on the results obtained in the transition period of training the features of myocardial hemodynamic and vegetative homeostasis were revealed. Namely, the increase in qualifications and sports performance enhancement are determined by both morphofunctional changes in the heart, and the improvement of heart rate regulation mechanisms and cardiac contractile function.

Keywords: *heart rate variability, contractile frequency, stroke volume, minute volume of blood circulation, athletes from acyclic sports, sports qualifications.*

References

1. Shirkovets E.A., Aranson M.V., Ozolin E.S., Ovcharenko L.N. [Analysis of Approaches to the Optimal Management of the Training Process in Sports of the Highest Achievements]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2009, no. 5, pp. 37–40. (in Russ.)
2. Vanyushin Yu.S., Khayrullin R.R. [Cardiorespiratory System as an Indicator of the Functional State of the Body of Athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture], 2015, no. 7, pp. 11–14. (in Russ.)
3. Vishnev V.Yu., Pushkarev E.D. [Possibilities of Non-Nnvasive Monitoring of the Cardiovascular System in Athletes 8–19 Years Old]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Ural'skiy region* [News of Higher Educational Institutions. Ural Region], 2009, no. 4, pp. 91–93. (in Russ.)
4. Mashkovskiy E.V., Achkasov E.E., Bogova O.T., Vinnichuk D.O. [The Effect of Regular Physical Exertion on the Morphofunctional State of the Cardiovascular System in Existing Athletes and Sports Veterans]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika* [Sports Medicine. Science and Practice], 2014, no. 1, pp. 22–30. (in Russ.)
5. Zagorodnyy G.M., Pitkevich Yu.E., Kuz'mina I.M. [Athletic Heart. Criteria, Differential Diagnosis]. *Rol' profilaktiki i reabilitatsii v obespechenii kachestva zhizni naseleniya na sovremennom etape: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The Role of Prevention and Rehabilitation in Ensuring the Quality of Life of the Population at the Present Stage. Materials of the International Scientific and Practical Conference], 2013, pp. 76–78. (in Russ.)
6. Kolomiyets O.I., Bykov E.V. [Heart Rate Variability During Adaptation to Physical Activity of Various Kinds]. *Uchenyye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta* [Science Notes University P.F. Lesgaft], 2014, no. 12 (118), pp. 98–103. (in Russ.)

7. Kudrya O.N., Belova L.E., Kapilevich L.V. [Adaptation of the Cardiovascular System of Athletes to Loads of Different Orientations]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennnogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University], 2012, no. 5, pp. 162–166. (in Russ.)

8. Kudrya O.N. [Specific Changes in the Circulatory Apparatus During the Training of Various Physical Qualities]. *Fiziologicheskiye i biokhimicheskiye osnovy i pedagogicheskiye osnovy adaptatsii k raznym po velichine fizicheskim nagruzkam: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf.* [Physiological and Biochemical Foundations and Pedagogical Foundations of Adaptation to Physical Exercises of Different Sizes. Materials of the International Scientific and Practical Conf.], 2012, pp. 144–147. (in Russ.)

9. Bykov E.V., Zinurova N.G., Chipyshev A.V. et al. *Postroyeniye trenirovochnogo protsessa na osnove sovershenstvovaniya metodov kontrolya funktsional'nogo sostoyaniya sportsmenov i ucheta geneticheskikh faktorov* [The Construction of the Training Process on the Basis of Improving Methods for Monitoring the Functional State of Athletes and Accounting for Genetic Factors]. Chelyabinsk, Ural Academy Publ., 2018. 130 p.

10. Savitskiy N.N. *Biofizicheskiye osnovy krovoobrashcheniya i klinicheskiye metody issledovaniya gemodinamiki* [Biophysical Basics of Blood Circulation and Clinical Methods for the Study of Hemodynamics]. Leningrad, Medicine Publ., 1974. 309 p.

11. Tarabrina V.A., Tarabrina N.Yu. [The Study of Hemodynamic Parameters of Athletes at Various Stages of Sports Training]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2017, no. 8, pp. 133–136. (in Russ.)

12. Bruk T.M., Litvin F.B., Osipova N.V. [The Functional Relationship of the Autonomic Regulation of Heart Rate and Peripheral Hemodynamics in the Training of Highly Qualified Hockey Players]. *Lechebnaya fizicheskaya kul'tura i sportivnaya meditsina* [Therapeutic Physical Culture and Sports Medicine], 2017, no. 1 (139), pp. 20–26. (in Russ.)

13. Lord R., George K., Somauroo J., Nikhil J. et al. Exploratory Insights From the Right-Sided Electrocardiogram Following Prolonged Endurance Exercise. *European Journal of Sport Science*, 2016, vol. 16 (8), pp. 1014–1022. DOI: 10.1080/17461391.2016.1165292

14. Surina-Marysheva E.F., Erlikh V.V., Korableva Y.B. et al. Heart Rate Variability in Elite Hockey Players of 11–13 Years Old and Selection Efficiency in Professional Youth Hockey. *Journal of Physical Education and Sport*, 2018, vol. 18 (272), pp. 1856–1862.

15. Kakhabrishvili Z., Akhalkatsi V., Maskhulia L., Chutkerashvili T. Hypertrophy of the Left Ventricle of the Heart of Georgian Wrestlers and Football Players of High Qualification Due to Intense Physical Stress: Link with the Aerobic Capacity. *International Journal of Wrestling Science*, 2011, vol. 1 (1), pp. 48–54. DOI: 10.1080/21615667.2011.10878919

16. Mitchell J.H. Neural Circulatory Control During Exercise: Early Insights. *Exp Physiol*, 2013, vol. 98 (4), pp. 867–878. DOI: 10.1113/expphysiol.2012.071001

17. Pelliccia A., Di Paolo F.M., De Blasiis E. et al. Prevalence and Clinical Significance of Aortic Root Dilation in Highly Trained Competitive Athletes. *Circulation*, 2010, vol. 122, pp. 698–706. DOI: 10,1161/CIRCULATIONAHA.109/901074

18. Tupiev I.D., Latukhov S.V., Shibkova D.Z. Physiological Effects of Using Physical Loads of Different Intensity in Female Students Aged 21–23. *Theory and Practice of Physical Culture*, 2014, no. 10, p. 17.

Received 10 June 2019

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Особенности миокардиально-гемодинамического и вегетативного гомеостаза у спортсменов циклических видов спорта с разной квалификацией / Е.В. Быков, О.В. Балберова, Е.С. Сабирьянова, А.В. Чипышев // Человек. Спорт. Медицина. – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 36–45. DOI: 10.14529/hsm190305

FOR CITATION

Bykov E.V., Balberova O.V., Sabiryanova E.S., Chipyshev A.V. The Features of Myocardial Hemodynamic and Vegetative Homeostasis in Athletes of Different Qualifications from Acyclic Sports. *Human. Sport. Medicine*, 2019, vol. 19, no. 3, pp. 36–45. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm190305