

## СОСТОЯНИЕ КАРДИОГЕМОДИНАМИКИ У ДЕВУШЕК-СПОРТСМЕНОК ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ КРОВООБРАЩЕНИЯ

*Е.В. Быков, Т.В. Потапова\*, А.С. Бахарева  
ЮУрГУ, г. Челябинск; \*ТГУ, г. Тюмень*

**В работе отражены особенности регуляции ритма сердца и ударного объема у девушек-спортсменок циклических видов спорта с различными типами кровообращения.**

*Ключевые слова: ритм сердца, ударный объем, тип кровообращения.*

Переход на качественно иной этап физической подготовленности и связанное с этим увеличение физических нагрузок обусловило актуальность исследований, направленных на совершенствование функциональной подготовки квалифицированных лыжниц-гонщиц с помощью выявления модельных закономерностей функционирования различных систем организма. Спортивная результативность у лыжников высокого класса связывается, прежде всего, с эффективностью использования кислорода в работающих мышцах [2]. Однако, повышаясь на первых этапах подготовки, аэробная мощность в дальнейшем стабилизируется [7, 8, 11], формируя высокое качество компенсаторно-приспособительных реакций, обеспечивающих повышение специальной работоспособности [10]. Одинаково высокие результаты могут показывать спортсмены с разным, и даже с относительно невысоким уровнем МПК, являющимся адекватной характеристикой аэробной мощности, одним из показателей функционального состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем, отражающей окислительные возможности организма в удельном выражении [1]. *Показано, что за последние десятилетия рост спортивных достижений не сопровождается повышением МПК у выдающихся спортсменов.* В этой связи все большее внимание уделяется анализу специфики регуляторных механизмов у спортсменов с различным уровнем спортивной результативности, типов кровообращения (ТК), направленному на определение «модельных» функциональных характеристик спортсменов различных видов спорта.

Так, лица с гипокинетическим ТК (ГТК) обладают меньшими, по сравнению с другими типами кровообращения, значениями УО, МОК, а также более высокими ОПСС. Согласно исследованиям Г.М. Яковлева с соавт. [14] для ГТК характерно повышение уровня экстракции кислорода из крови тканями, что обуславливает ограничение излишнего МОК. Гиперкинетический тип кровообращения (ГрТК), который по данным литературы требует

больших энергозатрат и менее эффективен в гемодинамическом отношении [5, 9, 13] характеризуется повышенными значениями УО, МОК и меньшими ОПСС и ДВНС, чем у лиц с ЭТК и ГТК. При ГрТК приоритет имеют механизмы, обеспечивающие возможность быстрого снабжения тканей легко реализуемыми энергетическими субстратами при сниженной капиллярно-тканевой диффузии кислорода. Достижение необходимого уровня МОК идет у лиц с ГрТК по энергетически более расточительному пути – преимущественному приросту ЧСС и артериального давления при недостаточном повышении уровня ОПСС [4, 9]. Эукинетический тип кровообращения (ЭТК) по показателям сердечно-сосудистой системы занимает промежуточное положение между рассмотренными выше типами и характеризуется наиболее оптимальными соотношениями параметров кардиогемодинамики и большей экономичности работы сердца у лиц с ЭТК. «Крайние» типы гемодинамики демонстрируют перегрузку сердечно-сосудистой системы: для спортсменов с ГТК – сосудистого, для лиц с ГрТК – сердечного компонента [12].

Выявленная нами ранее разнонаправленность изменений показателей центрального и периферического звена системы кровообращения в состоянии покоя у лыжниц-гонщиц обуславливает разный уровень соревновательной результативности [3], что, вероятно, свидетельствует об особенностях течения адаптационных процессов под воздействием физических нагрузок на различных этапах подготовки. В этой связи нами было проведено изучение типов кровообращения у лыжниц обеих групп.

**Цель работы:** выявить особенности нейроморальной регуляции хроно- и инотропной функции сердца у спортсменок циклических видов спорта с различными типами кровообращения.

В исследовании приняли участие лыжницы-гонщицы в возрасте 17–20 лет, стаж тренировок более 5 лет. Критерием выделения спортсменок в группы по типам кровообращения (ТК) послужили

значения сердечного индекса (СИ): гипокинетич. ТК при СИ < 2,75 л/мин/м<sup>2</sup>; эукинетический ТК при СИ = 2,75–3,5 л/мин/м<sup>2</sup>; гиперкинетический ТК при СИ > 3,5 л/мин/м<sup>2</sup> [9]. Нами было выявлено, что у лидеров СИ по мере повышения уровня тренированности организма закономерно снижался от этапа к этапу и его среднегрупповая величина (2,72 л/мин/м<sup>2</sup>) находилась на границе гипокинетического и эукинетического типов кровообращения. У спортсменок с более низким уровнем спортивной результативности среднегрупповое значение СИ (3,33 л/мин/м<sup>2</sup>) соответствовало границе эукинетического и гиперкинетического типов кровообращения.

В исходном положении у лыжниц в исходном положении с гипокинетическим типом кровообращения по сравнению с ЭТК и ГрТК были выявлены относительно низкие значения ударного объема сердца (УО) и минутного объема кровообращения (МОК) (p < 0,05) (табл. 1). В частности, УО

нальных возможностях ССС у девушек с различными ТК. Кроме того, ортостатическая устойчивость во всех видах спорта является важным условием спортивной работоспособности. При переходе в вертикальное положение у лыжниц – гонщиц было отмечено достоверное увеличение ЧСС, снижение УО. Так, величина ЧСС у лыжниц достоверно повышалась, причем, у лиц с ЭТК и ГрТК увеличение ЧСС было более выраженным (28–28,9 %), и разница с девушками с ГТК составила 8 % (p < 0,005) (рисунок). Выявленная нами динамика среднегрупповых показателей ЧСС укладывается в нормотонический вариант ортостатической пробы. Наименьший прирост ЧСС был отмечен у лыжниц с ГрТК (p < 0,005). В то же время у спортсменок с ГрТК наблюдалось более значимое снижение УО (36,3 %, p < 0,005), что может быть расценено как менее адекватная реакция насосной функции сердца за счет значительного уменьшения притока крови. Уменьшение УО у лиц с ЭТК и ГТК в отли-

Таблица 1

Показатели центральной гемодинамики лыжниц-гонщиц в зависимости от типов кровообращения (M ± m)

ТК	Проба	ЧСС, уд./мин	УО, мл	МОК, л/мин	СИ, л/мин/м <sup>2</sup>	ФВ, %
ГТК	лежа	51,31 ± 2,14*	82,12 ± 4,11*	4,21 ± 0,14*	2,41 ± 0,2*	62,42 ± 0,75
	орто	70,24 ± 2,14*	56,91 ± 4,11*	3,99 ± 0,14*	2,40 ± 0,2*	57,12 ± 0,75
	p	< 0,05	< 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
ЭТК	лежа	48,43 ± 2,09*	100,32 ± 5,17*	4,84 ± 0,29	3,00 ± 0,2	63,61 ± 0,51
	орто	64,28 ± 2,09*	78,04 ± 5,17*	5,01 ± 0,29***	2,61 ± 0,2	57,07 ± 0,51
	p	< 0,05	< 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05
ГрТК	лежа	61,03 ± 2,27*	112,67 ± 5,22***	6,88 ± 0,74***	4,11 ± 0,2*	63,03 ± 0,54
	орто	78,12 ± 2,27*	71,07 ± 5,22*	5,55 ± 0,74	3,86 ± 0,2	58,83 ± 0,54
	p	< 0,05	< 0,05	< 0,05	> 0,05	> 0,05

Примечание. Достоверность различий между ГТК и ЭТК; ЭТК и ГрТК; ГрТК и ГТК: \* при p < 0,05; \*\* при p < 0,01; \*\*\* при p < 0,001.

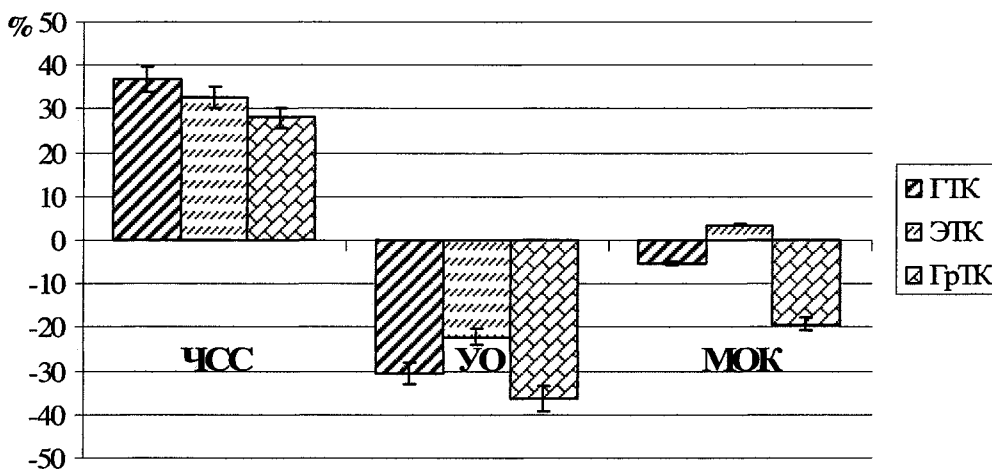
у лиц с ГТК ниже на 21,8 % (p < 0,05), чем УО девушек с ЭТК и на 36,4 % (p < 0,01) в отличие от лиц с ГрТК; МОК – на 13,5 (p < 0,05) и 63,4 % (p < 0,001), соответственно. Фракция выброса (ФВ) между типами кровообращения достоверных отличий не имела. ЧСС была наименьшей в группе спортсменок с ЭТК и составила разницу с группой с ГТК 5,9 % (p > 0,05), а девушками с ЭТК 27,6 % (p < 0,05). При этом анализ величин УО и ЧСС показал тесную обратную связь при эу- и гиперкинетическом ТК (r = -0,76 и r = -0,80, p < 0,05, соответственно). При гипокинетическом ТК достоверной связи между этими показателями не выявлено.

Анализ результатов ортостатической пробы позволил судить об эффективности комплекса компенсаторных реакций организма и функцио-

ние от лыжниц с ГрТК оказалось менее выраженным (22,2 и 30,7 % соответственно, p < 0,05).

Анализ индивидуальных особенностей реакций на ортостатическую пробу выявил проявления дезадаптивных реакций у 11 % лыжниц с ГТК (характеризует гиперсимпатикотонический вариант реакции): при относительно низком ударном объеме поддержание МОК у девушек с ГТК при ортостатических воздействиях осуществляется за счет значительного повышения хронотропной функции сердца.

Таким образом, в группе спортсменок с ЭТК наблюдалась более экономичная реакция центральной гемодинамики на ортопробу. Более выраженное увеличение инотропной функции у лыжниц с ЭТК обусловило достоверное снижение СИ на 13 % (p < 0,05).



Динамика (%) показателей ЧСС, УО, МОК при выполнении ортостатической пробы

В табл. 2 представлены результаты изменения общей variability ритма сердца по диапазонам медленноволнового спектра у лыжниц с различными типами кровообращения.

Как видно из табл. 2, у лыжниц с ЭТК в исходном положении отмечается рост общей variability кардиоритма на 42,8 % (p < 0,05) от значений девушек с ГТК и на 38,8 % (p < 0,05) в отличие от спортсменок с ГрТК за счет достоверного увеличения мощности в НЧ диапазоне (p < 0,05). Анализ процентного распределения регуляторных воздействий на ЧСС выявил в группе лыжниц с ГТК преоб-

ладание парасимпатического отдела ВНС (ВЧ > НЧ), у девушек с ЭТК – симпатического (НЧ > ВЧ) и в обоих случаях с доминированием сегментарного уровня регуляции. У лиц с ГрТК более высокие значения ЧСС обусловили превалирование надсегментарного уровня регуляции ритма сердца (ОНЧ > НЧ > ВЧ).

Проведение ортопробы позволило выявить изменения активности и вклада уровней регуляции хронотропной функции сердца у спортсменок с различными типами кровообращения. В частности, у девушек с ЭТК отчетливо выявляется активация вазомоторного центра. У спортсменок с ГрТК и

Таблица 2

Спектральные характеристики ритма сердца у спортсменок с различными типами кровообращения (M ± m)

Группа	Проба	ОМС, усл. ед.	УНЧ, мс <sup>2</sup>	ОНЧ, мс <sup>2</sup>	НЧ, мс <sup>2</sup>	ВЧ, мс <sup>2</sup>
ГТК	лежа (1)	13,56 ± 7,15	0,79 ± 0,37 5,8 %	2,73 ± 1,13 20,1 %	2,93 ± 1,44 21,6 %	7,12 ± 2,35 52,5 %
	орто (2)	27,50 ± 3,02	5,06 ± 1,85 18,4 %	13,86 ± 2,97 50,4 %	7,78 ± 1,14 28,3 %	0,79 ± 3,5 2,9 %
ЭТК	лежа (3)	23,71 ± 7,15	0,73 ± 0,15 3,1 %	5,38 ± 0,39 22,7%	11,26 ± 2,71 47,5%	6,33 ± 1,04 26,7%
	орто (4)	30,62 ± 7,15	1,44 ± 0,15 3,7 %	8,54 ± 0,39 23,9 %	19,14 ± 2,71 57,5 %	4,56 ± 1,04 14,9 %
ГрТК	лежа (5)	17,08 ± 7,15	2,15 ± 1,15 12,6 %	6,56 ± 0,39 38,4 %	5,65 ± 2,71 33,1 %	2,71 ± 1,04 15,9 %
	орто (6)	23,12 ± 7,15	5,18 ± 1,15 22,4 %	11,58 ± 0,39 50,1 %	5,85 ± 2,71 25,6 %	0,51 ± 1,04 1,9 %
p	p1- p3	< 0,001	> 0,05	> 0,05	< 0,05	< 0,001
	p1- p5	> 0,05	< 0,001	< 0,01	< 0,05	> 0,05
	p3- p5	< 0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,05	< 0,05
	p2- p4	> 0,05	> 0,05	> 0,05	< 0,05	< 0,001
	p2- p6	> 0,05	< 0,001	< 0,01	< 0,05	> 0,05
p4- p6	< 0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,05	< 0,05	

ГТК при переходе в положение стоя наблюдается увеличение ультранизкочастотного компонента спектра сердечного ритма.

Величина индекса централизации в динамике свидетельствует о возрастании роли надсегментарного уровня регуляции ритма сердца у девушек с ГТК и ГрТК против спортсменок с ЭТК. Соотношение (ОНЧ/НЧ+ВЧ) у девушек с ГТК возросло от 0,27 до 1,63 усл. ед. ( $p < 0,01$ ); у лиц с ГрТК – от 0,78 до 1,82 усл. ед. ( $p < 0,01$ ), в то время как у спортсменок с ЭТК наблюдалась тенденция увеличения от 0,30 до 0,36 усл. ед. Также у лыжниц-гонщиц значительно возрос вагосимпатический индекс (НЧ/ВЧ) за счет выраженного уменьшения влияния парасимпатического отдела ВНС. В частности, в группе с ГТК – с 0,41 до 9,8 усл. ед.; у спортсменок с ЭТК с 1,78 до 3,8 усл. ед.; у лыжниц с ГрТК от 2,08 до 11,47 усл. ед.

Таким образом, у девушек с ЭТК выявлена наиболее оптимальная реакция на ортопробу в отличие от спортсменок с ГТК и ГрТК, у которых преобладание ОНЧ-модуляций свидетельствует о централизации управления ритмом сердца.

В табл. 3 представлены результаты исследования спектральных характеристик ударного объема крови у лыжниц-гонщиц с разными типами кровообращения. Анализ активности различных уровней регуляции УО в положении лежа у лыжниц во всех группах свидетельствует о ведущей роли регуляции автономного контура (УНЧ + ОНЧ < НЧ + ВЧ). В то же время, соотношение НЧ/ВЧ у девушек с

ЭТК в отличие от спортсменок с ГТК и ГрТК было меньшим на 9,5 ( $p < 0,05$ ) и 10,4 % ( $p < 0,05$ ), соответственно, что отражает у них ведущую роль симпатического отдела ВНС в регуляции УО.

При проведении ортопробы у девушек с ГТК и ГрТК было отмечено возрастание напряжения адаптационных механизмов (УНЧ + ОНЧ > НЧ + ВЧ), что выразилось в достоверном уменьшении значений ОМС на 46,3 и 33,5 % ( $p < 0,05$ , соответственно) за счет снижения доли флюктуаций в ВЧ диапазоне ( $p < 0,05$ ). В группе лыжниц с ЭТК сохранилось доминирующее значение автономного контура регуляции. У них снижение ВЧ диапазона в ортостазе компенсировалось ростом низкочастотных колебаний на 13,7 % ( $p < 0,05$ ), отражающих роль симпатического отдела ВНС, и несущественным увеличением УНЧ- и ОНЧ-диапазонов. В результате чего, у спортсменок с ЭТК наблюдалась увеличение ОМС на 12,4 % ( $p < 0,05$ ) в отличие от его динамики девушек с ГТК и ГрТК.

Анализ медленноволновой вариабельности сократительной функции сердца, представленный показателем ФВ, показывает, что она является более стабильной величиной, чем ЧСС и УО. Это проявляется более низкими значениями ОМС колебаний ФВ и может отражать роль внутрисердечных механизмов регуляции [4].

Таким образом, изучение показателей сердечно-сосудистой системы у лыжниц-гонщиц показало, что ее функциональное состояние различается в зависимости от типа кровообращения, что опре-

Таблица 3

Спектральные характеристики ударного объема у спортсменок с различными типами кровообращения ( $M \pm m$ )

Группа	Проба	ОМС, усл. ед.	УНЧ, $mc^2$	ОНЧ, $mc^2$	НЧ, $mc^2$	ВЧ, $mc^2$
ГТК	лежа (1)	$32,04 \pm 7,15$	$3,68 \pm 0,37$ 11,5%	$9,71 \pm 1,13$ 30,3%	$13,04 \pm 1,44$ 40,7%	$5,61 \pm 2,35$ 17,5%
	орто (2)	$17,22 \pm 3,02$	$2,20 \pm 1,85$ 12,8%	$6,99 \pm 2,97$ 40,6%	$7,53 \pm 1,14$ 43,7%	$0,49 \pm 3,5$ 2,9%
ЭТК	лежа (3)	$19,91 \pm 7,15$	$0,62 \pm 0,15$ 3,1%	$2,53 \pm 0,39$ 12,7%	$11,45 \pm 2,71$ 57,5%	$5,32 \pm 1,04$ 26,7%
	орто (4)	$22,38 \pm 3,02$	$0,83 \pm 0,15$ 3,7%	$3,11 \pm 0,39$ 13,9%	$16,00 \pm 2,71$ 71,5%	$45 \pm 1,04$ 10,9%
ГрТК	лежа (5)	$78,04 \pm 7,15$	$2,58 \pm 1,12$ 3,3%	$27,24 \pm 10,4$ 34,9%	$46,98 \pm 12,5$ 50,2%	$9,05 \pm 0,48$ 11,6%
	орто (6)	$51,92 \pm 7,15$	$8,67 \pm 1,15$ 16,7%	$25,91 \pm 0,39$ 49,9%	$17,34 \pm 2,71$ 33,4%	$0,51 \pm 1,04$ 0,36%
p	p1-p3	< 0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,05	> 0,05
	p1-p5	< 0,001	< 0,001	> 0,05	< 0,05	> 0,05
	p3-p5	< 0,001	> 0,05	< 0,001	< 0,05	< 0,05
	p2-p4	< 0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,01	< 0,001
	p2-p6	< 0,001	> 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
	p4-p6	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

деляется механизмами нейрогуморальной регуляции деятельности хроно- и инотропной функции. Представленные особенности меленноволновой variability показателей ритма сердца и ударного объема могут являться модельными характеристиками, позволяющими использовать их для спортивного отбора, коррекции тренировочных нагрузок, в целом – для биоуправления процессом спортивной подготовки.

#### Литература

1. Абзалов, Р.А. Показатели минутного объема крови спортсменов различной квалификации и возраста / Р.А. Абзалов, О.И. Павлова // Теория и практика физ. культуры. – 1997. – № 4. – С. 59.
2. Баталов, А.Г. Модельно-целевой способ построения спортивной подготовки высококвалифицированных спортсменов в зимних видах спорта / А.Г. Баталов // Теория и практика физической культуры. – 2000. – №11. – С. 46–52.
3. Бахарева, А.С. Механизмы оптимизации системы кровообращения лыжниц-гонимцев под влиянием систематических физических нагрузок / А.С. Бахарева // Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды: материалы II междунар. научно-практ. конф. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2008. – Т. 2. – С. 336–340.
4. Особенности реакции сердечно-сосудистой системы человека на дозированную физическую нагрузку в зависимости от типа саморегуляции человека / А.А. Бова, В.П. Фекета, Е.В. Капустин, В.Ю. Денещук // Физиология человека. – 1993. – Т. 19, № 5. – С. 168.
5. Адаптация сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам / Е.В. Быков, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров и др. // В кн.: Колебательная-активность показателей функциональных систем организма спортсменов и детей с различной двигательной активностью. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – С. 92–207.
6. Ванюшин, В.С. Показатели кардиореспираторной системы у спортсменов разного возраста / В.С. Ванюшин // Физиология человека. – 1998. – Т. 24, № 3. – С. 3–5.
7. Васильева, В.В. Кровоснабжение мышц – основной фактор специальной работоспособности спортсменов / В.В. Васильева // Теория и практика физической культуры. – 1989. – № 8. – С. 35–36.
8. Верхошанский, Ю.В. Некоторые закономерности долговременной адаптации организма спортсмена к физическим нагрузкам / Ю.В. Верхошанский, А.А. Виру // Физиология человека. – 1987. – Т. 13, № 5. – С. 811–818.
9. Дембо, А.Г. Спортивная кардиология: руководство для врачей / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский. – Л.: Медицина, 1989. – 464 с.
10. Дудина, Е.А. Аэробные возможности и состояние здоровья: клиничко-морфофункциональные параллели / Е.А. Дудина // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 1. – С. 25–26.
11. Адаптация человека к спортивной деятельности / А.П. Исаев, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров и др. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГПУ, 2004. – 236 с.
12. Муратов, В.В. О необходимости учета типа кровообращения человека при изучении влияния факторов окружающей среды на сердечно-сосудистую систему / В.В. Муратов // Современные проблемы и методические подходы к изучению факторов производственной и окружающей среды на здоровье человека. – Ангарск, 1993. – С. 82–83.
13. Сабирьянов, А.Р. Медленноволновые колебания показателей кровообращения у детей / А.Р. Сабирьянов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 115 с.
14. Яковлев, Г.М. Типы кровообращения здорового человека: нейрогуморальная регуляция минутного объема кровообращения в условиях покоя / Г.М. Яковлев, В.А. Карлов // Физиология человека. – 1992. – Т. 18, № 8. – С. 86–108.

Поступила в редакцию 8 июня 2008 г.