

УДК 612.1

Ф.Б. Литвин, И.П. Аносов, П.О. Асямолов, Г.В. Васильева, С.В. Мартынов, В.Я. Жигало

СЕРДЕЧНЫЙ РИТМ И СИСТЕМА МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У ЛЫЖНИКОВ В ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ

Проведен анализ variability сердечного ритма и системы микрогемодициркуляции у спортсменов-лыжников в предсоревновательный период годового тренировочного цикла. Обнаружена разная степень снижения напряженности регуляторных систем в зависимости от уровня мастерства. Раскрыта зависимость величины перфузии и оптической тканевой оксигенации смешанной крови в микроциркуляторном русле у лыжников с учетом спортивной квалификации.

Ключевые слова: спортсмены, физическая нагрузка, variability сердечного ритма, типы вегетативной регуляции, лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция, сатурация кислорода.

В тренировочно-соревновательном процессе все задачи по подготовке спортсмена к успешному выступлению на соревнованиях направлены на повышение спортивного мастерства через совершенствование технической и тактической подготовки спортсмена, улучшение его физической работоспособности, расширение функциональных возможностей организма и адаптивной устойчивости к внешним факторам. Без объективного, глубокого и оперативного контроля над уровнем «загруженности» организма невозможно и самоуправление тренировочным процессом. Проблема оценки функционального состояния организма спортсмена достаточно сложна и требует всестороннего обследования всех органов и систем, которое далеко не всегда может быть проведено в полном объеме [1; 2]. Поэтому чаще всего исследуют сердечно-сосудистую систему, которая, являясь одной из наиболее важных систем жизнеобеспечения, часто рассматривается как индикатор функционального состояния целостного организма [3; 4]. Исследованию ритма сердца в процессе адаптации к тренировочным и соревновательным нагрузкам в последнее десятилетие уделяется большое внимание. Ритм и сила сердечных сокращений очень чутко реагируют на стрессорные воздействия и несут информацию о состоянии регулирующих их систем, регуляторно-адаптивных возможностях организма. При этом следует учитывать, что адаптивные механизмы на уровне периферического отдела сердечно-сосудистой системы – системы микроциркуляции – характеризуются рядом особенностей, что требует разграничения подходов в оценке адаптационных сдвигов на уровне центрального и периферического звеньев.

Микрососудистое русло является конечной мишенью сердечно-сосудистой системы, где происходит транскапиллярный обмен, обеспечивающий необходимый тканевой гомеостаз [5]. Потребление энергии работающими мышцами в ходе тренировочного процесса требует синхронной доставки кислорода с участием системы микрогемодициркуляции. В последние годы все большую популярность в оценке гемодинамических процессов на уровне системы микроциркуляции приобретает неинвазивный способ, основанный на методе лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Сегодня уже хорошо известно, что кровоток в микроциркуляторном русле подвержен колебаниям, которые отражают текущее функциональное состояние систем его регуляции [6; 7]. Изменчивость перфузии отражается на физиологическом состоянии биоткани. Однако анализ литературных источников показывает, что в настоящее время недостаточное внимание уделяется изучению взаимосвязи variability сердечного ритма и периферического кровообращения.

Целью исследования явилось изучение показателей variability сердечного ритма и системы микроциркуляции у спортсменов-лыжников в возрасте 18-25 лет в предсоревновательном периоде годового цикла.

Материалы и методика исследований

В исследовании приняло участие 16 спортсменов в возрасте от 18 до 25 лет. В зависимости от уровня спортивного мастерства были сформированы три группы испытуемых: 1-й разряд, КМС и МС. Для исследования применялся анализ variability сердечного ритма (BCP) по Р.М. Баевскому [3]. Использовался аппаратно-программный комплекс «Варикард 2.51», программное обеспечение «Иским 6». Регистрацию проводили в положении сидя в течение 5 минут. Временные характеристики BCP включали: ЧСС уд/мин; RMSSD, мс; pNN, 50%; Mx-Mn, мс; SDNN мс; AMo %; SI усл. ед. Спек-

тральный анализ включал следующие характеристики: TP, мс²; HF, мс²; LF, мс²; VLF, мс²; ULF, мс²; LF/HF, усл. ед.; VLF/HF, усл. ед.; IC, усл. ед.

Исследование микрогемодинамики проводили на волярной поверхности 4 пальца в течение 5 минут с помощью лазерного анализатора «ЛИАКК-М» (НПП «ЛАЗМА», Россия) последней версии исполнения. В аппарате применены лазерные методы диагностики, включающие в себя лазерную доплеровскую флоуметрию (ЛДФ), оптическую тканевую оксиметрию (ОТО) и лазерную флуоресцентную диагностику (ЛФД). Метод ЛДФ позволяет оценить интенсивность микрогемодинамики в перфузионных единицах (п.е.) по параметру микроциркуляции (ПМ), уровень флукса (п.е.) по величине среднего квадратического отклонения (СКО) и их соотношение с помощью коэффициента вариации (Kv). Методом ОТО оценивается уровень сатурации кислорода в системе микрогемодинамики по величине Sm (усл. ед.), величина удельного потребления кислорода U (усл. ед.), а также величина гематокрита в зондируемом объеме ткани (Vr,%). Метод ЛФД основан на регистрации спектра вторичного излучения ткани при ее зондировании лазерным излучением на длине волны, соответствующей длине волны максимального поглощения излучения определенным ферментом. Метод позволяет оценить интенсивность излучения определенными группами ферментов. В нашем исследовании изучались спектры флуоресценции восстановленной формы никотинамидадениндинуклеотида (НАДН) и окисленной формы флавинадениндинуклеотида (ФАД). Для оценки утилизации кислорода используется флуоресцентный показатель потребления кислорода (ФПК) коферментов, участвующих в дыхательной цепи, который обратно пропорционален редокс-отношению:

$$\text{ФПК} = A_{\text{НАДН}}/A_{\text{ФАД}}.$$

Статистическую обработку данных осуществляли методом вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента. Использовался пакет компьютерных программ Биостат.

Результаты и их обсуждение

До начала предсоревновательного периода годового тренировочного цикла в покое оценивался исходный уровень функционального состояния центрального и периферического звеньев сердечно-сосудистой системы. Продолжительность периода наблюдения составила 2 месяца. Вариабельность сердечного ритма – результат сложного многофакторного взаимодействия регуляторных механизмов различного уровня. Активность автономного и центрального контуров управления изучали по общепринятым временным показателям и характеристикам волновой структуры спектра. На начало предсоревновательного периода подготовки, по данным ВСР, у лыжников выявлены два из четырех типов вегетативной регуляции [4]. Среди 16 испытуемых не оказалось спортсменов с I и II типами регуляции. Группа с III типом включала 12 лыжников (75%), в группу с IV типом вошло 4 человека (25%). Отсутствие лиц с умеренным и выраженным преобладанием центральной регуляции, по всей видимости, связано с особенностями подготовки организма к предстоящей соревновательной деятельности. Внутри каждой из групп с умеренным (III) и выраженным (IV) преобладанием автономного контура регуляции имели место значительные индивидуальные различия показателей в зависимости от уровня мастерства спортсмена. Для лыжников 1-го разряда, самой многочисленной III группы, вначале предсоревновательного периода характерно умеренное преобладание активности автономного контура регуляции, что выражалось в соответствующих величинах временных и спектральных показателей. Как следует из табл. 1, средняя величина RMSSD равнялась 67,14±5,42 мс, pNN50% – 32,54±2,14%, SDNN – 69,47±6,22 мс², Mx-Mn – 326,67±25,68 мс, TP – 5654±693 мс², HF – 1901±260 мс². Показатели активности центрального контура регуляции изменялись разнонаправленно. Значения AMo50% – 30,82±4,90% и SI – 49,48±4,05 усл. ед. свидетельствовали о низкой напряженности регуляторных систем.

Умеренная активность центрального контура управления подтверждалась и величинами ряда спектральных характеристик: LF – 1544±173 мс², LF|HF – 0,96±0,26 усл. ед., VLF|HF – 0,86±0,20 усл. ед., IC – 1,82±0,33 усл. ед. В то же время значения VLF-волн (1411±108 мс²) и ULF-волн (804±97 мс²) оказались высокими. По мнению А. Флейшмана и Н. Хаспековой [8; 9], мощность VLF волн является индикатором процесса метаболизма и отражает энергодефицитные состояния. Следовательно, переход к высокоинтенсивным тренировочным нагрузкам вначале предсоревновательного периода сопровождается повышенным расходом энергии, тем самым инициируя включение в регуляторные процессы высших корково-подкорковых структур. Не исключена и роль психоэмоциональной составляющей предсоревновательного периода.

Таблица 1

Динамика показателей variability сердечного ритма у лыжников разного уровня мастерства в течение 2 месяцев предсоревновательных сборов (M±m)

Показатели ВСР	Испытуемые					
	1-й разряд		Кандидаты в мастера спорта		Мастера спорта	
	До сборов	После сборов	До сборов	После сборов	До сборов	После сборов
RMSSD, мс	67,14±5,42	96,55±7,37	98,35±8,28	102,70±8,91	112,88±9,61	125,10±9,24
pNN50%, %	32,54±2,14	58,32±4,90	66,97±5,14	70,52±6,04	70,38±5,90	72,08±6,55
Mx-Mn, мс	326,67±25,68	381,15±25,68	395,37±30,92	467,22±37,38	467,56±52,20	562,84±44,56
SDNN, мс	69,47±6,22	74,66±7,70	85,04±6,03	91,86±7,42	109,01±7,88	125,07±9,22
AMo50%, %	30,82±4,90	26,31±2,86	22,51±1,09	21,06±3,81	16,15±3,34	14,94±2,07
SI, усл. ед.	49,48±4,05	35,50±2,79	22,33±1,50	20,06±2,56	17,22±2,41	10,58±1,66
TP, мс ²	5654±693	5957±721	7516±866	6206±756	11258±1693	12779±1057
HF, мс ²	1901±260	2974±386	3391±504	3075±439	7263±808	3391±504
LF, мс ²	1544±173	1436±187	1089±148	1495±261	3772±361	3334±683
VLF, мс ²	1411±108	1355±105	502±66	1338±169	337±46	302±90
ULF, мс ²	804±97	612±72	534±81	811±135	296±33	1392±397
LF/HF, усл. ед.	0,96±0,26	0,53±0,12	0,32±0,09	0,49±0,14	0,27±0,07	0,82±0,17
VLF/HF, усл. ед.	0,86±0,20	0,26±0,08	0,15±0,05	0,44±0,16	0,05±0,01	0,03±0,01
IC, усл. ед.	1,82±0,33	1,02±0,24	0,47±0,10	0,91±0,54	0,32±0,07	0,26±0,05

В целом соотношение спектральных характеристик HF>LF>VLF>ULF свидетельствует об умеренной активности центральных механизмов регуляции сердечного ритма. По завершении предсоревновательного периода, непосредственно перед включением в соревновательную деятельность, адаптация к физическим нагрузкам улучшилась. В покое отмечается повышение активности автономного контура с ростом показателей: RMSSD до 96,55±7,37 мс, pNN50% – 58,32±4,90%, SDNN – 74,66±7,70 мс², Mx-Mn – 381,15±25,68 мс, TP – 5957±721 мс², HF – 2974±386 мс². Согласно значениям AMO (26,31±2,86%) и SI (35,50±2,79 усл. ед.) снижается активность центрального контура регуляции. На ослабление напряжения регуляторных систем в заключительную фазу предсоревновательного периода указывает уменьшение средних величин низкочастотного спектра. В частности, спектральная мощность LF-волн снижается и составляет: 1436±187 мс², LF|HF – 0,53±0,12 усл. ед., VLF|HF – 0,26±0,08 усл. ед., IC – 1,02±0,24 усл. ед. Снижение относительного вклада VLF-компонента в общий спектр, по данным ряда авторов [10], может свидетельствовать об уменьшении энергетического резерва, что не согласуется с ростом трофотропных показателей, как было показано выше. По всей видимости, причину снижения вклада очень низкочастотных волн следует искать в повышении психоэмоционального состояния организма спортсмена накануне предстоящего соревновательного сезона.

Таблица 2

Динамика показателей системы микрогемодициркуляции у лыжников разного уровня мастерства в течение 2 месяцев предсоревновательных сборов (M±m)

Показатели системы микроциркуляции	Испытуемые					
	1-й разряд		Кандидаты в мастера спорта		Мастера спорта	
	До сборов	После сборов	До сборов	После сборов	До сборов	После сборов
ПМ, п.е.	9,15±2,44	17,48±4,30	21,33±3,81	16,92±3,31	15,11±2,94	18,88±3,25
SpO ₂ , %	99±1	98±1	99±1	98±1	99±1	99±1
SO ₂ , %	72±2	78±3	80±3	69±2	85±4	71±3
Sm, усл. ед.	8,66±1,92	4,51±0,83	3,70±0,42	4,18±0,49	5,68±0,50	3,80±0,27
U, усл. ед.	1,40±0,07	1,25±0,05	1,22±0,04	1,46±0,05	1,23±0,04	1,56±0,07
Vr, %	7,21±0,88	10,49±2,03	12,37±3,56	10,69±2,69	11,83±2,88	13,56±3,69
НАДН/ФАД	0,88±0,02	1,02±0,06	1,03±0,09	1,143±0,106	1,00±0,079	1,24±0,14

Одной из важнейших функций сердечно-сосудистой системы является адекватное запросам тканей обеспечение транскапиллярного обмена. В этой связи была выполнена работа по изучению состояния системы микрогемодинамики у спортсменов с разными типами вегетативной регуляции сердечного ритма. Лазерная доплеровская флоуметрия выполнялась одновременно с ВСП дважды: в начале и конце предсоревновательных сборов. В группе спортсменов 1-го разряда с III типом регуляции показатель интенсивности микроциркуляции ПМ увеличился на 91%, от $9,15 \pm 2,44$ п.е. в начале сборов до $17,48 \pm 4,30$ п.е. в конце (табл. 2). В условиях функционального покоя произошло снижение на 1%, с $99 \pm 1\%$ до $98 \pm 1\%$ показателя насыщения кислородом артериальной крови. В то же время к окончанию тренировочных сборов содержание кислорода в смешанной крови сосудов микроциркуляторного русла повышается на 6%, с $72 \pm 2\%$ до $78 \pm 3\%$.

При этом повышается скорость утилизации кислорода из обменных сосудов, поскольку индекс перфузионной сатурации кислорода S_m снижается на 92%, с $8,66 \pm 1,92$ усл. ед. до $4,51 \pm 0,83$ усл. ед. Согласно работе [11] величина S_m находится в обратной зависимости от скорости потребления тканями кислорода. Что же касается параметра удельного потребления кислорода тканями, приходящегося на единицу объема циркулирующей крови U , то его значение снижается на 12%, с $1,40 \pm 0,07$ усл. ед. до $1,25 \pm 0,05$ усл. ед. Чрезвычайно важным фактором улучшения оксигенации клеток рабочих органов является повышение содержания эритроцитов (V_r) в зондируемом объеме крови. От начала до завершения сборов показатель V_r увеличивается на 45%, с $7,21 \pm 0,88\%$ до $10,49 \pm 2,03\%$. Результаты, полученные с помощью лазерной флуоресцентной диагностики, свидетельствуют об активизации под воздействием тренировочных нагрузок окислительно-восстановительных реакций на клеточном уровне. В частности, у лыжников в состоянии относительного покоя на 15% повышается ФПК, с $0,883 \pm 0,022$ до $1,016 \pm 0,075$. Следовательно, в системе микрогемодинамики у лыжников 1-го разряда с III типом регуляции адаптивные реакции на тренировочную нагрузку направлены на повышение скорости утилизации кислорода, что очень важно, поскольку время нахождения крови в обменных сосудах сокращается. Этому благоприятствует усиление трофотропной функции со стороны регуляторных систем, обеспечивающих адаптацию организма.

У лыжников более высокого уровня квалификации (КМС) с III типом регуляции в начале и конце предсоревновательного периода выявлены иные различия в спектральных и временных показателях ВСП. По сравнению со спортсменами низшей квалификации наблюдаются изначально повышенные характеристики автономного контура управления сердечным ритмом. Среди них показатели $RMSSD - 98,35 \pm 8,28$ мс, $pNN50\% - 66,97 \pm 5,14\%$, $SDNN - 85,04 \pm 6,03$ мс², $Mx-Mn - 395,37 \pm 30,92$ мс, $TP - 7516 \pm 866$ мс², $HF - 3391 \pm 504$ мс². Усиливается функциональный антагонизм двух звеньев вегетативной нервной системы. В этих условиях активность адренергического канала падает, вместе с ним снижаются показатели AMo и SI до $22,51 \pm 1,09\%$ и $22,33 \pm 1,50$ усл. ед. соответственно. У КМС понижена активность центра сосудистого тонуса с величиной LF , не превышающей 1089 ± 148 мс² и показателем $LF|HF - 0,32 \pm 0,09$ усл. ед. Обращает на себя внимание и низкий показатель VLF (502 ± 66 мс²), который более чем в 2 раза меньше его значения у спортсменов 1-го разряда. Отсюда и минимальные величины $VLF|HF - 0,15 \pm 0,05$ усл. ед. и $IC - 0,47 \pm 0,10$ усл. ед. Не исключено, что выявленная динамика в совокупности со сравнительно высоким показателем ULF 534 ± 81 мс² свидетельствует об усилении напряженности регуляторных систем. Изменяется последовательность спектральных характеристик, входящих в суммарную мощность спектра $HF > LF > ULF > VLF$. Завершение предсоревновательного периода у КМС сопровождается дальнейшим усилением работы автономного контура регуляции. В частности, повышаются временные показатели парасимпатического звена: $RMSSD$ до $102,70 \pm 8,91$ мс, $pNN50\% - 70,52 \pm 6,04\%$, $SDNN - 91,86 \pm 7,42$ мс², $Mx-Mn - 467,22 \pm 37,38$ мс. На этом фоне спектральные характеристики TP и HF незначительно понижаются до 6206 ± 756 мс² и 3075 ± 439 мс² соответственно. Одновременно с увеличением вагусной активности повышается активность вазомоторного центра с показателем LF 1495 ± 261 мс², растет индекс вагосимпатического взаимодействия с величиной $LF|HF$ $0,49 \pm 0,14$ усл. ед. и $VLF|HF - 0,44 \pm 0,16$ усл. ед. Значение IC увеличивается в 2 раза до $0,91 \pm 0,54$ усл. ед. Временный показатель активности симпатического звена вегетативной нервной системы AMo на протяжении предсоревновательного периода практически не изменяется ($21,06 \pm 3,81\%$). Тем не менее, интегральный показатель SI снижается до $20,06 \pm 2,56$ усл. ед., что подтверждает разнонаправленный характер активности автономного и центрального контуров регуляции. У КМС в конце предсоревновательного периода реакция организма на тренировочную нагрузку проявлялась стремительным ростом активности высших корково-подкорковых центров. В результате показатель VLF повышается более чем в 2,5 раза (1338 ± 169 мс).

Таким образом, у КМС за время предсоревновательных сборов происходит усиление активности центров от стволовой части мозга до корковых отделов. В структуре спектра снижается мощность характеристик центров продолговатого мозга, умеренно повышается активность вазомоторного центра и стремительно нарастает реактивность надсегментарных уровней регуляции. По заключению ряда авторов [12], такая динамика свидетельствует о нарастании утомления организма спортсмена.

У кандидатов в мастера спорта в предсоревновательном периоде функционирование системы микрогемодикуляции имеет свои особенности. Прежде всего, снижается интенсивность перфузии с $21,33 \pm 3,81$ п.е. до $16,92 \pm 3,31$ п.е., или на 26%. Одновременно усиливаются процессы по утилизации кислорода из смешанной крови микроциркуляторного русла. Показатель сатурации кислорода снижается на 11%, с $80 \pm 3\%$ до $69 \pm 2\%$. Общее потребление кислорода на единицу объема циркулирующей крови повышается на 17%, с $1,22 \pm 0,04$ усл. ед. до $1,46 \pm 0,05$ усл. ед. За это время процентное содержание кислорода в артериальной крови снижается только на 1%, с $99 \pm 1\%$ до $98 \pm 1\%$. С $12,37 \pm 3,56\%$ до $10,69 \pm 2,69\%$ понижается содержание эритроцитов в исследуемом объеме крови. С одной стороны, это может быть следствием общего снижения величины перфузии, а с другой – гемодилюция крови на уровне обменных микрососудов облегчает прохождение эритроцитов, тем самым обеспечивая более полный обмен кислородом. С ростом уровня мастерства тренировочный процесс в меньшей степени влияет на скорость утилизации кислорода, которая остается высокой как в начале, так и в конце сборов. Показатель S_m незначительно повышается, с $3,70 \pm 0,42$ усл. ед. до $4,18 \pm 0,49$ усл. ед. У КМС до начала предсоревновательного цикла величина редокс-потенциала ($1,034 \pm 0,093$) оказалась выше, по сравнению с лыжниками 1-го разряда. За два месяца тренировочных нагрузок показатель ФПК продолжал нарастать до $1,143 \pm 0,106$, или на 11%. По данным исследования, у КМС в системе микроциркуляции адаптивные процессы направлены на более полную утилизацию кислорода из меньшего объема смешанной крови, который в дальнейшем активно используется в окислительно-восстановительных реакциях.

У мастеров спорта по фоновым показателям ВСР в предсоревновательном периоде отмечается выраженная активность парасимпатического канала регуляции (IV тип). Вместе с тем, в начале и в конце тренировочного периода выявлены различия по изученным характеристикам. Состояние регуляторных систем у МС в начале сборов отражает экономизацию функционирования организма. Кроме минимального значения ЧСС 55 ± 2 уд./мин, об этом свидетельствуют и максимальные величины показателей: RMSSD ($112,88 \pm 9,61$ мс), pNN50% ($70,38 \pm 5,90\%$), SDNN ($109,01 \pm 7,88$ мс²), Mx-Mn ($467,56 \pm 52,20$ мс). Трофотропная направленность в работе подтверждается максимальной активностью холинергического канала регуляции. Показатель спектральной мощности высокочастотных HF-колебаний достигает 7263 ± 808 мс². Одновременно регистрируются низкие значения VLF и IC, которые являются маркерами плотности связи сегментарных уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, среди которых гипоталамический и корковый уровни [3]. По результатам исследования, в начальную фазу предсоревновательного этапа величина VLF-волн составила 337 ± 46 мс², а IC – $0,32 \pm 0,07$ усл. ед.

Таким образом, в покое с ростом спортивного мастерства в формировании адаптивных реакций доминирует автономный контур регуляции с минимальным включением симпатического звена вегетативной нервной системы. Показатель активности симпатического звена АМо составляет $16,15 \pm 3,34\%$, а интегральный показатель центрального контура управления SI не превышает $17,22 \pm 2,41$ усл. ед. Соответственно минимальные величины и показатели симпатопарасимпатического баланса – LF/HF ($0,27 \pm 0,07$ усл. ед.) и VLF/HF ($0,05 \pm 0,01$ усл. ед.).

На завершающей фазе предсоревновательного этапа подготовки продолжается повышение активности автономного контура регуляции с ростом временных показателей RMSSD до $125,10 \pm 9,24$ мс, pNN50% – до $72,08 \pm 6,55\%$, SDNN – до $125,07 \pm 9,22$ мс², Mx-Mn – до $562,84 \pm 44,56$ мс. По данным спектрального анализа, стремительно повышается суммарная мощность TP до 12779 ± 1057 мс² и её составляющих: HF – до 3391 ± 504 мс², LF – до 3334 ± 683 мс², ULF – до 1392 ± 397 мс². Исключение составляет спектральная мощность VLF-колебаний, которая снижается до 302 ± 90 мс².

В группе мастеров спорта с IV типом вегетативной регуляции динамика показателей микрогемодикуляции за время предсоревновательных сборов изменялась разнонаправлено. Интенсивность микроциркуляции повышается с $15,11 \pm 2,94$ п.е. до $18,88 \pm 3,25$ п.е. Из объема крови, находящегося в обменном звене микроциркуляторного русла, к окончанию тренировочного периода на 14% больше утилизируется кислорода. В результате показатель сатурации кислорода в смешанной крови снижается с $85 \pm 4\%$ до $71 \pm 3\%$. Кроме того, в конце сборов утилизация кислорода в ткани осуществлялась с

большой скоростью, поскольку показатель перфузионной сатурации кислорода S_m снижается с $5,68 \pm 0,50$ усл. ед. до $3,80 \pm 0,27$ усл. ед. Быстрый переход кислорода в ткани приводит к росту показателя U с $1,23 \pm 0,04$ усл. ед. до $1,56 \pm 0,07$ усл. ед. Причем эта величина максимальная среди трех групп спортсменов. У МС сохраняется общая для трех групп спортсменов тенденция повышения величины редокс-потенциала. За время сборов прирост ФПК составил 24%, с $1,000 \pm 0,179$ до $1,239 \pm 0,208$. Предположительно, у мастеров спорта с IV типом регуляции в окислительно-восстановительных реакциях преимущественно используется НАДН. Это энергетически оправдано, поскольку, по данным работы [13], окисление 1 молекулы НАДН приводит к синтезу 2,5 молекул АТФ, а окисление 1 молекулы ФАД – к синтезу 1,5 молекулы АТФ.

В целом, по данным лазерной доплеровской флоуметрии, адаптация системы микрогемодинамики к физическим нагрузкам на этапе предсоревновательного сбора осуществляется разными путями, в зависимости от уровня мастерства лыжников. У спортсменов 1-го разряда адаптивные изменения связаны с повышением интенсивности микроциркуляции и скорости утилизации кислорода из обменных сосудов в ткани. У КМС усиливаются процессы утилизации кислорода из смешанной крови. В группе МС адаптивные реакции проявляются как через улучшение перфузии крови в системе микрогемодинамики, так и через повышение скорости и объема утилизируемого кислорода в ткани. Уровень окислительно-восстановительных реакций за время сборов повышается независимо от уровня спортивной квалификации. Вместе с тем, наибольшая величина флуоресцентного показателя потребления кислорода по величине прироста редокс-потенциала характерна для мастеров спорта.

Таким образом, в покое у лыжников от 1-го разряда до МС за два месяца предсоревновательных сборов усиливается активность холинэргического канала регуляции, что в целом отражает адаптационно-трофическую направленность тренировочного процесса. Как известно, доминирование ваготонии в управлении тесно связано с активизацией аэробных механизмов энергообеспечения. Кроме того, на усиление процессов окислительного фосфорилирования с ростом спортивного мастерства указывает повышение величины редокс-потенциала.

Выводы

1. На предсоревновательном этапе годового тренировочного цикла у лыжников 1-го разряда и КМС встречается III тип, а у МС – IV тип вегетативной регуляции.

2. Соотношение автономного и центрального контуров управления сердечным ритмом зависит от уровня мастерства. У лыжников 1-го разряда под воздействием тренировочных нагрузок быстрыми темпами растет вклад автономного контура управления и умеренно снижается активность корково-подкоркового контура регуляции. У КМС умеренно повышается активность автономного контура регуляции и сосудодвигательного центра. В то же время стремительно усиливается управление со стороны корково-подкорковых структур. Для МС характерны минимальные сдвиги активности автономного и центрального контуров управления сердечным ритмом.

3. Под воздействием тренировочных нагрузок интенсивность микроциркуляции устанавливается на оптимальном уровне. Причем у спортсменов 1-го разряда с исходно низким показателем перфузии отмечается прирост на 91% ПМ, у КМС, напротив, при исходно повышенном показателе уровень перфузии снижается на 26%, на 25% усиливается кровоток у МС.

4. Показатели утилизации кислорода из смешанной крови, перфузионной сатурации кислорода в крови, общего потребления кислорода на единицу объема циркулирующей крови и участия кислорода в окислительно-восстановительных реакциях у спортсменов 1-го разряда понижаются, тогда как у КМС и МС, напротив, повышаются с достижением максимальных величин у МС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. Иваново: Ивановский полигр. комбинат, 2002. 290 с.
2. Рублева Л.В. Биоэлектрические функции миокарда детей младшего школьного возраста с разными типами автономной нервной регуляции // Физиология развития человека : материалы Междунар. науч. конф. М.: Вердана, 2009. С. 118-119.
3. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 265 с.

4. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Удм. ун-т, 2009. 255 с.
5. Поленов С.А. Основы микроциркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2008. Т. 7, №1 (25). С. 5-19.
6. Козлов В.И. Система микроциркуляции крови: клиничко-морфологические аспекты изучения // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2006. Т. 5, №1 (17). С. 84-101.
7. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови: руководство для врачей / под ред. А.И. Крупаткина, В.В. Сидорова. М.: ОАО Изд-во «Медицина», 2005. 256 с.
8. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Новосибирск: Наука, 1999. 264 с.
9. Хаспекова Н.Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных с психогенной и органической патологией мозга: дис. ... д-ра мед. наук. М., 1996. 236 с.
10. Воронина Г.А., Ефремова Р.И. Особенности вариативности сердечного ритма юных лыжников в зависимости от периода спортивной подготовки // Вариативность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение: материалы V Всерос. симпоз. с междунар. участием / УдГУ. Ижевск, 2011. С. 235-238.
11. Сидоров В.В., Крупаткин А.И., Рогаткин Д.А. Комплексное исследование микрогемодинамики и транспорта кислорода в системе микроциркуляции крови. Диагностические показатели // Ангиология и сосудистая хирургия. 2008. Т. 1, №3. С. 141.
12. Гуштурова И.В., Телепов В.Н. Особенности вариативности сердечного ритма в покое и при ортостазе у спортсменов, занимающихся спортивной ходьбой, в период подготовки к Кубку России // Вариативность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение: материалы V Всерос. симпоз. с междунар. участием / УдГУ. Ижевск, 2011. С. 248-256.
13. Элиот В., Элиот Д. Биохимия и молекулярная биология. М.: МАИК Наука/Интерпериодика, 2002. 446 с.

Поступила в редакцию 31.01.12

F.B. Litvin, I.P. Anosov, P.O. Asyamolov, G.V. Vasileva, S.V. Martynov, V.Yu. Zhigalo

Warm rhythm and system of microcirculation at skiers in the precompetitive period of sports preparation

The article deals with the analysis of variability of a warm rhythm and the analysis of a system of microhaemocirculation at sportsmen-skiers during the precompetitive period of one year's training cycle. It has been found out that stress in regulatory systems of sportsmen decreases differently being subject to their skill level. The article reveals the dependence of perfusion value and optical tissue oxygenation of mixed blood in microcirculatory canal at skiers on their sports qualification.

Keywords: sportsmen, physical activity, variability of a warm rhythm, types of vegetative regulation, laser Doppler flowmetry, microcirculation, oxygen saturation.

Литвин Федор Борисович, доктор биологических наук, профессор
ГОУВПО «Смоленская государственная академия физической
культуры, спорта и туризма»
214018, Россия, г. Смоленск, пр. Ю. Гагарина, 23
E-mail: bf-litvin@yandex.ru

Litvin F.B., doctor of biology, professor
Smolensk State Academy of Physical
Training, Sports and Tourism
214018, Russia, Smolensk, Yu. Gagarin pr. 23
E-mail: bf-litvin@yandex.ru

Аносов Иван Павлович, доктор педагогических наук, профессор
ГОУВПО «Брянский филиал Национального государственного
университета физической культуры, спорта и здоровья
им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург»
241007, Россия, г. Брянск, ул. Дуки, 74
E-mail: Anatomia1971@mail.ru

Anosov I.P., doctor of pedagogic, professor
Bryansk branch of National State University
of physical training, sports and health
241007, Russia, Bryansk, Duki st., 74
E-mail: Anatomia1971@mail.ru

Асямолов Павел Олегович, аспирант
ГОУВПО «Брянский государственный университет
им. И.Г. Петровского»
241036, Россия, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14
E-mail: icepaul@mail.ru

Asyamolov P.O., post-graduate student
Bryansk State University
241036, Russia, Bryansk, Bezhitskaya st., 14
E-mail: icepaul@mail.ru

Васильева Галина Владимировна, аспирант
ГОУВПО «Брянский государственный университет
им. И.Г. Петровского»
241036, Россия, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14
E-mail: wassaGal@yandex.ru

Vasileva G.V., postgraduate student
Bryansk State University
241036, Russia, Bryansk, Bezhitskaya st., 14
E-mail: wassaGal@yandex.ru

Мартынов Сергей Владимирович, аспирант
ГОУВПО «Брянский государственный университет
им. И.Г. Петровского»
2410036, Россия, г. Брянск, ул. Бежицкая, 14

Martynov S. V., post-graduate student
Bryansk State University
241036, Russia, Bryansk, Bezhitskaya st., 14

Жигало Владимир Яковлевич,
кандидат педагогических наук, доцент
ГОУВПО «Брянская государственная
инженерно-технологическая академия»
241037, Россия, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, 3
E-mail: mail@lydashigalo.ru

Zigalo V.Ya., candidate of pedagogics,
senior lecturer
Bryansk State academy of engineering
and technology
241037, Russia, Bryansk, St. Dymitrova av., 3
E-mail: mail@lydashigalo.ru