

УДК 612.176.4:796.015

DOI: 10.37482/2687-1491-Z029

## **ОСОБЕННОСТИ АНАЭРОБНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БИАТЛОНИСТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА**

Ф.Б. Литвин\* ORCID: [0000-0002-2281-8757](https://orcid.org/0000-0002-2281-8757)

Т.М. Брук\* ORCID: [0000-0003-1023-6642](https://orcid.org/0000-0003-1023-6642)

П.А. Терехов\* ORCID: [0000-0002-7820-9942](https://orcid.org/0000-0002-7820-9942)

Н.В. Осипова\* ORCID: [0000-0002-0934-9239](https://orcid.org/0000-0002-0934-9239)

\*Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма  
(г. Смоленск)

Успешная работа биатлонистов на трассе и стрельбище в значительной мере зависит от типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма. Обследованы 46 биатлонистов в возрасте 18–25 лет. Типы вегетативной регуляции сердечного ритма определяли по общепринятой методике с помощью аппарата «Варикард 2.51», специальную работоспособность – на велоэргометре Ergomedic 894E Peak Bike (Monark Exercise, Швеция). Персонифицированные типы вегетативной регуляции сердечного ритма объединили в две группы: с доминированием центрального механизма регуляции (ЦМР, 45 % обследуемых) и автономного механизма регуляции (АМР, 55 %). В 6-секундном тесте на оценку скоростных способностей у биатлонистов с ЦМР выявлены статистически значимые ( $p < 0,05$ ) отличия: скорость и максимальная мощность работы были выше, а время достижения максимальной скорости – короче, чем у биатлонистов с АМР. При оценке силовых способностей спортсмены с ЦМР превосходили ( $p < 0,05$ ) своих коллег в скорости и относительной мощности работы, градиент мощности также был выше, а время выхода на максимальную скорость – короче ( $p < 0,05$ ). При увеличении работы до 15 с у биатлонистов с АМР статистически значимо ( $p < 0,05$ ) возросли суммарный объем работы, абсолютная мощность работы и коэффициент выносливости по сравнению со спортсменами с ЦМР. При переходе на 45-секундный режим работы у биатлонистов с АМР сохранялись преимущества ( $p < 0,05$ ) по суммарному объему работы, абсолютной мощности и скоростной выносливости, при этом относительная мощность была ниже, чем у спортсменов с ЦМР. Таким образом, при максимально коротком анаэробном режиме работы результативность выше у биатлонистов с преобладанием ЦМР, при увеличении времени работы – у биатлонистов с доминированием АМР.

**Ключевые слова:** биатлонисты, вариабельность сердечного ритма, анаэробная работоспособность, скоростные способности, скоростно-силовые способности, велоэргометрический тест.

**Ответственный за переписку:** Литвин Федор Борисович, адрес: 214018, г. Смоленск, просп. Гагарина, д. 23; e-mail: [bf-litvin@yandex.ru](mailto:bf-litvin@yandex.ru)

**Для цитирования:** Литвин Ф.Б., Брук Т.М., Терехов П.А., Осипова Н.В. Особенности анаэробной работоспособности биатлонистов в зависимости от типа вегетативной регуляции сердечного ритма // Журн. мед.-биол. исследований. 2020. Т. 8, № 4. С. 368–377. DOI: 10.37482/2687-1491-Z029

Биатлон, в силу своих особенностей (высокая физическая и психологическая нагрузка), резко отличается от многих циклических и сложнокоординационных видов спорта по структуре соревновательной деятельности, а следовательно, и по средствам обеспечения подготовки к ней [1, 2]. Анализ научной литературы [2, 3], опрос тренеров и атлетов в этом виде спорта показал, что вопросам повышения анаэробной работоспособности не уделяется должного внимания. Обуславливается это тем, что традиционно физическая подготовленность биатлонистов оценивается при помощи функциональных проб и тестов, связанных с определением максимального потребления кислорода. Однако биатлон относится к видам спорта с переменной мощностью работы [4], и быстрые изменения в деятельности центральной нервной системы и двигательного аппарата не могут сопровождаться столь же быстрыми перестройками вегетативного обеспечения работы [5]. На этот переходный процесс затрачивается так называемое время задержки, когда ткани организма испытывают недостаточность кислородного снабжения и возникает кислородный долг. Чем больше спортсмен адаптирован к работе переменной мощности, тем меньше у него время задержки и тем медленнее накапливается дефицит кислорода. В связи с этим целесообразно развивать анаэробный компонент в механике и энергетике мышечного сокращения у биатлонистов.

Ретроспективный анализ специальной литературы [1, 6, 7] показал, что работ, оценивающих специальную работоспособность биатлонистов по показателям скоростных, скоростно-силовых способностей, максимальной анаэробной мощности и выносливости, крайне мало, что актуализирует проведение исследований в данном направлении. Для повышения эффективности управления тренировочным процессом биатлонистов с целью подведения к главным стартам сезона необходимо иметь полную информацию о состоянии их регуляторных механизмов. Многочисленные научные исследования свидетельствуют о том, что анализ показателей вариабельности сердечного

ритма (ВСР) позволяет с высокой долей вероятности прогнозировать функциональные возможности спортсменов [8–11].

При планировании объема и интенсивности тренировочных нагрузок необходимо учитывать особенности вегетативной регуляции сердечного ритма [12]. Преобладание фоновой активности симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) обеспечивает высокий уровень работоспособности в анаэробном режиме. Доминирование фоновой активности парасимпатического отдела ВНС улучшает работоспособность [12–14]. Выделение типологических особенностей регуляции сердечного ритма [15, 16] позволяет по-новому оценить возможности организма спортсмена в изменяющихся условиях тренировочной и соревновательной деятельности.

Цель работы – изучение анаэробной работоспособности биатлонистов в состоянии относительного покоя и после велоэргометрического тестирования на основе индивидуально-типологических особенностей ВСР. Предполагается, что при доминировании автономного механизма регуляции сердечного ритма будет включаться аэробно-анаэробное обеспечение организма, поскольку парасимпатический отдел усиливает трофотропную функцию, тогда как усиление централизации управления сердечным ритмом с преобладанием симпатического отдела ВНС улучшит анаэробно-гликолитические возможности организма.

**Материалы и методы.** В исследовании на подготовительном этапе тренировочного цикла приняли участие 46 юношей-биатлонистов в возрасте 18–25 лет. Антропометрическая характеристика обследуемых ( $M \pm m$ ): рост –  $175,1 \pm 3,8$  см; масса тела –  $65,0 \pm 4,2$  кг. Для репрезентативности выборки испытуемых учитывались: спортивная специализация, квалификация (КМС, МС). В соответствии с принципами Хельсинкской декларации, все спортсмены дали письменное информированное согласие на обследование.

Предварительно в ходе пилотного исследования выделялись два преобладающих типа регуляции: центральный и автономный

[15, 17]. Для определения типа регуляции из временных и спектральных показателей ВСП за основу брались стресс-индекс (SI) и мощность волн очень низкой частоты (VLF). В группу с центральным механизмом регуляции (ЦМР) вошли испытуемые со значениями показателей:  $SI > 100$  усл. ед. и  $VLF < 240$  мс; в группу с автономным механизмом регуляции (АМР) – испытуемые с  $SI < 100$  усл. ед. и  $VLF > 240$  мс. Показатели для распределения по группам определялись в состоянии покоя, до выполнения тестовой нагрузки. Как отмечает Н.И. Шлык [15], показатель SI характеризует степень преобладания активности центрального контура регуляции над автономным, а VLF отражает мобилизацию энергетических и метаболических резервов при физических и психоэмоциональных нагрузках; при этом учет остальных показателей ВСП строго обязателен.

При анализе ВСП использовались аппарат «Варикард 2.51» и программа «Иским 6» (ООО «Институт внедрения новых медицинских технологий РАМЕНА», г. Рязань). Запись кардиоинтервалограмм (2-е стандартное отведение, разность потенциалов, определенная между правой рукой и левой ногой) осуществлялась в положении сидя. Для анализа использовались пульсограммы продолжительностью 5 мин. При физической нагрузке запись осуществлялась после 5-минутного отдыха, что позволяло получить стационарную (стабильную) характеристику показателей ВСП. Данные лиц, имеющих нарушения ритма сердца, из математической обработки исключались. Для определения специальной работоспособности биатлонистов использовался модернизированный метод велоэргометрического тестирования [18] на аппарате Ergomedic 894E Peak Bike фирмы Monark Exercise (Швеция). Конструкция прибора позволяла точно поддерживать величину механической нагрузки на протяжении всей работы и во всем диапазоне скоростей. С высокой точностью определялись частота вращения педалей и ее колебания, а также мощность выполняемой работы (ошибка измерения не превышала 0,1 %). Предлагаемая методика включала проведение серии тестов:

– 6-секундные тесты (две пробы по 6 с, с нагрузкой 2 и 7 % от массы тела) – позволяют определить вклад в работу алактатного источника энергии и оценить скоростные и скоростно-силовые способности спортсменов;

– 15- и 45-секундные тесты (нагрузка 5 и 3 % от массы тела) – анаэробные тесты, оценивающие анаэробную мощность и гликолитическую выносливость.

Количественную оценку полученных результатов проводили с помощью статистического анализа в системе IBM SPSS Statistics 19 для Windows (StatSoft Inc., США) методами непараметрической статистики (Манна–Уитни, T-Вилкоксона). Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** В табл. 1 приведены показатели ВСП у биатлонистов по типам регуляции в состоянии относительного покоя.

После тестовой нагрузки соотношение биатлонистов с разными типами регуляции изменилось: ЦМР встречался у 61 % испытуемых, а АМР – у 39 %. Уровень скоростных и скоростно-силовых способностей у биатлонистов отличался в зависимости от доминирования механизма регуляции (табл. 2). Спортсмены из группы с ЦМР демонстрировали максимально высокие скоростные способности. В частности, скорость вращения педалей была на 6,1 % ( $p < 0,05$ ) выше, а время достижения максимальной скорости – на 2,9 % ( $p < 0,05$ ) ниже, чем у биатлонистов с АМР. При максимальной высокой скорости в группе с ЦМР поддерживалась и максимальная мощность работы, превышающая на 5,5 % ( $p < 0,05$ ) аналогичный показатель в группе с АМР.

При 6-секундном тестировании силовых способностей сохранялись преимущества у биатлонистов с ЦМР: скорость работы на 3,6 % ( $p < 0,05$ ) превышала показатель в группе с АМР, время достижения максимальной скорости было короче на 4,7 % ( $p < 0,05$ ), при этом относительная мощность работы была выше на 3,2 % ( $p < 0,05$ ), а градиент мощности – на 8,8 % ( $p < 0,05$ ). По показателю абсолютной мощности статистически значимых различий

Таблица 1

**ОЦЕНКА ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА  
У БИАТЛОНИСТОВ С РАЗНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ (в состоянии покоя),  $M \pm m$**   
**ASSESSMENT OF HEART RATE VARIABILITY IN BIATHLETES  
WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC REGULATION (at rest),  $M \pm m$**

Показатель	Тип регуляции	
	центральная ( $n = 21$ )	автономная ( $n = 25$ )
MxDMn, мс	221,00±25,90	389,00±40,65
RMSSD, мс	31,00±1,88	69,00±2,71
pNN50%	17,00±0,95	46,00±1,85
TP, мс <sup>2</sup>	2681,00±568,54	5735,00±1075,11
HF, мс <sup>2</sup>	803,00±177,16	1302,00±458,00
LF, мс <sup>2</sup>	1830,00±246,52	1290,00±119,47
VLF, мс <sup>2</sup>	456,00±81,66	1288,00±146,21
LF/HF, усл. ед.	2,77±0,25	1,66±0,17
SI, усл. ед.	161,00±34,20	42,00±2,02

*Примечание:* MxDMn – вариационный размах; RMSSD – квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов; pNN50% – число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов; TP – мощность спектра колебаний ритма сердца; HF, LF, VLF – мощность высокочастотных, низкочастотных и ультранизкочастотных колебаний ритма сердца; SI – стресс-индекс.

Таблица 2

**ОЦЕНКА СКОРОСТНОГО И СИЛОВОГО КОМПОНЕНТОВ МЫШЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ  
У БИАТЛОНИСТОВ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ  
СЕРДЕЧНОГО РИТМА (пробы на велоэргометре),  $M \pm m$**   
**ASSESSMENT OF THE SPEED AND STRENGTH COMPONENTS  
OF MUSCLE CONTRACTIONS IN BIATHLETES WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC HEART RATE  
REGULATION (bicycle ergometer test),  $M \pm m$**

Показатель	Тип регуляции	
	центральная ( $n = 28$ )	автономная ( $n = 18$ )
<i>Тестирование скоростных способностей (время работы – 6 с, нагрузка – 2 % от массы тела)</i>		
$F_{\max}$ , об./мин	183,5±0,33	172,9±0,26*
$t_{70\%}$ , с	1,87±0,014	1,93±0,018*
$N_{\max}$ , Вт	301,8±1,64	286,2±1,40*
<i>Тестирование силовых способностей (время работы – 6 с, нагрузка – 7 % от массы тела)</i>		
$F_{\max}$ , об./мин	165,7±0,72	160,0±0,65*
$t_{70\%}$ , с	1,90±0,022	1,99±0,028*
$N_{\max}$ , Вт	11,62±0,11	11,25±0,06
$N_{\text{от}}$ , Вт/кг	921,8±2,32	893,5±2,08*
$J$ , Вт/с	344,5±2,80	316,7±2,59*

*Примечание:*  $F_{\max}$  – максимальная частота движений;  $t_{70\%}$  – время достижения максимальной частоты движений;  $N_{\max}$  – абсолютная мощность работы;  $N_{\text{от}}$  – относительная мощность работы;  $J$  – градиент мощности; \* – установлена статистическая значимость различий между группами спортсменов ( $p < 0,05$ ).

не выявлено. В целом у всех обследованных во втором тесте по сравнению с первым отмечались признаки усталости, связанные с недоставанием после первой работы. Об этом свидетельствовали снижение скорости работы, увеличение времени выхода на максимальную скорость и уменьшение абсолютной мощности.

Таким образом, при кратковременной (6 с) скоростно-силовой работе у биатлонистов с преобладанием ЦМР, по сравнению с испытуемыми с доминированием АМР, статистически значимо короче латентный период вхождения в работу и минимальное время достижения максимальных показателей анаэробной работоспособности. При увеличении продолжительности работы до 15 с к креатинфосфатному подключается гликолитический механизм энергообеспечения, что вызывает изменения в реактивности исполнительской системы и систем жизнеобеспечения организма у всех спортсменов. В частности, у биатло-

нистов с АМР, по сравнению с биатлонистами с ЦМР, статистически надежно увеличились (табл. 3): суммарный объем работы – на 2,8 % ( $p < 0,05$ ), абсолютная мощность работы – на 1,9 % ( $p < 0,05$ ), коэффициент выносливости – на 2,5 % ( $p < 0,05$ ). В то же время относительная мощность была на 10,2 % выше у биатлонистов с ЦМР, что, по нашему предположению, связано с большей массой спортсменов с АМР: они на 5,7 кг ( $p < 0,05$ ) тяжелее своих коллег по команде с ЦМР ( $79,2 \pm 2,11$  и  $73,5 \pm 0,74$  кг соответственно).

Дальнейшее увеличение продолжительности работы до 45 с и переход на анаэробный режим энергообеспечения повышает эффективность работоспособности биатлонистов с АМР по сравнению со спортсменами с ЦМР (табл. 3). При росте вклада гликолитического пути поставки энергии отмечались «преимущества» в работоспособности биатлонистов с АМР. В частности, суммарный объем работы,

Таблица 3

**ОЦЕНКА АНАЭРОБНОЙ МОЩНОСТИ БИАТЛОНИСТОВ  
С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ  
СЕРДЕЧНОГО РИТМА (пробы на велоэргометре),  $M \pm m$**

**ASSESSMENT OF ANAEROBIC POWER IN BIATHLETES  
WITH DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC HEART RATE REGULATION (bicycle ergometer test),  $M \pm m$**

Показатель	Тип регуляции	
	центральная ( $n = 28$ )	автономная ( $n = 18$ )
<i>Время работы – 15 с, нагрузка – 5 % от массы тела</i>		
$A$ , Дж	8969±25,33	9216±28,01*
$N_{\max}$ , Вт	724±2,83	738±3,55*
$N_{\text{от}}$ , Вт/кг	8,52±0,10	7,69±0,08*
КВ, усл. ед.	0,946±0,018	0,970±0,021*
<i>Время работы – 45 с, нагрузка – 3 % от массы тела</i>		
$A$ , Дж	14890±45,72	15704±56,90**
$N_{\max}$ , Вт	361±1,97	380±2,26**
$N_{\text{от}}$ , Вт/кг	4,89±0,05	4,46±0,03**
КВ, усл. ед.	0,941±0,022	0,966±0,025**

*Примечание.* Обозначения:  $A$  – объем работы;  $N_{\max}$  – абсолютная мощность;  $N_{\text{от}}$  – относительная мощность; КВ – коэффициент выносливости. Установлена статистическая значимость различий между группами спортсменов ( $p < 0,05$ ): \* – при 15-секундной работе; \*\* – при 45-секундной работе.

по сравнению с группой с ЦМР, увеличился на 5,4 % ( $p < 0,05$ ), и стал в 1,9 раза больше, чем при 15-секундной продолжительности работы.

Показатель абсолютной мощности у биатлонистов с АМР увеличился на 5,3 % по сравнению со спортсменами с ЦМР ( $p < 0,05$ ) и стал в 2,8 раза выше показателя при 15-секундной работе. Вместе с тем относительная мощность была по-прежнему статистически значимо выше (на 9,6 %;  $p < 0,05$ ) у спортсменов с ЦМР. Расчетный показатель выносливости у лиц с АМР увеличился менее значимо – превышение над значением в группе с ЦМР составило 2,7 % ( $p < 0,05$ ), при этом он значимо не отличался от показателя при 15-секундном режиме работы.

**Обсуждение.** Необходимость оценки функционального состояния организма спортсменов, поиск новых физиологических маркеров спортивной работоспособности являются ключевыми в медико-биологических исследованиях и определяют современные тенденции подготовки биатлонистов [9, 19, 20]. С ростом мастерства усиливается индивидуализация тренировочного процесса, базирующаяся на учете генетически детерминированных признаков. Включение в диагностику метода математического анализа сердечного ритма позволяет с большей долей вероятности оценить доминирование типа вегетативной регуляции сердечного ритма [11, 12]. По данным выполненного исследования, до тестовой физической нагрузки у 55 % биатлонистов доминирует АМР, у остальных (45 %) – ЦМР. После физической нагрузки ЦМР встречается у 61 %, а АМР – у 39 % испытуемых.

При формировании ведущих физических качеств биатлонистов отдельно стоит проблема развития специальной выносливости, которая аккумулирует в себе проявления силы, скорости и выносливости. На сегодня традиционно более изученной остается работа биатлонистов в аэробной и смешанной анаэробно-аэробной зонах мощности [17, 21]. Менее изучены вопросы энергообеспечения за счет креатинфосфатного и гликолитического механизмов в зоне мощности с максимальными усилиями продол-

жительностью 5–15 с. Настоящее исследование показало, что при 6-секундном тестировании скорости работы в креатинфосфатном режиме у биатлонистов с доминированием ЦМР, по сравнению с группой с АМР, скорость выше на 6,1 % ( $p < 0,05$ ), время выхода на максимальную скорость короче на 2,9 % ( $p < 0,05$ ) при сохранении на 5,5 % ( $p < 0,05$ ) преимущества в максимальной мощности работы. При силовом тестировании у биатлонистов с ЦМР время достижения максимальной скорости короче на 4,7 % ( $p < 0,05$ ), относительная мощность работы выше на 3,2 % ( $p < 0,05$ ), а градиент мощности – на 8,8 % ( $p < 0,05$ ).

На важность скоростно-силовой подготовки спортсменов указывают зарубежные авторы [22–25]. В нашем исследовании велоэргометрическую нагрузку в анаэробном режиме следует рассматривать как воздействие стресс-стимула. Первоначальная реакция организма на кратковременную нагрузку обеспечивается включением противострессорной симпатoadреналовой системы. Симпатoadреналовую активность с дискретным выделением порций адреналина и норадреналина отражает рост амплитуды медленных колебаний (LF) и стресс-индекса (SI). В это время активность парасимпатического отдела подавлена, поскольку она в наибольшей степени зависит от акта дыхания, а работа продолжительностью 5–6 с практически выполняется на задержке дыхания. В итоге формируется доминирование ЦМР сердечного ритма. Увеличение продолжительности работы до 45 с выводит на первые позиции биатлонистов с доминированием АМР. В частности, у них по сравнению с биатлонистами с ЦМР больше: суммарный объем работы – на 5,5 % ( $p < 0,05$ ), абсолютная мощность – на 5,3 % ( $p < 0,05$ ), а коэффициент выносливости – на 2,7 % ( $p < 0,05$ ). Следует отметить повышенное внимание исследователей к оценке энергетического обеспечения мышечной деятельности у биатлонистов при разных режимах работы [24]. По всей видимости, усиление вагусного контроля сердечного ритма связано с активным дыханием, так называемой кардиореспи-

раторной синхронизацией. Кроме того, помимо барорефлекторной активности эфферентное влияние оказывают и церебральные эрготропные структуры головного мозга, которые играют принципиальную роль в гомеостатической устойчивости. Устойчивость организма на более высоком энергетическом уровне сопровождается ростом спектрального показателя VLF, одного из маркеров АМР [26].

На основании проведенной работы мы пришли к заключению о необходимости включения в практику спорта экспресс-анализа

ВСР с учетом преобладающего типа автономной регуляции сердца. Такой подход позволит находить пути и средства повышения уровня функциональной готовности спортсменов к тренировочной и соревновательной деятельности. По данным исследования, при максимально коротком анаэробном режиме работы результативность выше у биатлонистов с преобладанием ЦМР, с увеличением времени работы – у биатлонистов с доминированием АМР.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Нененко Н.Д., Астраханцев А.А. Исследование психофизиологических особенностей лыжников-гонщиков и биатлонистов подросткового возраста // Междунар. науч.-исслед. журн. 2019. № 11-1(89). С. 119–122.
2. Holmberg H.-C. Integrative Biomechanics and Physiology in C-C Skiing // 6th International Congress on Science and Skiing, 14–19 December 2013, St. Christoph am Arlberg. St. Christoph am Arlberg, 2013. P. 7–11.
3. Михалев В.И., Аикин В.А., Корягина Ю.В., Реуцкая Е.А. Актуальные проблемы физиологии и биомеханики биатлона // Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 4(110). С. 98–103.
4. Saltin B. Success in CC Skiing: No Longer Just a Question of a High Aerobic Capacity // 6th International Congress on Science and Skiing, 14–19 December 2013, St. Christoph am Arlberg. St. Christoph am Arlberg, 2013. P. 14.
5. Gollhofer A., Gehring D., Mornieux G. Importance of Core Muscle Strength for Lower Limb Stabilization // 6th International Congress on Science and Skiing, 14–19 December 2013, St. Christoph am Arlberg. St. Christoph am Arlberg, 2013. P. 11–15.
6. Sandbakk O., Grasaas C.Å., Grasaas E. Physiological Determinants of Sprint and Distance Performance Level in Elite Cross-Country Skiers // 6th International Congress on Science and Skiing, 14–19 December 2013, St. Christoph am Arlberg. St. Christoph am Arlberg, 2013. P. 93–98.
7. Аикин В.А., Корягина Ю.В., Сухачев Е.А., Реуцкая Е.А. Современные тенденции тренировочной и соревновательной деятельности в биатлоне и шорт-треке (по материалам зарубежной печати) // Современ. проблемы науки и образования. 2013. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9378> (дата обращения: 25.01.2020).
8. Елфимова И.В., Елфимов Д.А., Белова А.А. Перенапряжение сердечно-сосудистой системы у биатлонистов // Мед. наука и образование Урала. 2018. Т. 19, № 2(94). С. 108–113.
9. Белова Е.Л., Румянцева Н.В. Взаимосвязь показателей ритма сердца и некоторых характеристик тренировочных и соревновательных нагрузок квалифицированных лыжников-гонщиков // Вестн. спортив. науки. 2009. № 4. С. 29–33.
10. Сидоренко Т.А., Калашиников А.В., Юрьев Ю.Н., Шурманов Е.Г. Анализ гендерных различий показателей сердечного ритма у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта // Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 5(123). С. 164–168.
11. Викулов А.Д., Бочаров М.В., Каунина Д.В., Бойков В.Л. Регуляция сердечной деятельности у спортсменов высокой квалификации // Вестн. спортив. науки. 2017. № 2. С. 31–36.
12. Шлык Н.И., Лебедев Е.С., Вершинина О.С. Оценка качества тренировочного процесса у лыжников-гонщиков и биатлонистов по результатам ежедневных исследований вариабельности сердечного ритма // Наука и спорт: современ. тенденции. 2019. Т. 7, № 2. С. 92–105.
13. Кудря О.Н. Физиологические особенности вегетативного обеспечения мышечной деятельности у спортсменов: дис. ... д-ра биол. наук. Томск, 2012. 320 с.
14. Гаврилова Е.А. Вариабельность ритма сердца и спорт // Физиология человека. 2016. Т. 42, № 5. С. 121–129.

15. Шлык Н.И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик variability ритма сердца // Физиология человека. 2016. Т. 42, № 6. С. 1–10.

16. Литвин Ф.Б., Никитина В.С., Жигало В.Я., Быкова И.В. Кондиционная физическая подготовленность юных дзюдоистов с учетом особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма // Культура физ. и здоровье. 2017. Т. 64, № 4. С. 115–119.

17. Шлык Н.И. Variability сердечного ритма в покое и ортостазе при разных диапазонах значений MxDMn у лыжниц-гонщиц в тренировочном процессе // Наука и спорт: соврем. тенденции. 2020. Т. 8, № 1. С. 83–96.

18. Брук Т.М., Терехов П.А., Туткова Н.Д. Влияние специфической физической нагрузки на анаэробную работоспособность спортсменов в зависимости от типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма // Вестн. Смолен. гос. мед. акад. 2017. Т. 16, № 2. С. 28–35.

19. Загурский Н.С., Романова Я.С., Гуца С.Ю. Анализ состояния и перспективы развития детско-юношеского биатлона в Российской Федерации // Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2018. № 9(163). С. 99–105.

20. Корягина Ю.В., Сухачев Е.А., Реуцкая Е.А. Медико-биологическое обеспечение спортивной тренировки в биатлоне и шорт-треке (по материалам зарубежной печати) // Соврем. проблемы науки и образования. 2013. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9248> (дата обращения: 27.01.2020).

21. Синиченко Р.П., Рыбина И.Л., Цибульский А.А., Ширковец Е.А. Анализ зависимости соревновательных результатов биатлонистов от уровня аэробной производительности // Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2018. № 7(161). С. 244–246.

22. Paugschová B., Gereková J., Ondráček K. Biorhythmic Changes in the Development of Velocity and Power Abilities in Biathlon // Studia Sportiva. 2010. Vol. 4, № 1. P. 25–34.

23. Станский Н.Т. Силовая подготовка лыжников-гонщиков // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. 2017. № 4(97). С. 106–112.

24. Stöggli T., Müller E., Lindinger S. Biomechanical Comparison of the Double-Push Technique and the Conventional Skate Skiing Technique in Cross-Country Sprint Skiing // J. Sports Sci. 2008. Vol. 26, № 11. P. 1225–1233.

25. Paillard T. Effects of General and Local Fatigue on Postural Control: A Review // Neurosci. Biobehav. Rev. 2012. Vol. 36, № 1. P. 162–176.

26. Флейшман А.Н., Кораблина Т.В., Смагина Е.С., Петровский С.А., Иовин Д.Е., Неретин А.А. Энтропия и DFA variability ритма сердца при дистантном прекодиционировании, ортостазе у здоровых молодых людей и у лиц с изменениями нейровегетативной регуляции кардиодинамики // Изв. вузов. Приклад. нелинейн. динамика. 2016. Т. 24, № 5. С. 37–61.

## References

1. Nenenko N.D., Astrakhantsev A.A. Issledovanie psikhofiziologicheskikh osobennostey lyzhnikov-gonshchikov i biatlonistov podrostkovogo vozrasta [Research into the Psychophysiological Features of Adolescent Cross-Country Skiers and Biathletes]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2019, no. 11-1, pp. 119–122.

2. Holmberg H.-C. Integrative Biomechanics and Physiology in C-C Skiing. *6th International Congress on Science and Skiing*. St. Christoph am Arlberg, 2013, pp. 7–11.

3. Mikhalev V.I., Aikin V.A., Koryagina Yu.V., Reutskaya E.A. Aktual'nye problemy fiziologii i biomekhaniki biatlona [Current Problems of the Physiology and Biomechanics of Biathlon]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2014, no. 4, pp. 98–103.

4. Saltin B. Success in CC Skiing: No Longer Just a Question of a High Aerobic Capacity. *6th International Congress on Science and Skiing*. St. Christoph am Arlberg, 2013, p. 14.

5. Gollhofer A., Gehring D., Mornieux G. Importance of Core Muscle Strength for Lower Limb Stabilization. *6th International Congress on Science and Skiing*. St. Christoph am Arlberg, 2013, pp. 11–15.

6. Sandbakk O., Grasaas C.Å., Grasaas E. Physiological Determinants of Sprint and Distance Performance Level in Elite Cross-Country Skiers. *6th International Congress on Science and Skiing*. St. Christoph am Arlberg, 2013, pp. 93–98.

7. Aikin V.A., Koryagina Yu.V., Sukhachev E.A., Reutskaya E.A. Sovremennye tendentsii trenirovochnoy i sorevnovatel'noy deyatel'nosti v biatlone i short-treke (po materialam zarubezhnoy pechati) [Current Trends in Training and Competitive Activity in Biathlon and Short Track (Based on Foreign Press)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, no. 3. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9378> (accessed: 25 January 2020).

8. Elfimova I.V., Elfimov D.A., Belova A.A. Perenapryazhenie serdechno-sosudistoy sistemy u biatlonistov [The Cardiovascular Overstrain in Biathletes]. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala*, 2018, vol. 19, no. 2, pp. 108–113.



9. Belova E.L., Rumyantseva N.V. Vzaimosvyaz' pokazateley ritma serdtsa i nekotorykh kharakteristik trenirovochnykh i sorevnovatel'nykh nagruzok kvalifitsirovannykh lyzhnikov-gonshchikov [Interrelations Between Cardiac Rhythm and Some Training and Competition Load Parameters in Elite Ski Racers]. *Vestnik sportivnoy nauki*, 2009, no. 4, pp. 29–33.

10. Sidorenko T.A., Kalashnikov A.V., Yur'ev Yu.N., Shurmanov E.G. Analiz gendernykh razlichiy pokazateley serdechnogo ritma u sportsmenov, zanimayushchikhsya tsiklicheskimi vidami sporta [Gender Distinctions Analysis of the Heart Rhythm Indicators Among the Sportsmen Engaged in Cyclic Sports]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2015, no. 5, pp. 164–168.

11. Vikulov A.D., Bocharov M.V., Kaunina D.V., Boykov V.L. Regulyatsiya serdechnoy deyatel'nosti u sportsmenov vysokoy kvalifikatsii [Regulation of Cardiac Activity in Highly Qualified Athletes]. *Vestnik sportivnoy nauki*, 2017, no. 2, pp. 31–36.

12. Shlyk N.I., Lebedev E.S., Vershinina O.S. Otsenka kachestva trenirovochnogo protsessa u lyzhnikov-gonshchikov i biatlonistov po rezul'tatam ezhdnevnykh issledovaniy variabel'nosti serdechnogo ritma [Assessment of Training Process Quality of Cross-Country Skiers and Biathletes by the Results of the Daily Researches of Heart Rate Variability]. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii*, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 92–105.

13. Kudrya O.N. *Fiziologicheskie osobennosti vegetativnogo obespecheniya myshechnoy deyatel'nosti u sportsmenov* [Physiological Features of the Autonomic Support of Muscle Activity in Athletes: Diss.]. Tomsk, 2012. 320 p.

14. Gavrilova E.A. Heart Rate Variability and Sports. *Hum. Physiol.*, 2016, vol. 42, no. 5, pp. 571–578.

15. Shlyk N.I. Management of Athletic Training Taking into Account Individual Heart Rate Variability Characteristics. *Hum. Physiol.*, 2016, vol. 42, no. 6, pp. 655–664.

16. Litvin F.B., Nikitina V.S., Zhigalo V.Ya., Bykova I.V. Konditsionnaya fizicheskaya podgotovlennost' yunikh dzyudoistov s uchetom osobennostey vegetativnoy regulyatsii serdechnogo ritma [Conditioned Physical Readiness of Young Judoists Taking into Account the Peculiarities of Autonomic Heart Rate Regulation]. *Kul'tura fizicheskaya i zdorov'e*, 2017, vol. 64, no. 4, pp. 115–119.

17. Shlyk N.I. Variabel'nost' serdechnogo ritma v pokoe i ortostaze pri raznykh diapazonakh znacheniy MxDMn u lyzhnits-gonshchits v trenirovochnom protsesse [Heart Rate Variability at Rest and During an Orthostatic Challenge at Different Ranges of MxDMn Values in Female Skiers in the Training Process]. *Nauka i sport: sovremennye tendentsii*, 2020, vol. 8, no. 1, pp. 83–96.

18. Bruk T.M., Terekhov P.A., Titkova N.D. Vliyanie spetsificheskoy fizicheskoy nagruzki na anaerobnyuyu rabotosposobnost' sportsmenov v zavisimosti ot tipologicheskikh osobennostey vegetativnoy regulyatsii serdechnogo ritma [Effect of Specific Exercise on Anaerobic Performance of Athletes Depending on Typological Features of Autonomic Regulation of Cardiac Rhythm]. *Vestnik Smolenskoys gosudarstvennoy meditsinskoys akademii*, 2017, vol. 16, no. 2, pp. 28–35.

19. Zagurskiy N.S., Romanova Ya.S., Gushcha S.Yu. Analiz sostoyaniya i perspektivy razvitiya detsko-yunosheskogo biatlona v Rossiyskoys Federatsii [Analysis of State and Perspectives for Development of Children's and Youth Biathlon in the Russian Federation]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2018, no. 9, pp. 99–105.

20. Koryagina Yu.V., Sukhachev E.A., Reutskaya E.A. Mediko-biologicheskoe obespechenie sportivnoy trenirovki v biatlone i short-treke (po materialam zarubezhnoy pechati) [Biomedical Support of Sports Training in Biathlon and Short Track (Based on Foreign Press)]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, no. 3. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=9248> (accessed: 27 January 2020).

21. Sinichenko R.P., Rybina I.L., Tsibul'skiy A.A., Shirkovets E.A. Analiz zavisimosti sorevnovatel'nykh rezul'tatov biatlonistov ot urovnya aerobnoy proizvoditel'nosti [Analysis of the Dependence of Biathletes' Competitive Results on the Level of Aerobic Performance]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2018, no. 7, pp. 244–246.

22. Pauschová B., Gereková J., Ondráček K. Biorhythmic Changes in the Development of Velocity and Power Abilities in Biathlon. *Studia Sportiva*, 2010, vol. 4, no. 1, pp. 25–34.

23. Stanskiy N.T. Silovaya podgotovka lyzhnikov-gonshchikov [Strength Training of Skiers-Racers]. *Vestnik Vitebskogo dzyarzhaj'naga universiteta*, 2017, no. 4, pp. 106–112.

24. Stöggel T., Müller E., Lindinger S. Biomechanical Comparison of the Double-Push Technique and the Conventional Skate Skiing Technique in Cross-Country Sprint Skiing. *J. Sports Sci.*, 2008, vol. 26, no. 11, pp. 1225–1233.

25. Paillard T. Effects of General and Local Fatigue on Postural Control: A Review. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 2012, vol. 36, no. 1, pp. 162–176.

26. Fleyshman A.N., Korablina T.V., Smagina E.S., Petrovskiy S.A., Iovin D.E., Neretin A.A. Entropiya i DFA variabel'nosti ritma serdtsa pri distantnom pre konditsionirovani, ortostaze u zdorovykh molodykh lyudey i u lits s izmeneniyami neyrovegetativnoy regulyatsii kardiodynamiki [Entropy and DFA of Heart Rate Variability in Remote Ischemic Preconditioning, Orthostatic Test in Healthy Young Subjects and in Individuals with Changes in Autonomic Regulation of Cardiodynamics]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya nelineynaya dinamika*, 2016, vol. 24, no. 5, pp. 37–61.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z029

**Fedor B. Litvin\*** ORCID: [0000-0002-2281-8757](https://orcid.org/0000-0002-2281-8757)  
**Tat'yana M. Bruk\*** ORCID: [0000-0003-1023-6642](https://orcid.org/0000-0003-1023-6642)  
**Pavel A. Terekhov\*** ORCID: [0000-0002-7820-9942](https://orcid.org/0000-0002-7820-9942)  
**Natal'ya V. Osipova\*** ORCID: [0000-0002-0934-9239](https://orcid.org/0000-0002-0934-9239)

\*Smolensk State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism  
(Smolensk, Russian Federation)

## ANAEROBIC CAPACITY IN BIATHLETES DEPENDING ON THE TYPE OF AUTONOMIC HEART RATE REGULATION

Successful work of biathletes on the track and at the shooting range largely depends on the typological features of the autonomic regulation of heart rate. We examined 46 biathletes aged 18–25 years. The types of autonomic heart rate regulation were determined according to the generally accepted method using Varikard 2.51 equipment. Sport-specific performance was measured on the Ergomedic 894E Peak Bike ergometer (Monark Exercise, Sweden). Personified types of autonomic heart rate regulation were combined into two groups: with the dominance of the central regulation mechanism (CRM, 45 % of subjects) and of the autonomic regulation mechanism (ARM, 55 % of subjects). The 6-second test for assessing speed abilities revealed statistically significant ( $p < 0.05$ ) differences: biathletes with CRM were faster, their peak power output was higher and their time to reach maximum speed was shorter compared to biathletes with ARM. As to the strength abilities, subjects with CRM were superior ( $p < 0.05$ ) to their colleagues in terms of speed and relative power output; their power gradient was greater, and their time to reach maximum speed was shorter ( $p < 0.05$ ). During the 15-second test, biathletes with ARM showed a statistically significant ( $p < 0.05$ ) increase in total work output, absolute power output, and endurance coefficient compared to the subjects with CRM. When switching to the 45-second mode, biathletes with ARM retained their advantages ( $p < 0.05$ ) in terms of total work output, absolute power output, and speed endurance. At the same time, their relative power output was lower compared to that of athletes with CRM. Thus, with the shortest possible anaerobic mode, the efficiency is higher in biathletes with dominant CRM, while at longer modes, in biathletes with ARM predominance.

**Keywords:** *biathletes, heart rate variability, anaerobic capacity, speed abilities, strength-speed abilities, bicycle ergometer test.*

Поступила 03.02.2020

Принята 14.09.2020

Received 3 February 2020

Accepted 14 September 2020

**Corresponding author:** Fedor Litvin, *address:* prosp. Gagarina 23, Smolensk, 214018, Russian Federation; *e-mail:* bf-litvin@yandex.ru

**For citation:** Litvin F.B., Bruk T.M., Terekhov P.A., Osipova N.V. Anaerobic Capacity in Biathletes Depending on the Type of Autonomic Heart Rate Regulation. *Journal of Medical and Biological Research*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 368–377. DOI: 10.37482/2687-1491-Z029