

## ЧАСТОТА СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ, ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА И АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ У ЛЫЖНИКОВ РАЗНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ В ТЕСТЕ «ДО ОТКАЗА»

*Н.Г. Варламова, Т.П. Логинова, И.О. Гарнов, А.А. Черных, Е.Р. Бойко*

*Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН), г. Сыктывкар, Россия*

**Цель исследования:** анализ частоты сердечных сокращений, потребления кислорода и артериального давления на разных этапах велоэргометрического теста «до отказа» у лыжников-гонщиков различной спортивной квалификации. **Объекты и методы исследования.** Обследовано 208 лыжников-гонщиков (юношей и мужчин): 50 – первого спортивного разряда, 80 – кандидатов в мастера спорта и 78 – мастеров спорта в возрасте 14–32 лет в покое, при выполнении теста «до отказа» и в период восстановления с использованием эргоспирометрической системы OхусонPro (Erich Jaeger). **Результаты.** У лыжников-гонщиков различной спортивной квалификации определены значения частоты сердечных сокращений, потребления кислорода для каждой ступени протокола тестирования и артериальное давление для ключевых моментов теста. При предъявлении максимальных требований на пике нагрузки и первой минуте восстановления пропала статистически достоверная разница показателей частоты пульса и систолического артериального давления между группами лыжников-гонщиков. **Заключение.** Предложенные нами сведения о деятельности кардиореспираторной системы при выполнении велоэргометрического теста «до отказа» позволят более целенаправленно контролировать и корректировать функциональное состояние и тренировочный процесс у спортсменов разной квалификации, специализирующихся в лыжных гонках, и могут служить инструментом определения готовности физиологических функций к выполнению квалификационных разрядных требований.

**Ключевые слова:** частота сердечных сокращений, потребление кислорода, артериальное давление, тест «до отказа», лыжники-гонщики.

**Введение.** Успешность выступления спортсменов в соревнованиях зависит от рационального построения тренировочного процесса (ТП) не только за счет оптимизации объема и интенсивности физических нагрузок, но и использования инновационных методов получения срочной информации о функциональном состоянии организма [7]. Артериальное давление (АД) и ЧСС представляют собой прогностические функциональные параметры адаптации на различных этапах тренировочного процесса, однако имеется мало данных о ЧСС и АД во время переходов от покоя к нагрузке и от нагрузки к покою [12]. «Золотой стандарт» кардиореспираторного нагрузочного тестирования – тест с возрастающей нагрузкой – позволяет определить максимальное потребление кислорода (МПК), оценить уровень аэробных возможностей организма и выявить причины ограничения физической работоспособности [5]. В настоящее время существует множество протоколов нагрузоч-

ного тестирования, но практически отсутствуют на разных этапах теста сведения о функциональных показателях кардиореспираторной системы человека, таких как ЧСС, потребление кислорода (ПК) и АД, что существенно затрудняет анализ, сравнение и прогноз имеющихся данных. Целью нашей работы было выявление особенностей и характерных черт функционирования кардиореспираторной системы лыжников-гонщиков высшего разряда и званий при выполнении протокола теста «до отказа» на велоэргометре. Задачами исследования являлись изучение у спортсменов динамики ЧСС, ПК, АД в покое, при ступенчато-повышающихся нагрузках, на пороге анаэробного обмена и восстановлении.

**Объекты и методы исследования.** Исследования проведены в соответствии с принципами Хельсинской декларации 1964 г. с изменениями, принятыми на Генеральных Ассамблеях ВМА с 1975 по 2013 г. Методы одобрены комитетом по биоэтике

ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Все спортсмены подписали добровольное информированное согласие. Обследовано 208 лыжников-гонщиков (юношей и мужчин): 50 – первого спортивного разряда (1СР – группа 1), 80 – кандидатов в мастера спорта (КМС – группа 2) и 78 – мастеров спорта (МС – группа 3), действующих членов сборных команд Республики Коми и России, в возрасте от 14 до 32 лет, проживающих на Европейском Севере (62° с.ш., 51° в.д.), в подготовительный период ТП. У спортсменов измеряли с помощью медицинского весоростомера рост и массу тела. Лыжники выполняли велоэргометрический тест «до отказа» с использованием эргоспирометрической системы Oхусон Pro (Erich Jaeger) в режиме breath by breath со ступенчатым возрастанием нагрузки (interval protocol), начиная с 120 Вт, и усреднением показателей по 15-секундным отрезкам. Протокол тестирования включал в себя: две минуты покоя лежа, две минуты покоя сидя на велоэргометре, одну минуту педалирования без нагрузки с частотой 60 об/мин, ступенчато повышающуюся нагрузку на 40 Вт каждые две минуты и пятиминутное восстановление после теста с анализом показателей на всех этапах. Респираторный порог анаэробного обмена (ПАНО) определяли по достижению дыхательным коэффициентом единицы. Систolicкое (САД) и диastolicкое (ДАД) артериальное давление измерены методом Короткова на приборе Microlife model BRAG-1-30 (Switzerland) в покое сидя, на ПАНО и в момент МПК.

Статистическая обработка результатов выполнена с применением однофакторного дисперсионного анализа (F-критерий Фишера), множественных сравнений (t-критерия Стьюдента с поправкой Тьюки) и парных сравнений (t-критерия Стьюдента). Расчеты и рисунки выполнены в программе Excel 2016.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Спортсмены 1СР были в возрасте  $16,4 \pm 1,3$  года, имели рост  $175,4 \pm 4,4$  см, массу тела –  $68,0 \pm 4,7$  кг, МПК –  $4,166 \pm 0,285$  л/мин. Аналогичные показатели для КМС составляли:  $19,9 \pm 2,1$  года,  $175,3 \pm 4,9$  см,  $70,5 \pm 4,7$  кг,  $4,444 \pm 0,474$  л/мин; для МС –  $23,4 \pm 3,8$  года;  $176,8 \pm 4,7$  см;  $70,8 \pm 3,9$  кг и  $4,487 \pm 0,487$  л/мин. Возраст и масса тела увеличились ( $P < 0,001$ ) с ростом спортивного мастерства, однако КМС и МС по массе тела практически не различались. По данным ли-

тературы [3], рост, масса тела и возраст обследованных нами спортсменов 1СР вполне соответствовали таковому ( $175,7 \pm 5,64$  см,  $66,3 \pm 7,6$  кг) для лыжников-гонщиков 15–16 лет. Кандидаты в мастера спорта были более низкорослыми, но имели практически одинаковую массу тела с лыжниками-гонщиками 17–18 лет ( $176,2 \pm 5,86$  см и  $70,5 \pm 7,40$  кг) [3]. Мастера спорта имели более низкий рост и меньшую массу тела, чем лыжники-гонщики 23 лет [3] ( $179,3 \pm 5,46$  см и  $74,4 \pm 7,94$  кг).

**Частота сердечных сокращений** представлена у спортсменов в табл. 1 в разные фазы теста «до отказа».

У представителей разной спортивной квалификации (см. табл. 1) ЧСС имеет статистически значимые различия ( $P < 0,05–0,001$ ), кроме уровня ПАНО, 400 Вт и первой минуты восстановления. Во все фазы теста у 3-й группы ЧСС была меньше, чем у 2-й и 1-й. По данным литературы [2], у лыжников-гонщиков разной спортивной квалификации ЧСС в покое была меньше, чем у нетренированных юношей и мужчин аналогичного возраста на 7,7, 10,6 и 15,2 уд./мин, что свидетельствует о формировании брадикардии как результата спортивных тренировок, более выраженной с ростом спортивного мастерства. В покое лежа ЧСС у лыжников 1СР была выше на 20,0 %, у КМС – на 10,4 %, чем у МС. Аэробная нагрузка [14] влияет на парасимпатический нерв, снижая ЧСС, что положительно сказывается и на уменьшении сердечно-сосудистых заболеваний.

На ПАНО ЧСС у группы 1 была больше на 5,0 %, чем у лыжников 3-й группы ( $P < 0,05$ ), а в группах 2 и 3 статистически не различалась. В момент завершения максимальной нагрузки ЧСС у всех 3 групп не имела статистической разницы.

На первой минуте восстановления, как и в момент завершения нагрузки, не было статистически значимых различий в ЧСС у лыжников 1–3-й групп, что, по-видимому, свидетельствовало о достижении предельных функциональных возможностей и соответствовало данным литературы [8] о том, что максимальная ЧСС у тренированных людей не отличается от соответствующего показателя обычных людей. Статистически значимые различия в ЧСС появились на 3-й и 5-й минутах восстановления. К третьей минуте наиболее медленно восстанавливалась группа 1, на

Таблица 1  
Table 1

Частота сердечных сокращений у лыжников-гонщиков ( $X \pm SD, n$ )  
Heart rate in skiers ( $X \pm SD, n$ )

Фазы выполнения теста Test protocol	Первый разряд (группа 1) 1 <sup>st</sup> sports category 1 group	Кандидат в мастера спорта (группа 2) Candidate for Master of Sports 2 group	Мастер спорта (группа 3) Master of Sports 3 group
Покой лежа ### At rest, in lying position	64,4 ± 9,8; 41 *2,3	59,2 ± 10,4; 65 *1,3	53,6 ± 8,3; 66 *1,2
120 Вт / W ###	117,3 ± 13,4; 38 *2,3	107,9 ± 9,9; 54 *1,3	102,3 ± 10,0; 63 *1,2
160 Вт / W ###	135,9 ± 0,9; 31 *2,3	122,9 ± 9,9; 54 *1,3	114,6 ± 8,2; 49 *1,2
200 Вт / W ###	147,5 ± 16,2; 37 *2,3	139,5 ± 13,2; 52 *1,3	128,1 ± 11,8; 46 *1,2
240 Вт / W ###	161,8 ± 14,1; 30 *2,3	150,8 ± 11,5; 45 *1,3	141,8 ± 12,2; 59 *1,2
ПАНО / Anaerobic threshold	169,9 ± 14,4; 50 *3	167,2 ± 14,0; 80	161,8 ± 16,1; 77 *1
280 Вт / W ###	176,9 ± 10,4; 30 *2,3	164,9 ± 11,7; 54 *1,3	157,1 ± 11,6; 47 *1,2
320 Вт / W ###	181,8 ± 15,0; 21 *2,3	173,8 ± 9,5; 41 *1	168,5 ± 12,6; 41 *1
360 Вт / W	–	181,5 ± 9,1; 22 &	174,5 ± 13,5; 30&
400 Вт / W	–	186,5 ± 3,3; 4	181,7 ± 10,0; 7
Восстановление / Recovery			
Первая минута First minute	149,1 ± 17,0; 23	148,2 ± 17,4; 48	142,1 ± 19,7; 36
Третья минута Third minute ###	119,0 ± 15,5; 41 *2,3	108,7 ± 14,4; 52 *1	105,8 ± 18,7; 61 *1
Пятая минута Fifth minute ##	104,4 ± 16,9; 17 *3	103,2 ± 11,4; 31 *3	91,9 ± 15,9; 27 *1,2

Примечание: ### –  $P < 0,001$ , ## –  $P < 0,01$ , # –  $P < 0,05$  (F – критерий) – различия между спортсменами разных групп по фазам теста; \* –  $P < 0,05$  (t-критерий с поправкой Тьюки) – изменения показателей достоверны между группами 1–2–3; & –  $P < 0,05$  (t-критерий) – изменения показателей достоверны между группами 2 и 3.

Note: ### –  $P < 0.001$ , ## –  $P < 0.01$ , # –  $P < 0.05$  (F-criterion) differences between athletes of different groups depending on the stage of the test; \* –  $P < 0.05$  (t-test with Tukey's correction); changes in the indicators are significant between groups 1–2–3; & –  $P < 0.05$  (t-criterion) changes in the indicators are significant between groups 2 and 3.

пятой минуте ЧСС у лыжников 1СР разряда была выше, чем у МС, на 13,6 %, у КМС выше, чем у МС, – на 12,3 % ( $P < 0,05$ ). Достоверное [3] снижение максимального уровня ЧСС наблюдается между возрастными группами 15–16, 17–18 лет и 19–22 года и вполне соответствует полученным нами данным (см. табл. 1): снижению ЧСС ( $P < 0,001$ ) между группами 1СР и КМС, КМС и МС аналогичного возраста на 8,0 и 5,3 уд./мин. С ростом спортивного мастерства более низкие значения ЧСС могут свидетельствовать [4] о более высоких функциональных резервах. По данным ряда авторов [10], в регуляции ритма сердца наблюдаются различия у лиц с разной спортивной квалификацией. У МС отмечено преобладание метаболической регуляции, у КМС – гуморальной, у представителей I–II разрядов повышенное влияние симпатического отдела вегетативной нервной системы и гуморальной регуляции. Динамика значений ЧСС фоновой

го, нагрузочного и восстановительного периода может выступать прогностическими критериями оценки уровня физической работоспособности [4].

**Потребление кислорода** у лыжников-гонщиков на всех этапах теста «до отказа» представлено в табл. 2.

У представителей разной спортивной квалификации ПК (см. табл. 2) имеет различия ( $P < 0,001$ ) практически на всех этапах выполнения теста «до отказа», за исключением покоя лежа и нагрузки 400 Вт (МС и КМС). В 1-й и 2-й группах отмечено более высокое ПК до наступления ПАНО. После достижения ПАНО и на 1-й минуте восстановления более высокое ПК было характерно для МС, на третьей и пятой минутах – для КМС.

Если принять уровень ПК лыжников за 100 %, то в покое лежа у спортсменов оно было меньше в группах 1–3 соответственно на 28,2; 46,1 и 49,5 %, чем у лиц мужского пола,

Потребление кислорода (л/мин) у лыжников-гонщиков (X ± SD, n)  
Oxygen consumption (l/min) in skiers (X ± SD, n)

Фазы выполнения теста Test protocol	Первый разряд (группа 1) 1 <sup>st</sup> sports category 1 group	Кандидат в мастера спорта (группа 2) Candidate for Master of Sports 2 group	Мастер спорта (группа 3) Master of Sports 3 group
Покой лежа ### At rest, in lying position	0,291 ± 0,072; 50	0,280 ± 0,059; 80	0,279 ± 0,067; 77
120 Вт / W ###	1,896 ± 0,126; 50 *2,3	1,879 ± 0,129; 80 *1,3	1,865 ± 0,120; 77 *1,2
160 Вт / W ###	2,308 ± 0,184; 50 *3	2,310 ± 0,164; 80 *3	2,295 ± 0,113; 77 *1,2
200 Вт / W ###	2,834 ± 0,134; 50 *2,3	2,800 ± 0,178; 80 *1,3	2,749 ± 0,146; 77 *1,2
240 Вт / W ###	3,319 ± 0,174; 50 *2,3	3,307 ± 0,170; 80 *1,3	3,248 ± 0,176; 7 *1,2
ПАНО / Anaerobic threshold	3,473 ± 0,536; 50 *2,3	3,767 ± 0,602; 80 *1,3	3,840 ± 0,632; 77 *1,2
280 Вт / W ###	3,799 ± 0,215; 49 *2,3	3,780 ± 0,209; 78 *1,3	3,746 ± 0,187; 73 *1,2
320 Вт / W ###	4,200 ± 0,232; 30 *2,3	4,215 ± 0,244; 66 *1,3	4,231 ± 0,246; 69 *1,2
360 Вт / W	–	4,532 ± 0,472; 35 *1,3	4,536 ± 0,386; 46 *1,2
400 Вт / W	–	4,582 ± 0,565; 13&	4,836 ± 0,436; 18&
Восстановление / Recovery			
Первая минута First minute	1,438 ± 0,197; 50 *2,3	1,534 ± 0,253; 80 *1,3	1,545 ± 0,284; 76 *1,2
Третья минута Third minute ###	0,868 ± 0,105; 50 *2,3	0,955 ± 0,168; 80 *1,3	0,892 ± 0,195; 77 *1,2
Пятая минута Fifth minute ##	0,721 ± 0,107; 49 *2,3	0,775 ± 0,152; 80 *1,3	0,739 ± 0,141; 77 *1,2

Примечание: ### – P < 0,001, ## – P < 0,01 (F-критерий) различия между спортсменами разных групп по фазам теста; \* – P < 0,05 (t-критерий с поправкой Тьюки) изменения показателей достоверны между группами 1–2–3; & – P < 0,05 (t-критерий) изменения показателей достоверны между группами 2 и 3.

Note: ### – P < 0.001, ## – P < 0.01, # – P < 0.05 (F-criterion) differences between athletes of different groups depending on the stage of the test; \* – P < 0.05 (t-test with Tukey's correction); changes in the indicators are significant between groups 1–2–3; & – P < 0.05 (t-criterion) changes in the indicators are significant between groups 2 and 3.

не занимающихся спортом [2], что может быть связано как с экономизацией функций в результате тренировочного процесса, так и разными методами определения ПК.

У лыжников на ПАНО потребление кислорода на кг массы тела (ПК/кг) в сравнении с данными литературы [3] было меньше от 1-й до 3-й групп соответственно на 3,2; 3,3 и 2,0 %. Увеличение аэробной работоспособности высококвалифицированного спортсмена связано с увеличением способности его мышц потреблять кислород на уровне анаэробного порога [8].

У спортсменов 1СР МПК (см. табл. 2) соответствовало данным литературы [3] для такого же возраста (4,2 ± 0,6 л/мин). КМС и МС, обследованные нами, имели меньшее значение МПК (соответственно на 5,4 и 10,3 %), чем МПК для аналогичного возраста и вида спорта [3]: соответственно 4,7 ± 0,5 и 5,0 ± 0,6 л/мин. Однако эти показатели существенно отлича-

лись от МПК норвежских представителей зимних видов спорта мирового уровня [12, 15], для которых характерно максимальное ПК/кг от 80 до 90 мл/мин/кг или (6,5 л/мин), что выше, чем у обследованных нами МС, на 34,4 %. Если принять МПК и ПК на ПАНО у МС за 100 %, то у представителей 1СР эти показатели были меньше на 7,2 и 9,6 %, а у КМС – на 1,0 и 1,9 %, что может быть обусловлено как степенью тренированности, методом обследования, так и возрастной динамикой показателя в группах.

**Артериальное давление** у лыжников-гонщиков представлено в покое сидя, на ПАНО и в момент достижения МПК (табл. 3).

У лыжников 1СР САД было выше в покое сидя (P < 0,001) и на ПАНО (P < 0,01) (см. табл. 3). Различия САД в покое между группами 2 и 3 отсутствовали, а на ПАНО прослеживались только между 1-й и 3-й группами (P < 0,05).

Таблица 3  
Table 3

Артериальное давление у лыжников-гонщиков (X ± SD, n)  
Blood pressure in skiers (X ± SD, n)

Группы Group	САД, мм рт. ст. / SBP, mmHg	ДАД, мм рт. ст. / DBP, mmHg
Покой сидя / At rest, seated		
1	121,4 ± 9,8 ###, 50 *2,3	78,5 ± 7,9; 50
2	114,3 ± 11,5 ###, 80 *1	76,9 ± 8,9; 80
3	115,4 ± 9,2 ###, 78 *1	77,7 ± 7,8; 78
ПАНО / Anaerobic threshold		
1	172,6 ± 15,7 ##, 50 *3	67,9 ± 17,4 ##, 50 *3
2	166,8 ± 16,4 ##, 80	71,2 ± 12,5 ##, 80
3	163,5 ± 14,8 ##, 78 *1	75,1 ± 11,4 ##, 78 *1
В момент достижения максимального потребления кислорода / At maximum oxygen consumption		
1	185,5 ± 16,5; 50	73,0 ± 18,6 ##, 50 *3
2	187,4 ± 17,9; 80	76,6 ± 15,4 ##, 80
3	189,5 ± 17,2; 77	82,3 ± 16,2 ##, 77 *1

Примечание: ### – P < 0,001, ## – P < 0,01 (F-критерий) различия между спортсменами разных групп по фазам теста; \* – P < 0,05 (t-критерий с поправкой Тьюки) изменения показателей достоверны между группами 1–2–3.

Note: ### – P < 0.001, ## – P < 0.01 (F-criterion) differences between athletes of different groups depending on the stage of the test; \* – P < 0.05 (t-test with Tukey's correction); changes in the indicators are significant between groups 1–2–3.

У лыжников 1-й группы ДАД было ниже на ПАНО и на уровне МПК (P < 0,01). В 3-й группе ДАД было выше, чем в 1-й на ПАНО и в момент достижения МПК (P < 0,001). Значимые различия ДАД в покое между группами отсутствовали, на ПАНО и в момент завершения теста различия прослеживались только между 1-й и 3-й группами (P < 0,05).

Физическая аэробная нагрузка влияет на ремоделирование сосудов, способствуя ангиогенезу, положительно воздействуя на количество капилляров и, следовательно, на площадь газообмена, одновременно улучшая диффузию кислорода и увеличивая тонус вагуса [12]. У лыжников-гонщиков САД на этапах тестирования «до отказа» представлено в табл. 3 и в группе 1СР было выше на 5,7 мм рт. ст., а в группах КМС и МС – ниже на 4,6 и 6,1 мм рт. ст., чем у не занимающихся спортом лиц мужского пола аналогичного возраста [2]. Согласно работе О.А. Мутафьяна [6], САД соответствовало норме. В группе 1 на ПАНО САД было статистически выше (P < 0,05), чем в группе 3, на 9,1 мм рт. ст., но при достижении МПК достоверные различия САД между группами исчезли. Более высокое САД у лыжников 1СР по сравнению с КМС и МС скорее всего связано с более юным возрастом и как следствие – незавершенностью процессов становления сердечно-сосудистой

системы на фоне значительных спортивных нагрузок. При максимальной 10-минутной нагрузке [2] САД у неспортсменов 16 лет было 188,5 мм рт. ст., в 19 лет – 193,3 мм рт. ст. и в 23 года – 193,7 мм рт. ст., что больше соответственно на 3,0; 5,9 и 4,2 мм рт. ст., чем в нашей выборке.

В покое сидя ДАД (см. табл. 3) во всех трех группах лыжников-гонщиков было выше нормы [2] соответственно на 7,1; 4,6 и 4,2 мм рт. ст. Более высокое ДАД может быть связано с проживанием спортсменов в условиях Севера и длительными тренировками на открытом воздухе, которые могли привести к увеличению периферического сосудистого сопротивления [1]. Даже кратковременное (один час) холодное воздействие [13] индуцирует у молодых здоровых людей тенденцию к гиперкоагуляции, что также может вызывать более высокий уровень ДАД. У лыжников на ПАНО ДАД в группе 1 было ниже на 9,6 %, чем в группе 3, при достижении МПК – ниже на 11,3 % (P < 0,05). Более низкое ДАД у лиц молодого возраста на уровне ПАНО и в момент достижения МПК (см. табл. 3) согласуется с данными литературы [6]. При максимальной 10-минутной нагрузке [2] ДАД у неспортсменов 16 лет соответствовало 88,7 мм рт. ст., в 19 лет – 90,0 мм рт. ст. и в 23 года – 90,2 мм рт. ст., что больше, чем

у лыжников-гонщиков, обследованных нами, соответственно на 15,7; 13,4 и 7,7 мм рт. ст. Разница в величинах САД и ДАД могла быть обусловлена как степенью тренированности контингентов, так и различием тестовых нагрузок.

Спортсмены с большей степенью тренированности в момент завершения теста имеют меньшие значения ЧСС и САД, но более высокие ДАД и ПК. С точки зрения экономизации функций, более высокие значения ДАД и ПК можно расценить как не очень благоприятный признак. При физической нагрузке как системная вазоконстрикция, так и локальная вазодилатация не приводят к значительному изменению ДАД, тогда как САД достигает максимума [12]. Вызванное физическими нагрузками повышенное кровяное давление связано с эндотелиальной дисфункцией [14] и имеет в 5–10 раз более высокие темпы перехода к гипертензии в будущем [9], а также является независимым фактором риска развития сердечно-сосудистых и цереброваскулярных заболеваний [11].

Таким образом, предложенные нами подробные сведения о значениях ЧСС и ПК на каждой ступени протокола теста «до отказа», реализованном на современной эргоспирометрической системе OxyconPro (ErichJaeger) в режиме breath by breath, и АД для ключевых моментов теста позволят более целенаправленно контролировать и сравнивать функциональное состояние спортсменов, специализирующихся в лыжных гонках для первого разряда, кандидатов и мастеров спорта и могут служить инструментом определения готовности физиологических функций к выполнению квалификационных разрядных требований.

### Выводы

1. Определены значения частоты сердечных сокращений и потребления кислорода у лыжников-гонщиков первого разряда, кандидатов и мастеров спорта в покое, на каждой ступени нагрузки «до отказа» на велоэргометре и при восстановлении, а также артериальное давление для ключевых моментов теста. Показаны значимые различия функционального состояния спортсменов разной квалификации.

2. При предъявлении максимальных требований на пике нагрузки и первой минуте восстановления во всех группах лыжников – гонщиков пропадала статистически достовер-

ная разница показателей частоты пульса и систолического артериального давления.

### Литература

1. Варламова, Н.Г. Годовая динамика артериального давления и метеочувствительность у женщин / Н.Г. Варламова, Т.А. Зенченко, Е.Р. Бойко // *Терапевтический архив*. – 2017. – № 12. – С. 56. DOI: 10.17116/terarkh2017891256-63

2. Власов, Ю.А. Кровообращение и газообмен человека / Ю.А. Власов, Г.Н. Окунева. – Новосибирск: Наука, 1983. – 208 с.

3. Динамика особенностей телосложения, показателей работоспособности и энергообеспечения у лыжников на этапах «спортивного» онтогенеза с учетом биологической зрелости / Т.Ф. Абрамова, А.И. Головачев, Т.М. Никитина, Н.И. Кочеткова и др. // *Вестник Моск. ун-та. Антропология*. – 2012. – Сер. XXIII. – № 3. – С. 38.

4. Максимов, А.Л. Информативные маркеры состояния кардиогемодинамики у юношей с различными типами вегетативной регуляции в процессе велоэргометрической нагрузки субмаксимальной мощности / А.Л. Максимов, И.В. Аверьянова // *Физиология человека*. – 2019. – Т. 45. – № 3. – С. 61. DOI: 10.1134/5013116461902005X

5. Мустафина, М.Х. Кардиореспираторный нагрузочный тест / М.Х. Мустафина, А.В. Черняк // *Атмосфера. Пульмонология в кардиологии*. – 2013. – № 3. – С. 56.

6. Мутафьян, О.А. Артериальные гипертензии и гипотензии у детей и подростков (клиника, диагностика, лечение) / О.А. Мутафьян. – СПб.: Невский Диалект, М.: БИНОМ, 2002. – 144 с.

7. Петров, Р.Е. Определение и оценка аэробного порога и потенциальных возможностей сердечной системы лыжников-гонщиков (юношей) на основе использования ступенчато-возрастающей велоэргометрической нагрузки / Р.Е. Петров, И.Ш. Мутаева, А.А. Ионов // *Пед.-психол. и мед.-биол. проблемы физ. культуры и спорта*. – 2018. – Т. 13, № 3. – С. 187. DOI: 10.14526/2070-4798-2018-13-3-187-199

8. Попов, Д.В. Физиологические основы оценки аэробных возможностей и подбора тренировочных нагрузок в лыжном спорте и биатлоне / Д.В. Попов, А.А. Грушин, О.Л. Виноградова. – М: Совет. спорт, 2014. – 78 с.

9. Blood pressure response during treadmill testing as a risk factor for new-onset hypertension. The Framingham heart study / J.P. Singh, M.G. Larson, T.A. Manolio et al. // *Circulation*. – 1999. – No. 99. – P. 1831–1836.

10. Effective long term adaptation and metabolic state regulation of ski-racers / A.S. Bakhareva, A.P. Isaev, V.V. Erlikh, A.S. Aminov // *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports*. – 2016. – No. 3. – P. 4–10. DOI: 10.15561/18189172.2016.0301

11. Exaggerated exercise blood pressure response and future cardiovascular disease / N. Tzemos, P.O. Lim, I.S. Mackenzie, T.M. MacDonald // *J Clin Hypertension (Greenwich)*. – 2010. – Vol. 5, no. 17. – P. 837–844. DOI: 10.1111/jch.12629

12. Martin, S.A. Individual Adaptation in Cross-Country Skiing Based on Tracking during Training Conditions / S.A. Martin, R.M. Had-

maş // *Sports (Basel)*. – 2019. – Vol. 7, no. 9. – P. 211–216. DOI: 10.3390/sports7090211

13. Mercer, J.B. The effect of short-term cold exposure on risk factors for cardiovascular diseases from China / J.B. Mercer, B. Osterud, T. Tveita // *Thrombosis Research*. – 1999. – Vol. 95, no. 2. – P. 93–104. DOI: 10.1016/s0049-3848(99)00028-6

14. Oh, D. The effects of strenuous exercises on resting heart rate, blood pressure, and maximal oxygen uptake / D. Oh, H. Hong, B. Lee // *Journal of Exercise Rehabilitation*. – 2016. – Vol. 12, no. 1. – P. 42–46. DOI: 10.12965/jer.150258

15. Sandbakk, Ø. Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance / Ø. Sandbakk, H.C. Holmberg // *International Journal of Sports Physiology and Performan.* – 2017. – No. 1. – P. 1003–1011. DOI: 10.1123/ijsp.2016-0749

**Варламова Нина Геннадьевна**, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии, ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, Первомайская улица, 50. E-mail: nivarlam@physiol.komisc.ru, ORCID: 0000-0003-1444-4684.

**Логинова Татьяна Петровна**, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии, ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, Первомайская улица, 50. E-mail: log73tag@yandex.ru, ORCID:0000-0001-7003-6664.

**Гарнов Игорь Олегович**, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии, ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, Первомайская улица, 50. E-mail: 566552@inbox.ru, ORCID:0000-0002-2604-2773.

**Черных Алексей Анатольевич**, младший научный сотрудник отдела экологической и медицинской физиологии, ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, Первомайская улица, 50. E-mail: chernykh.al.an@gmail.com, ORCID:0000-0002-1574-5588.

**Бойко Евгений Рафаилович**, доктор медицинских наук, профессор, директор, ИФ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. 167982, г. Сыктывкар, ГСП-2, Первомайская улица, 50. E-mail: boiko60@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-8027-898X.

*Поступила в редакцию 15 ноября 2020 г.*

## HEART RATE, OXYGEN CONSUMPTION AND ARTERIAL PRESSURE IN SKIERS OF DIFFERENT SKILL LEVELS IN THE TEST TO EXHAUSTION

**N.G. Varlamova**, *nivarlam@physiol.komisc.ru*, ORCID: 0000-0003-1444-4684,

**T.P. Loginova**, *log73tag@yandex.ru*, ORCID: 0000-0001-7003-6664,

**I.O. Garnov**, *566552@inbox.ru*, ORCID: 0000-0002-2604-2773,

**A.A. Chernykh**, *chernykh.al.an@gmail.com*, ORCID: 0000-0002-1574-5588,

**E.R. Boiko**, *boiko60@inbox.ru*, ORCID: 0000-0002-8027-898X

*Institute of Physiology, Komi Science Center, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russian Federation*

**Aim.** The purpose of our study was to assess heart rate, oxygen consumption, and arterial pressure in professional skiers of different skill levels at various stages of the test to exhaustion. **Materials and methods.** We examined 208 skiers (male, ages 14–32): 50 – first sports category, 80 – candidates for master of sports, 78 – masters of sports (according to the Russian system of sports qualification). The bicycle ergometer test was performed by using the OxyconPro system (Erich Jaeger, Germany). **Results.** Heart rate, oxygen consumption at each stage of the test, as well as arterial pressure were measured. During the test, at the peak load and at the first minute of recovery significant difference between skiers in terms of heart rate and systolic blood pressure disappeared. **Conclusion.** Our data on cardiorespiratory system performance during the bicycle ergometer test will allow improving the control of the functional status and training process in skiers of different skill levels and can serve as a tool for determining physiological fitness for various sports qualifications.

**Keywords:** *heart rate, oxygen consumption, arterial blood pressure, test to exhaustion, cross-country skier.*

### References

1. Varlamova N.G., Zenchenko T.A., Boyko E.R. [Annual Dynamics of Blood Pressure and Me-teosensitivity in Women]. *Terapevticheskiy arkhiv* [Therapeutic Archive], 2017, no. 12, p. 56. (in Russ.) DOI: 10.17116/terarkh2017891256-63
2. Vlasov Yu.A., Okuneva G.N. *Krovoobrashcheniye i gazoobmen cheloveka* [Human Blood Circulation and Gas Exchange]. Novosibirsk, Science Publ., 1983. 208 p.
3. Abramova T.F., Golovachev A.I., Nikitina T.M. et al. [Dynamics of Physique Peculiarities, Indicators of Working Capacity and Energy Supply in Skiers at the Stages of Sports Ontogenesis Taking Into Account Biological Maturity]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Antropologiya* [Bulletin of Moscow University. Anthropology], 2012, no. 3, p. 38. (in Russ.)
4. Maksimov A.L., Aver'yanova I.V. [Informative Markers of the State of Cardiohemodynamics in Young Men with Different Types of Autonomic Regulation During the Cycle Ergometric Load of Submaximal Power]. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology], 2019, vol. 45, no. 3, p. 61. (in Russ.) DOI: 10.1134/5013116461902005Kh
5. Mustafina M.Kh., Chernyak A.V. [Cardiorespiratory Stress Test]. *Atmosfera. Pul'monologiya v kardiologii* [Atmosphere. Pulmonology in Cardiology], 2013, no. 3, p. 56. (in Russ.)
6. Mutaf'yan O.A. *Arterial'nyye gipertenzii i gipotenzii u detey i podrostkov (klinika, diagnostika, lecheniye)* [Arterial Hypertension and Hypotension in Children and Adolescents]. St. Petersburg, Nevsky Dialect Publ., Moscow BINOM Publ., 2002. 144 p.
7. Petrov R.E., Mutayeva I.Sh., Ionov A.A. [Determination and Assessment of the Aerobic Threshold and the Potential Capabilities of the Cardiac System of Skiers-Racers (Young Men) Based on the Use of a Stepwise Increasing Bicycle Ergometric Load]. *Pedagogiko-psikhologicheskkiye i medico-*



*biologicheskiye problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [Pedagogical-Psychological and Medical-Biological Problems of Physical Culture and Sport], 2018, vol. 13, no. 3, p. 187. (in Russ.) DOI: 10.14526/2070-4798-2018-13-3-187-199

8. Popov D.V., Grushin A.A., Vinogradova O.L. *Fiziologicheskiye osnovy otsenki aerobnykh vozmozhnostey i podbora trenirovochnykh nagruzok v lyzhnom sporte i biatlone* [Physiological Bases for Assessing Aerobic Capabilities and Selection of Training Loads in Skiing and Biathlon]. Moscow, Soviet Sport Publ., 2014. 78 p.

9. Singh J.P., Larson M.G., Manolio T.A. Blood Pressure Response During Treadmill Testing as a Risk Factor for New-Onset Hypertension. The Framingham Heart Study. *Circulation*, 1999, no. 99, pp. 1831–1836. (in Russ.) DOI: 10.1161/01.CIR.99.14.1831

10. Bakhareva A.S., Isaev A.P., Erlikh V.V., Aminov A.S. Effective Long Term Adaptation and Metabolic State Regulation of Ski-Racers. *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports*, 2016, no. 3, pp. 4–10. DOI: 10.15561/18189172.2016.0301

11. Tzemos N., Lim P.O., Mackenzie I.S., MacDonald T.M. Exaggerated Exercise Blood Pressure Response and Future Cardiovascular Disease. *J Clin Hypertension (Greenwich)*, 2010, vol. 5, no. 17, pp. 837–844. DOI: 10.1111/jch.12629

12. Martin S.A., Hadmaş R.M. Individual Adaptation in Cross-Country Skiing Based on Tracking during Training Conditions. *Sports (Basel)*, 2019, vol. 7, no. 9, pp. 211–216. DOI: 10.3390/sports7090211

13. Mercer J.B., Osterud B., Tveita T. The Effect of Short-Term Cold Exposure on Risk Factors for Cardiovascular Diseases from China. *Thrombosis Research*, 1999, vol. 95, no. 2, pp. 93–104. DOI: 10.1016/s0049-3848(99)00028-6

14. Oh D., Hong H., Lee B. The Effects of Strenuous Exercises on Resting Heart Rate, Blood Pressure, and Maximal Oxygen Uptake. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 2016, vol. 12, no. 1, pp. 42–46. DOI: 10.12965/jer.150258

15. Sandbakk Ø., Holmberg H.C. Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance. *International Journal of Sports Physiology and Performan*, 2017, no. 1, pp. 1003–1011. DOI: 10.1123/ijsp.2016-0749

**Received 15 November 2020**

---

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Частота сердечных сокращений, потребление кислорода и артериальное давление у лыжников разной квалификации в тесте «до отказа» / Н.Г. Варламова, Т.П. Логинова, И.О. Гарнов и др. // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 53–61. DOI: 10.14529/hsm210107

#### FOR CITATION

Varlamova N.G., Loginova T.P., Garnov I.O., Chernykh A.A., Boiko E.R. Heart Rate, Oxygen Consumption and Arterial Pressure in Skiers of Different Skill Levels in the Test to Exhaustion. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 53–61. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm210107