

### **ВЛИЯНИЕ ШИРОТНОГО ФАКТОРА НА ФИЗИЧЕСКУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ<sup>1</sup>**

*Ю.Г. Солонин\**, *Т.П. Логинова\**, *А.Л. Марков\**, *А.А. Черных\**, *И.О. Гарнов\**

\*Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН  
(Республика Коми, г. Сыктывкар)

Изучена возможность влияния широтного фактора на организм высокотренированных спортсменов-северян. В эксперименте участвовали лыжники-гонщики сборной команды Республики Коми, проживающие в районах Крайнего Севера (20 «северян») и в районах, приравненных к районам Крайнего Севера (24 «южанина»). Обследование проводили в покое и при возрастающих «до отказа» нагрузках на велоэргометре. Показатели кардиореспираторной системы регистрировали с помощью системы Oхусон Pro (Германия). Между группами сравнения в покое не обнаружено физиологических различий. При нагрузке 200 Вт у «северян» по сравнению с «южанами» выявлены статистически значимо более высокие показатели частоты сердечных сокращений, систолического давления, пульсовой и прессорной стоимости нагрузки, сниженная эффективность кардиореспираторной системы (по кислородному пульсу). При максимальной нагрузке «до отказа» у «южан» обнаружены более существенные сдвиги в частоте дыхания, минутном объеме дыхания, потреблении кислорода и энерготратах, а также более высокая удельная вентиляционная стоимость нагрузки, а у «северян» – более высокие удельная пульсовая и прессорная стоимости нагрузки. Но при этом «южане» выполнили больший объем работы, достигли большей мощности нагрузки и продемонстрировали статистически значимо более высокие уровни максимального потребления кислорода, максимального потребления кислорода на 1 кг массы тела и порога анаэробного обмена. Выявлено, что у «южан» преобладает респираторный тип адаптации с преимущественным расходом резервов системы внешнего дыхания, а у «северян» – циркуляторный тип адаптации с преимущественным расходом резервов системы кровообращения. Доказано, что широтный фактор проявляет влияние у высокотренированных спортсменов-северян при продвижении к Северному полюсу всего на 4°.

**Ключевые слова:** широтный фактор, север, лыжники-гонщики, велоэргометрическая нагрузка, кардиореспираторная система, физиологическая стоимость нагрузки, максимальное потребление кислорода, порог анаэробного обмена.

---

<sup>1</sup>Работа выполнена в рамках базового бюджетного финансирования (№ ГР АААА-А17-117012310157-7).

**Ответственный за переписку:** Солонин Юрий Григорьевич, адрес: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Первомайская, д. 50; e-mail: solonin@physiol.komisc.ru

**Для цитирования:** Солонин Ю.Г., Логинова Т.П., Марков А.Л., Черных А.А., Гарнов И.О. Влияние широтного фактора на физическую работоспособность лыжников-гонщиков Республики Коми // Журн. мед.-биол. исследований. 2018. Т. 6, № 4. С. 425–434. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.425

Интерес к изучению влияния географической широты на организм человека проявляется многими учеными [1–3]. Это направление в науке, по аналогии с «высотной» физиологией, было обозначено одним из авторов настоящей статьи как «широтная» физиология [1]. Широтный фактор определяется углом падения солнечных лучей и включает целый ряд параметров среды: световой климат (инфракрасная, видимая и ультрафиолетовая радиация), температура почвы и окружающих предметов, температура и влажность воздуха, ветер, атмосферное давление, осадки, растительный покров и др. Широтные влияния на физиологический статус четко проявляются при трансширотных перемещениях людей [4, 5]. Имеются данные и об особенностях организма постоянных жителей разных широт [1, 6–8]. Нам пока не встретились работы, показывающие влияние широтного фактора на организм спортсменов, родившихся и проживающих на разных широтах в пределах северных регионов.

Цель настоящей работы – изучить особенности физической работоспособности и кардиореспираторной системы у высокотренированных лыжников, проживающих и тренирующихся в разных по степени суровости климатических зонах Европейского Севера России.

**Материалы и методы.** В эксперименте участвовали лыжники-гонщики мужского пола в возрасте от 15 до 21 года, имеющие достаточно высокую спортивную квалификацию, являющиеся членами сборной команды Республики Коми. Для сравнения были выделены две группы: «южане» (12 перворазрядников и 12 кандидатов в мастера спорта) и «северяне» (10 перворазрядников и 10 кандидатов в мастера спорта). «Северяне» с рождения проживали в районах Крайнего Севера (Ижемский, Усть-Цилемский и другие районы – 65–66° с. ш.), а «южане» – в районах, приравненных к районам Крайнего Севера (г. Сыктывкар, Прилузский, Сыктывдинский и другие районы – 61–62° с. ш.).

Обследование было организовано в подготовительный период тренировочного процесса, в первой половине рабочего дня в условиях лаборатории Института физиологии Коми на-

учного центра Уральского отделения РАН (Коми НЦ УрО РАН) в г. Сыктывкаре. В соответствии с Хельсинкской декларацией от каждого спортсмена было получено письменное информированное согласие на участие в тестировании. Протокол обследования одобрен локальным комитетом по биоэтике при Институте физиологии Коми НЦ УрО РАН.

У спортсменов общепринятыми методами определяли показатели антропометрии (рост и массу тела), частоту сердечных сокращений (ЧСС), а также артериальное давление: систолическое (СД) и диастолическое (ДД) – методом Короткова. Рассчитывали индекс массы тела (ИМТ).

С помощью аппаратно-программного комплекса «Экосан-2007» («Медицинские компьютерные системы», г. Зеленоград) у спортсменов, находящихся в покое лежа в течение 5 мин, регистрировали электрокардиограмму и получали показатели variability сердечного ритма (VCP): ЧСС, квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD), стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (SDNN), стресс-индекс (SI), суммарную мощность спектра VCP (TP), мощность спектра высоко- (HF), низко- (LF), очень низкочастотного (VLF) компонентов VCP, доли спектров HF, LF, VLF в общей мощности спектров (в процентах), индекс централизации (IC) и показатель активности регуляторных систем (ПАРС) [9].

Спортсмены были протестированы нагрузками «до отказа» на велоэргометре при помощи системы Oхусон Pro (Германия) с регистрацией ряда кардиореспираторных показателей: ЧСС, СД, ДД, частота дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД), потребление кислорода (ПК), дыхательный коэффициент (ДК), кислородный пульс (КП), порог анаэробного обмена (ПАНО) – и расчетом некоторых показателей: энерготраты (ЭТ), дыхательный эквивалент (ДЭ), коэффициент использования кислорода (КИО<sub>2</sub>), коэффициент полезного действия (КПД), максимальное потребление кислорода (МПК).

После 5-минутного пребывания в покое на велоэргометре лыжники выполняли 2-минутную

работу мощностью 120 Вт с последующим ступенчатым приростом нагрузки на 40 Вт каждые 2 мин при частоте педалирования 60 об/мин. Тест продолжался «до отказа».

Для сопоставимой оценки реакций организма лыжников на последней минуте нагрузки в пробе «до отказа» (поскольку конечная нагрузка была неодинаковой у разных спортсменов) мы ввели понятия «удельной физиологической стоимости физической нагрузки» (пульсовой, прессорной, респираторной, вентиляционной, кислородной, энергетической), показатели которых рассчитывали путем деления абсолютных значений разных физиологических параметров при максимальной нагрузке на мощность механической работы. Например, ЧСС/мощность нагрузки, МОД/мощность нагрузки и т. д. По нашему мнению, они позволяют судить о том, во что обходится организму спортсмена единица мощности работы.

Полученные материалы подвергали статистической обработке с помощью программ

Statistica 6.0 и Biostat (версия 4.03) с проверкой вариационных рядов на характер распределения (по критерию Шапиро–Уилка). В таблицах приведены средние арифметические значения со стандартным отклонением ( $M \pm SD$ ). Различия между выборками «южан» и «северян» принимали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты.** Сравнение антропометрических и физиологических данных у перворазрядников и кандидатов в мастера спорта показало, что статистически значимые различия между лыжниками с разной спортивной квалификацией имеются лишь по отдельным параметрам как в группе «южан», так и у «северян». Поскольку заметного влияния спортивной квалификации на организм в диапазоне разрядов от 1-го до кандидата в мастера спорта не обнаружено, в объединенные выборки как «южан», так и «северян» были включены лица с разными, но близкими спортивными разрядами.

Как видно из *табл. 1*, выборки «южан» и «северян» идентичны по возрасту и спортивно-

Таблица 1

**ПОКАЗАТЕЛИ АНТРОПОМЕТРИИ, КРОВООБРАЩЕНИЯ И ДЫХАНИЯ ( $M \pm SD$ ) В ПОКОЕ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ**

Показатель	«Южане» (n = 24)	«Северяне» (n = 20)	p
Возраст, лет	17,7±1,83	17,5±1,82	0,559
Спортивный стаж, лет	6,0±1,12	6,5±1,18	0,603
Рост, см	176,3±4,03	174,5±5,45	0,136
Масса тела, кг	70,0±4,41	66,7±5,61	0,041
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	22,5±0,91	21,9±1,46	0,080
ЧСС, уд./мин	57±8,4	58±9,8	0,540
СД, мм рт. ст.	118±8,8	121±14,4	0,531
ДД, мм рт. ст.	75±9,6	75±9,2	0,878
МОД, л	9,8±1,90	10,2±2,63	0,774
ЧД, цикл/мин	14,4±3,83	15,5±3,47	0,308
ДО, мл	702±127	670±126	0,316
ПК, мл/мин	347±60	347±102	0,934
КП, мл/уд.	6,0±1,72	6,1±2,48	0,759
ДЭ, усл. ед.	28,5±3,66	30,0±4,70	0,253
КИО <sub>2</sub> , мл/л	35,6±4,31	33,9±5,07	0,248

му стажу, близки по росту и ИМТ, но у «северян» статистически значимо ниже масса тела (в среднем на 3,3 кг). По показателям кровообращения и дыхания в покое между группами не найдено заметных различий. Это касается как прямых, так и производных показателей, в т. ч. и показателей эффективности кардиореспираторной системы (КП и КИО<sub>2</sub>).

При довольно значительной стандартной физической нагрузке (200 Вт) между спортсменами выявляются различия, связанные с широтным фактором (табл. 2). У «северян» по сравнению с «южанами» статистически зна-

бочие приросты физиологических показателей при нагрузке 200 Вт. Они составили в среднем у «южан» и «северян» соответственно: ЧСС – 151 и 164 %, СД – 41 и 45 %, МОД – 589 и 568 %, ЧД – 105 и 88 %, ПК – 731 и 703 %, КП – 239 и 200 %. ДД снизилось соответственно на 4 и 11 %.

Показатели на последней минуте нагрузки «до отказа» и параметры физической работоспособности (МПК и ПАНО) представлены в табл. 3. У «северян» по сравнению с «южанами» статистически значимо меньше время выполнения теста на велоэргометре (в среднем

Таблица 2

**ПОКАЗАТЕЛИ КРОВООБРАЩЕНИЯ, ДЫХАНИЯ И ЭНЕРГЕТИКИ (M±SD)  
У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ ПРИ НАГРУЗКЕ 200 Вт (велоэргометрический тест)**

Показатель	«Южане» (n = 24)	«Северяне» (n = 20)	p
ЧСС, уд./мин	143±14,3	153±17,4	0,033
СД, мм рт. ст.	166±12,4	175±14,3	0,050
ДД, мм рт. ст.	72±9,8	67±14,4	0,249
МОД, л	67,6±9,10	68,5±9,64	0,697
ЧД, цикл/мин	29,6±5,27	29,1±5,90	0,464
ДО, мл	2314±293	2397±302	0,465
ПК, мл/мин	2884±196	2788±132	0,168
ДК, усл. ед.	0,86±0,048	0,91±0,064	0,018
ЭТ, кал/мин	14 082±929	13 766±667	0,423
КП, мл/уд.	20,3±2,32	18,4±2,38	0,008
ДЭ, усл. ед.	23,4±2,83	24,5±3,24	0,253
КИО <sub>2</sub> , мл/л	43,2±5,27	41,3±5,27	0,253
КПД, %	20,4±1,31	20,8±1,06	0,494

чимо выше ЧСС (в среднем на 10 уд./мин), СД (в среднем на 9 мм рт. ст.), ДК (в среднем на 0,05 усл. ед.) и статистически значимо ниже КП (в среднем на 1,9 мл/уд.). По остальным показателям кровообращения, дыхания, энергетики и КПД между выборками различий не найдено. При стандартной нагрузке 200 Вт у «южан» значения ПК, по нашим расчетам, составляют 60,4 % от МПК, а у «северян» – 70,0 % от МПК.

Наряду с абсолютными значениями параметров, у спортсменов интересно сравнить и ра-

на 2,2 мин), достигнутая мощность работы (в среднем на 46 Вт), МОД (в среднем на 43 л), ЧД (в среднем на 12,2 цикла в минуту), ПК (в среднем на 779 мл/мин), ЭТ (в среднем на 4061 кал/мин), КП (в среднем на 3,2 мл/уд.), ДЭ (в среднем на 3,9 усл. ед.), МПК (в среднем на 787 мл/мин), МПК на 1 кг массы тела (в среднем на 8,3 мл/(мин·кг)), МОД/мощность нагрузки (в среднем на 0,07 л/Вт), ПК при ПАНО (в среднем на 871 мл/мин), мощность нагрузки при ПАНО (в среднем на 49 Вт). В то же вре-

Таблица 3

**ПОКАЗАТЕЛИ КРОВООБРАЩЕНИЯ, ДЫХАНИЯ И ЭНЕРГЕТИКИ ( $M \pm SD$ )  
У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ  
ПРИ НАГРУЗКЕ «ДО ОТКАЗА» (велоэргометрический тест)**

Показатель	«Южане» ( $n = 24$ )	«Северяне» ( $n = 20$ )	$p$
Время нагрузки, мин	12,7±1,40	10,5±1,45	0,000
Мощность нагрузки, Вт	358±32,2	312±40,2	0,000
ЧСС, уд./мин	188±10,0	182±13,9	0,139
СД, мм рт. ст.	189±10,6	183±20,7	0,434
ДД, мм рт. ст.	71±17,1	67±18,4	0,146
МОД, л	165,2±21,64	123,2±29,78	0,000
ЧД, цикл/мин	55,2±7,74	44,0±9,43	0,000
ДО, мл	3013±345	2802±439	0,120
ПК, мл/мин	4708±300	3929±438	0,000
ДК, усл. ед.	1,05±0,048	1,04±0,063	0,450
ЭТ, кал/мин	24 099±1581	20 038±2378	0,000
КП, мл/уд.	24,8±2,91	21,6±2,71	0,000
ДЭ, усл. ед.	33,8±4,55	29,9±5,16	0,010
КИО <sub>2</sub> , мл/л	28,9±4,13	33,0±5,77	0,008
КПД, %	21,3±1,47	22,3±1,85	0,069
МПК, мл/мин	4772±291	3985±392	0,000
МПК на 1 кг массы тела, мл/(мин·кг)	68,2±3,92	59,9±5,48	0,000
ЧСС/мощность нагрузки, уд./Вт	0,52±0,056	0,59±0,080	0,018
СД/мощность нагрузки, мм/Вт	0,53±0,056	0,60±0,115	0,050
МОД/мощность нагрузки, л/Вт	0,46±0,072	0,39±0,075	0,003
ЧД/мощность нагрузки, цикл/Вт	0,15±0,026	0,14±0,028	0,052
ДО/мощность нагрузки, мл/Вт	8,45±1,07	8,88±1,14	0,278
ПК/мощность нагрузки, мл/Вт	13,2±0,92	12,6±0,95	0,073
ЭТ/мощность нагрузки, кал/Вт	67,5±4,59	64,6±5,37	0,090
ПК при ПАНО, мл/мин	4334±444	3463±423	0,000
Мощность нагрузки при ПАНО, Вт	320±33,4	271±39,0	0,001
ЧСС при ПАНО, уд./мин	179±11,2	177±13,1	0,853

мя у них статистически значимо выше КИО<sub>2</sub> (в среднем на 4,1 мл/л), ЧСС/мощность нагрузки (в среднем на 0,07 уд./Вт) и СД/мощность нагрузки (в среднем на 0,07 мм/Вт). В целом у «северян» на фоне меньшей по объему и мощности выполненной нагрузки ниже аэробный и анаэробный пороги и вентиляционная стои-

мость единицы мощности нагрузки, но выше КИО<sub>2</sub> и пульсовая и прессорная стоимость единицы мощности нагрузки. При нагрузке «до отказа», по наши расчетам, значения ПК у «южан» и «северян» составляют одинаковую долю от МПК (98,6 %). Уровень ПАНО достигается у «южан» при доле ПК от МПК 90,8 %,

а у «северян» – при доле ПК от МПК 86,9 %, т. е. анаэробный порог у «северян» наступает раньше. Примечательно также, что у «южан» не достигли ПАНО только 3 из 24 лиц (12,5 %), а у «северян» – 6 из 20 обследованных лиц (30,0 %), что говорит о более низком пороге переносимости нагрузки у «северян».

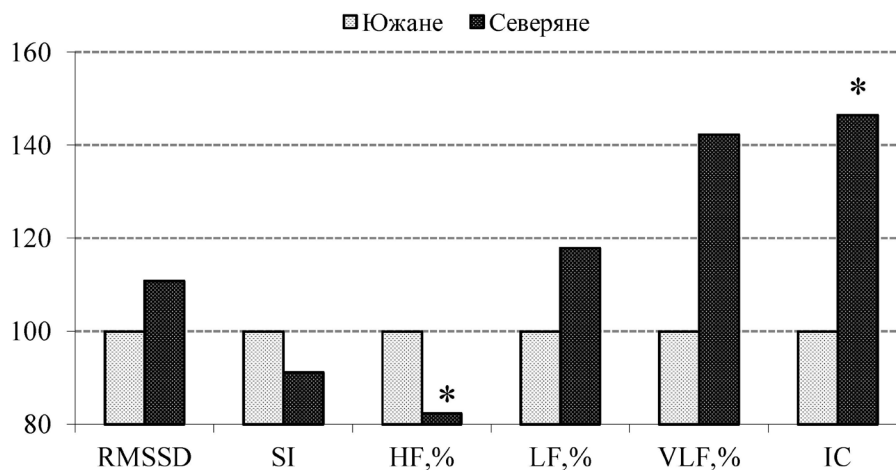
Значения КИО<sub>2</sub> и КПД при нагрузке 200 Вт у «южан» и «северян» близки. Но при работе «до отказа» у всех лыжников КПД несколько увеличивается, а КИО<sub>2</sub> снижается, причем у «северян» оно статистически значимо выше, чем у «южан», что говорит о повышенной эффективности функций внешнего дыхания как компенсирующем механизме в связи с меньшими резервами респираторной системы у «северян».

Большинство показателей ВСР у лыжников, живущих на разных широтах, мало различаются. Однако по некоторым показателям выявляются широтные различия (см. рисунок). Так, у «северян» по сравнению с «южанами» статистически значимо выше значения VLF, IC, но

ниже значение HF,%, что говорит о большем вкладе симпатической нервной системы и высших вегетативных центров в регуляцию ритма сердца, а также о неоптимальном уровне регуляции у «северян».

**Обсуждение.** Проведенное нами исследование организма высокотренированных лыжников (перворазрядников и кандидатов в мастера спорта) на Европейском Севере России показало, что если в покое две сопоставляемые выборки спортсменов, проживающих в разных районах, близки друг к другу по антропометрическим и некоторым физиологическим показателям (кровообращения и дыхания), то большие физические нагрузки – как стандартные, так и «до отказа» – выявляют различия в организме «южан» и «северян», определенно связанные с широтным фактором.

При нагрузке 200 Вт (табл. 2) параметры гемодинамики и КП четко отреагировали на широтный фактор. Гемодинамическая (пульсовая и прессорная) стоимость стандартной физической нагрузки оказалась выше у «се-



Сравнение показателей variability сердечного ритма у лыжников-гонщиков Республики Коми в покое лежа, % (значения параметров в группе «южан» приняты за 100 %; \* – установлены статистически значимые различия между сравниваемыми группами,  $p < 0,05$ ): RMSSD – квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов; SI – стресс-индекс; HF, % – относительная мощность спектра высокочастотного компонента; LF, % – относительная мощность спектра низкочастотного компонента; VLF, % – относительная мощность спектра очень низкочастотного компонента variability сердечного ритма; IC – индекс централизации

верян». При этом большая доля уровня ПК от МПК (почти на 10 %) в группе «северян» означает, что у них в гораздо большей степени задействованы резервы кислородтранспортных систем. По относительному приросту ЧСС и СД у «северян» по сравнению с «южанами» видна заметная прибавка пульсовой и прессиорной стоимости физической нагрузки. По респираторной и кислородной стоимости выявляется противоположная тенденция, поскольку у «северян» приросты показателей дыхания и ПК менее выражены. Это свидетельствует о более существенном снижении у них эффективности кардиореспираторной системы.

В тесте «до отказа» в большинстве случаев значения ДК у лыжников превышали 1, что свидетельствует о преодолении почти всеми спортсменами анаэробного порога.

Интересным, на наш взгляд, является тот факт, что у «южан» при максимальной нагрузке «до отказа» преобладает респираторный тип адаптации, направленный на расходование резервов в системе внешнего дыхания, а у «северян» как при стандартной, так и при максимальной нагрузках на первое место выступает циркуляторный тип адаптации с усиленным расходом резервов в системе центральной гемодинамики.

Многие показатели ВСП в покое у лыжников Республики Коми близки к значениям ВСП у лыжников Норвегии, России и Швейцарии [10]. По некоторым параметрам ВСП выявлены широтные различия (см. рисунок).

Нам представлялось интересным сравнить спортивную успешность лыжников из сопоставляемых выборок. На всероссийских соревнованиях «Сыктывкарская лыжня» 28 ноября 2017 года «южане» преодолели дистанцию 10 км в среднем за 28,29 мин, а «северяне» – за 28,39 мин. Анализ спортивных результатов лыжников по статистике выступлений по РУС/ФИС в последующем тренировочно-соревновательном периоде показал, что по числу штрафных баллов «северяне» также близки к «южанам». Возникает вопрос – почему «северяне», с более низкими значениями МПК и ПАНО, не уступают «южанам» в беге на лы-

жах? Уместно привести этому следующие объяснения. Как известно из литературы [11], на многокилометровых дистанциях нагрузка у лыжников гораздо ниже МПК – у элитных спортсменов она не превышает 80–90 % МПК. Это позволяет на дистанции соперничать лыжникам с разным уровнем МПК. И, как было отмечено выше, у «северян» при максимальной нагрузке «до отказа» есть одно преимущество – у них статистически значимо выше значение КИО<sub>2</sub>, что позволяет им более эффективно извлекать кислород из альвеолярного воздуха. Меньшая масса (в среднем на 3,3 кг) тела также дает определенные преимущества «северянам» (лыжник выполняет меньшую физическую работу на дистанции).

Увеличивающийся с продвижением к Северному полюсу дефицит тепла и света, воздействие других неблагоприятных факторов высоких широт [4, 8] приводят к дополнительному напряжению организма спортсменов и интенсификации расходования физиологических резервов в одной из наиболее уязвимых для жителей Севера системе – кровообращения, ограничивают максимальные возможности организма при работе «до отказа». Не случайно у «северян» заметно снижена физическая работоспособность (по объему выполненной физической работы на велоэргометре и достигнутой мощности, значениям МПК и ПАНО).

Таким образом, широтный фактор, определяемый целым комплексом климатических составляющих в пределах Европейского Севера, оказывает негативное влияние не только на организм обычных жителей разных широт [1, 6], но и на организм физически высокоотренированных лыжников при продвижении к Северному полюсу всего на 4° (около 600 км). Неоднократно было доказано, что у жителей Севера в связи с широтой и усилением холодного фактора возрастает смертность от болезней органов кровообращения [8]. Широтные влияния на сердечно-сосудистую заболеваемость проявляются также в пределах США [2] и сказываются в целом на уровне здоровья населения по данным статистики ряда стран мира [12].

### Список литературы

1. Солонин Ю.Г. Гемодинамика, выносливость и психомоторика у жителей разных широт в контрастные периоды года // Физиология человека. 1996. Т. 22, № 3. С. 113–117.
2. Rich D.Q., Gaziano J.M., Kurth T. Geographic Patterns in Overall and Specific Cardiovascular Disease Incidence in Apparently Healthy Men in the United States // *Stroke*. 2007. Vol. 38, № 8. P. 2221–2227.
3. Cabrera S., Benavente D., Alvo M., de Pablo P., Ferro C.J. Vitamin B12 Deficiency Is Associated with Geographical Latitude and Solar Radiation in the Older Population // *J. Photochem. Photobiol. B*. 2014. Vol. 140. P. 8–13.
4. Кривошеков С.Г., Охотников С.В. Производственные миграции и здоровье человека на Севере. М.; Новосибирск, 2000. 118 с.
5. Федотов Д.М., Мелькова Л.А., Подopleкин А.Н. Функциональное состояние организма человека при морских трансширотных рейсах в условиях Арктики // Журн. мед.-биол. исследований. 2017. Т. 5, № 1. С. 37–47. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.1.37
6. Солонин Ю.Г. Физическое здоровье населения на Европейском Севере // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер.: Биология и экология. 2017. № 2. С. 55–62.
7. Гудков А.Б., Попова О.Н., Мануйлов И.В. Сезонные изменения гемодинамических показателей у спортсменов-лыжников на Европейском Севере России // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2014. № 1. С. 56–63.
8. Хаснулин В.И., Гафаров В.В., Воевода М.И., Артамонова М.В. Показатели смертности от болезней органов кровообращения в зависимости от среднегодовой температуры воздуха и географической широты проживания в РФ // Междунар. журн. приклад. и фундам. исследований. 2015. № 6. С. 255–259.
9. Баевский Р.М., Берсенева А.П., Берсенев Е.Ю., Черникова А.Г., Исаева О.Н., Усс О.И. Оценка состояния здоровья практически здоровых людей, работающих в условиях длительного воздействия стрессорных факторов. М.: Фирма «Слово», 2014. 144 с.
10. Schäfer D., Gjerdalen G.F., Solberg E.E., Khokhlova M., Badiyeva V., Herzig D., Trachsel L.D., Noack P., Karavirta L., Eser P., Saner H., Wilhelm M. Sex Differences in Heart Rate Variability: A Longitudinal Study in International Elite Cross-Country Skiers // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2015. Vol. 115, № 10. P. 2107–2114.
11. Сейлер С. Физиология лыжных гонок // Журн. XCSPORT.RU. URL: [http://www.xcspport.ru/articles/articles\\_1535.html](http://www.xcspport.ru/articles/articles_1535.html) (дата обращения: 28.02.2007).
12. Mindell J.S., Moody A., Vecino-Ortiz A.I., Alfaro T., Frenz P., Scholes S., Gonzales S.A., Margozzini P., de Oliveira C., Sanches Romero L.M., Alvarado A., Cabrera S., Sarmiento O.L., Triana C.A., Barquera S. Comparison of Health Examination Survey Methods in Brazil, Chile, Colombia, Mexico, England, Scotland and the United States // *Am. J. Epidemiol.* 2017. Vol. 186, № 6. С. 648–658.

### References

1. Solonin Yu.G. Gemodinamika, vynoslivost' i psikhomotorika u zhitel'ey raznykh shirot v kontrastnye periody goda [Haemodynamics, Endurance and Psychomotor Activity in People Living in Different Latitudes in Contrasting Seasons]. *Fiziologiya cheloveka*, 1996, vol. 22, no. 3, pp. 113–117.
2. Rich D.Q., Gaziano J.M., Kurth T. Geographic Patterns in Overall and Specific Cardiovascular Disease Incidence in Apparently Healthy Men in the United States. *Stroke*, 2007, vol. 38, no. 8, pp. 2221–2227.
3. Cabrera S., Benavente D., Alvo M., de Pablo P., Ferro C.J. Vitamin B12 Deficiency Is Associated with Geographical Latitude and Solar Radiation in the Older Population. *J. Photochem. Photobiol. B*, 2014, vol. 140, pp. 8–13.
4. Krivoshchekov S.G., Okhotnikov S.V. *Proizvodstvennye migratsii i zdorov'e cheloveka na Severe* [Work Migration and Human Health in the North]. Moscow, 2000. 118 p.
5. Fedotov D.M., Mel'kova L.A., Podoplekin A.N. Funktsional'noe sostoyanie organizma cheloveka pri morskikh transshirotnykh reysakh v usloviyakh Arktiki [The Functional State of the Human Body During Translatitude Sea Voyages in the Arctic]. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 37–47. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.1.37



6. Solonin Yu.G. Fizicheskoe zdorov'e naseleniya na Evropeyskom Severe [Public Health in the North of the European Russia (Komi Republic)]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Biologiya i ekologiya*, 2017, no. 2, pp. 55–62.

7. Gudkov A.B., Popova O.N., Manuylov I.V. Sezonnnye izmeneniya gemodinamicheskikh pokazateley u sportsmenov-lyzhnikov na Evropeyskom Severe Rossii [Seasonal Fluctuations of Hemodynamic Indices in Skiers in the European North of Russia]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki*, 2014, no. 1, pp. 56–63.

8. Khasnulin V.I., Gafarov V.V., Voevoda M.I., Artamonova M.V. Pokazateli smertnosti ot bolezney organov krovoobrashcheniya v zavisimosti ot srednegodovoy temperatury vozdukha i geograficheskoy shirotы prozhivaniya v RF [Mortality from Diseases of the Cardiovascular System Based on the Average Air Temperature and Residence Geographical Latitudes in Russia]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2015, no. 6, pp. 255–259.

9. Baevskiy R.M., Berseneva A.P., Bersenev E.Yu., Chernikova A.G., Isaeva O.N., Uss O.I. *Otsenka sostoyaniya zdorov'ya prakticheski zdorovykh lyudey, rabotayushchikh v usloviyakh dlitel'nogo vozdeystviya stressornykh faktorov* [Health Assessment of Apparently Healthy People Working Under Long Exposure to Stress Factors]. Moscow, 2014. 144 p.

10. Schäfer D., Gjerdalen G.F., Solberg E.E., Khokhlova M., Badiyeva V., Herzig D., Trachsel L.D., Noack P., Karavirta L., Eser P., Saner H., Wilhelm M. Sex Differences in Heart Rate Variability: A Longitudinal Study in International Elite Cross-Country Skiers. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2015, vol. 115, no. 10, pp. 2107–2114.

11. Seyler S. Fiziologiya lyzhnykh gonok [Physiology of Ski Racing]. *Zhurnal XCSPORT.RU*. Available at: [http://www.xcspport.ru/articles/articles\\_1535.html](http://www.xcspport.ru/articles/articles_1535.html) (accessed 28 February 2007).

12. Mindell J.S., Moody A., Vecino-Ortiz A.I., Alfaro T., Frenz P., Scholes S., Gonzales S.A., Margozzini P., de Oliveira C., Sanches Romero L.M., Alvarado A., Cabrera S., Sarmiento O.L., Triana C.A., Barquera S. Comparison of Health Examination Survey Methods in Brazil, Chile, Colombia, Mexico, England, Scotland and the United States. *Am. J. Epidemiol.*, 2017, vol. 186, no. 6, pp. 648–658.

DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.425

*Yuriy G. Solonin\**, *Tat'yana P. Loginova\**, *Aleksandr L. Markov\**,  
*Aleksey A. Chernykh\**, *Igor' O. Garnov\**

\*Institute of Physiology, Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
(Syktyvkar, Russian Federation)

## **EFFECT OF THE LATITUDINAL FACTOR ON THE PHYSICAL PERFORMANCE IN CROSS-COUNTRY SKIERS OF THE KOMI REPUBLIC**

To explore possible physiological effects of high latitudes in highly trained northern athletes, we examined professional cross-country skiers of the Komi Republic team, living in the Far North regions (“northerners”,  $n = 20$ ) and in the southern part of the Republic (“southerners”,  $n = 24$ ). The study was conducted both at rest and during the bicycle ergometer test to exhaustion. Cardiorespiratory parameters were recorded using the Oxycon Pro system. No significant differences were identified between the groups at rest. At 200 W load, “northerners” showed significantly higher heart rate and systolic blood pressure, as well as pulse cost and pressure cost of physical load; while the performance of the cardiorespiratory system (according to oxygen pulse) decreased. At maximal load during test to exhaustion, “southerners”

showed greater changes in heart rate, respiratory minute volume, oxygen consumption and expenditure, as well as higher respiratory cost per unit of physical load, while “northerners” had higher pulse cost and pressure cost per unit of physical load. At the same time, “southerners” performed more physical work during the test, endured greater physical loads and demonstrated statistically significantly higher maximal oxygen consumption (MOC), higher MOC/kg body mass, and higher anaerobic threshold. The research found that among “southerners” the respiratory type of adaptation prevails, relying primarily on the resources of external respiration, while in “northerners” a greater role is played by the circulatory type of adaptation, making use of the circulatory system resources. We concluded that the latitudinal factor shows its effects in highly trained northern athletes even when the difference in latitudes is just about 4 degrees.

**Keywords:** *latitudinal factor, North, cross-country skiers, bicycle ergometer test, cardiorespiratory system, physiological cost of physical work, maximal oxygen consumption, anaerobic threshold.*

Поступила 28.03.2018  
Received 28 March 2018

---

**Corresponding author:** Yuriy Solonin, *address:* ul. Pervomayskaya 50, Syktyvkar, 167982, Respublika Komi, Russian Federation; *e-mail:* solonin@physiol.komisc.ru

**For citation:** Solonin Yu.G., Loginova T.P., Markov A.L., Chernykh A.A., Garnov I.O. Effect of the Latitudinal Factor on the Physical Performance in Cross-Country Skiers of the Komi Republic. *Journal of Medical and Biological Research*, 2018, vol. 6, no. 4, pp. 425–434. DOI: 10.17238/issn2542-1298.2018.6.4.425