

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ В ГОДОВОМ ЦИКЛЕ

*Н.Г. Варламова** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1444-4684>

*О.И. Паршукова** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1862-6936>

*А.К. Кудинова** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8376-7570>

*Е.Р. Бойко** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8027-898X>

*Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук,
ФИЦ Коми ИЦ УрО РАН
(Республика Коми, г. Сыктывкар)

Тренировочный процесс представителей зимних видов спорта существенно зависит от погодных факторов, что оказывает непосредственное или опосредованное влияние на скорость достижения спортивной формы и успешность выступления в соревнованиях. У мужчин, занимающихся лыжными гонками, наиболее полно изучены объемные характеристики функции внешнего дыхания, исследования динамических характеристик данной функции отсутствуют. **Целью** настоящей работы явилось изучение динамических характеристик функции внешнего дыхания у лыжников-гонщиков в годовом цикле. **Материалы и методы.** Функцию внешнего дыхания оценивали ежемесячно на микропроцессорном спирографе СПМ-01-«Р-Д». Измерения проводили у лыжников-гонщиков (возраст – $20,2 \pm 0,6$ года, рост – $175,9 \pm 0,6$ см, масса тела – $69,4 \pm 0,7$ кг, максимальное потребление кислорода – $4,393 \pm 0,433$ л/мин), являющихся членами сборных команд Республики Коми и России, проживающих на территории Европейского Севера России (62° с. ш.) практически с рождения. **Результаты.** Выявлено, что динамические показатели функции внешнего дыхания у лыжников-гонщиков Республики Коми характеризуются более высокими численными значениями в сравнении с данными мужчин, не занимающихся спортом. Пиковая объемная скорость выдоха у лыжников-гонщиков имела статистически значимую годовую динамику, которая, при более высоких значениях показателя, в целом повторяла картину годового дрейфа пиковой объемной скорости выдоха у мужчин, не занимающихся спортом. Минимальные скорости воздушного потока у обследуемых лыжников-гонщиков были приурочены в основном к августу–ноябрю, максимальные – к декабрю–январю. Наибольшее отклонение от должных величин (на $37,4\%$) было характерно для скорости воздушного потока в бронхах мелкого калибра. Таким образом, динамические характеристики функции внешнего дыхания у лыжников-гонщиков имеют годовой дрейф показателей и по численным значениям превышают большинство показателей у лиц, не занимающихся спортом.

Ключевые слова: динамические характеристики функции внешнего дыхания, годовой цикл, лыжники-гонщики, Республика Коми.

Ответственный за переписку: Варламова Нина Геннадьевна, адрес: 167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 50; e-mail: nivarlam@physiol.komisc.ru

Для цитирования: Варламова Н.Г., Паршукова О.И., Кудинова А.К., Бойко Е.Р. Динамические характеристики функции внешнего дыхания у лыжников-гонщиков Республики Коми в годовом цикле // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 1. С. 5–13. DOI: 10.37482/2687-1491-Z124

Система внешнего дыхания спортсмена одной из первых реагирует на внешние факторы окружающей среды, активируя процессы адаптации как к виду спорта, так и к погодноклиматическим условиям. Интенсивные физические упражнения на холодном воздухе вызывают значительную дыхательную недостаточность и являются сложной задачей для респираторной системы [1]. Подготовка спортсменов в условиях северных регионов, как правило, происходит без учета сезонных изменений состояния физиологических функций [2]. По данным литературы [3, 4], физическая нагрузка может стать триггером бронхиальной обструкции, которая характерна и для жителей северных территорий [5]. Острыми эффектами физических упражнений на холодном воздухе являются приток нейтрофильных лейкоцитов в лаважную жидкость и повреждение дыхательных путей [6].

Динамические объемы легких имеют большое значение для диагностики функции дыхания [7]. Тренировочный процесс в зимних видах спорта существенно зависит от погодных факторов, что оказывает непосредственное или опосредованное влияние на скорость достижения спортивной формы и успешность выступления в соревнованиях. У мужчин, занимающихся лыжными гонками, наиболее полно изучены объемные характеристики функции внешнего дыхания (ФВД). Исследования динамических характеристик ФВД у лыжников-гонщиков в годовом цикле отсутствуют, что и определило актуальность нашей работы.

Материалы и методы. Исследование одобрено комитетом по биоэтике Института физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. Перед началом обследования спортсмены, согласно Хельсинкской декларации 1964 года в редакции 2013 года, подписывали информированное согласие.

ФВД оценивалась ежемесячно на микропроцессорном спирографе СПМ-01-«Р-Д» (Россия) в положении сидя. Измерения проводились у одной и той же группы лыжни-

ков-гонщиков (70 чел., 172 обследования) мужского пола в возрасте от 16 до 34 лет (средний возраст – $20,2 \pm 0,6$ лет). Спортсмены являлись членами сборных команд Республики Коми и России, проживали на территории Европейского Севера (62° с. ш., 51° в. д.) практически с рождения, имели первый спортивный разряд, звания кандидатов и мастеров спорта. Рост лыжников-гонщиков составил $175,9 \pm 0,6$ см, масса тела – $69,4 \pm 0,7$ кг (измерялась медицинским весоростомером), максимальное потребление кислорода – $4,393 \pm 0,433$ л/мин (определялось в тесте «до отказа» с использованием спироэргометрической системы Oxycon Pro (Jaeger, Германия)). В годовом цикле изучались: пиковая объемная скорость выдоха (ПОС), мгновенные объемные скорости выдоха на уровне 25, 50 и 75 % ($МОС_{25}$, $МОС_{50}$ и $МОС_{75}$) форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ) и средняя объемная скорость выдоха в диапазоне 25–75 % ФЖЕЛ ($СОС_{25-75}$).

Данные обрабатывались статистически с определением показателей скоса, эксцесса и расчетом критериев Фишера (F), Стьюдента с поправкой Бонферрони и Стьюдента (t) при помощи программы «Биостат» и статистических программ Microsoft Excel 2016. Учитывались уровни значимости $p < 0,05$ – $0,001$. Данные представлены: в таблице – в виде среднего и стандартного отклонения ($X \pm SD$), на рисунке – в виде среднего и ошибки среднего ($X \pm SE$).

Результаты. Из динамических характеристик ФВД лыжников-гонщиков Республики Коми в годовом цикле статистически значимо изменялась только ПОС, максимум ее был характерен для декабря, минимум – для августа (см. таблицу). Остальные характеристики ФВД имели статистически значимые различия ($p < 0,05$) максимальных и минимальных значений, разница составила: для ПОС – 23,5 %, для $МОС_{25}$ – 23,7 %, для $МОС_{50}$ – 32,3 %, для $МОС_{75}$ – 30,3 % и для $СОС_{25-75}$ – 25,8 %.

**ПИКОВАЯ, МГНОВЕННЫЕ И СРЕДНЯЯ ОБЪЕМНЫЕ СКОРОСТИ ВЫДОХА
У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ РЕСПУБЛИКИ КОМИ В ГОДОВОМ ЦИКЛЕ, $X \pm SD$, л/с**
**PEAK, INSTANTANEOUS AND MEAN EXPIRATORY FLOW
IN CROSS-COUNTRY SKIERS OF THE KOMI REPUBLIC
IN THE ANNUAL CYCLE, $X \pm SD$, l/s**

Месяц	ПОС [#]	МОС ₂₅	МОС ₅₀	МОС ₇₅	СОС ₂₅₋₇₅
1. Январь	11,7±1,7 (n = 19)	10,1±2,1* ¹⁰ (n = 19)	7,4±1,8* ^{10,12} (n = 19)	4,5±1,2** ^{9, *11} (n = 18)	6,9±1,8* ⁹ (n = 19)
2. Февраль	11,4±1,2 (n = 11)	9,5±1,9 (n = 11)	7,1±1,1 (n = 11)	4,3±0,8 (n = 11)	6,7±1,0 (n = 11)
3. Март	10,6±1,7 (n = 17)	9,3±1,6 (n = 17)	6,6±1,5 (n = 17)	3,7±1,1 (n = 17)	6,1±1,2 (n = 17)
4. Апрель	11,0±1,4 (n = 17)	9,0±1,9 (n = 15)	6,4±1,5 (n = 15)	3,8±1,1 (n = 14)	5,9±1,4 (n = 15)
5. Май	11,3±1,6 (n = 14)	9,7±1,2 (n = 14)	6,9±1,1 (n = 14)	4,1±0,6 (n = 14)	6,5±1,0 (n = 14)
6. Июнь	10,1±1,7 (n = 19)	9,3±1,6 (n = 19)	6,7±1,8 (n = 19)	3,9±1,4 (n = 19)	6,3±1,8* ¹² (n = 19)
7. Июль	11,5±1,7 (n = 9)	9,8±1,8 (n = 9)	6,5±1,0 (n = 10)	3,9±1,1 (n = 9)	6,0±1,4 (n = 10)
8. Август	10,0±2,4 (n = 8)	8,7±2,6 (n = 8)	6,4±2,1 (n = 8)	3,7±1,6 (n = 8)	5,9±1,9 (n = 8)
9. Сентябрь	10,3±1,6 (n = 16)	8,7±2,1 (n = 16)	6,1±1,4 (n = 16)	3,5±1,0* ^{*1} (n = 16)	5,6±1,3* ¹ (n = 16)
10. Октябрь	10,3±1,7 (n = 19)	8,5±1,8* ¹ (n = 19)	6,0±1,7* ^{1,12} (n = 19)	3,7±1,2 (n = 19)	5,8±1,6 (n = 19)
11. Ноябрь	10,9±1,2 (n = 13)	9,2±1,4 (n = 12)	6,4±1,1 (n = 12)	3,5±0,9* ¹ (n = 12)	5,8±0,9 (n = 12)
12. Декабрь	11,9±1,8 (n = 10)	10,0±2,0 (n = 10)	7,4±1,7* ^{1,10} (n = 10)	3,6±0,8 (n = 9)	6,5±1,4* ⁶ (n = 10)
Среднее за год	10,9±1,6 (n = 172)	9,4±1,8 (n = 162)	6,7±1,5 (n = 170)	3,9±1,1 (n = 154)	6,2±1,4 (n = 170)

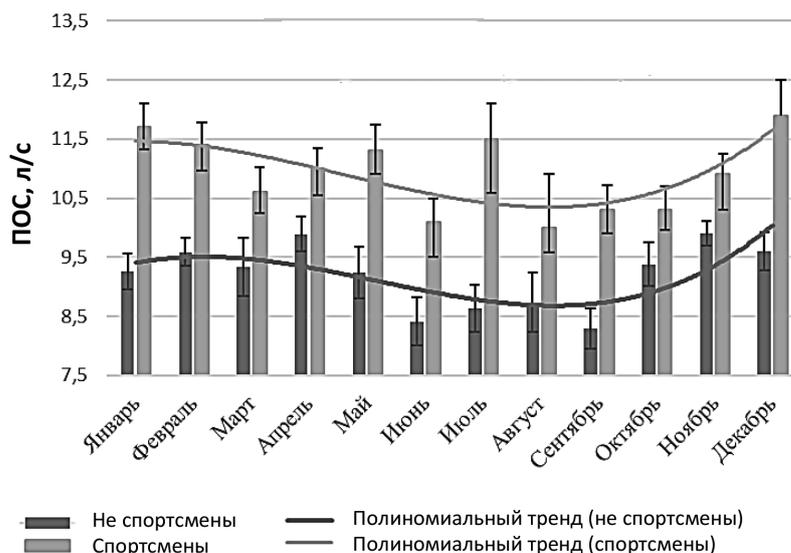
Примечание. Установлены: [#] – статистически значимые изменения ПОС в годовом цикле (*F*-критерий, $p < 0,05$); * – статистически значимые различия между максимальными и минимальными значениями остальных показателей (*t*-критерий: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$).

Обсуждение. Сезонная изменчивость условий, особенно контрастная, характерная для северных регионов, выступая в роли водителя ритма приспособительных реакций, обеспечивает циклические изменения регуляции физиологических функциональных систем [2], на которые накладываются изменения ФВД, вызванные тренировочным процессом.

ПОС. Данный показатель позволяет судить о максимальной скорости, достигаемой в процессе форсированного выдоха. Среднегодовая ПОС у лыжников-гонщиков Республики Коми составила 10,9±1,6 л/с и на 20,2 % превышала должные значения [8], рассчитанные индивидуально для каждого спортсмена. Минимальное превышение должных значений [8] (на

4,8 %) было характерно для августа, а максимальное (на 28,3 %) – для декабря. При сравнении ПОС у лыжников-гонщиков с таковой у молодых мужчин-северян, не занимающихся спортом [5], выявлены статистически значимо ($p < 0,05-0,001$) более высокие значения у спортсменов на фоне схожей картины годовой динамики у обеих групп (см. рисунок).

По данным И.В. Мануйлова, А.Б. Гудкова [10], значение ПОС у спортсменов-лыжников было наибольшим зимой, что указывает на улучшение бронхиальной проходимости на уровне крупных бронхов в зимний период. Снижение ПОС в весенний период авторы рассматривают как результат функционального напряжения системы внешнего дыхания в пере-



Пиковая объемная скорость выдоха у лыжников-гонщиков Республики Коми и мужчин-северян, не занимающихся спортом [5], в годовом цикле ($X \pm SE$) (установлены статистически значимые изменения показателя в годовом цикле для обеих групп (F -критерий, $p < 0,05$), а также статистически значимые ежемесячные различия показателя между группами (t -критерий, $p < 0,05-0,001$))

Peak expiratory flow in cross-country skiers of the Komi Republic and male northerners not involved in sports [5] in the annual cycle ($X \pm SE$) (statistically significant changes in the indicator during the year in both groups (F -test, $p < 0.05$) and statistically significant monthly differences in the indicator between the groups (t -test, $p < 0.05-0.001$) were observed

Н.С. Копытовой и А.Б. Гудковым [9] установлено, что значение ПОС у молодых мужчин Европейского Севера России в зимний период (январь) превышало весеннее (апрель) на 20,2 % ($p < 0,01$). В нашем исследовании ПОС у лыжников-гонщиков в декабре была больше, чем в августе, на 19,0 %, что вполне согласуется с указанной работой.

ходный период (от холода к теплу). По нашему мнению, зимой увеличение ПОС свидетельствует о формировании адаптации к холодному периоду года, а уменьшение ПОС при переходе от холодного к более теплому периоду – об уменьшении напряжения ФВД.

$МОС_{25}$ Среднегодовое значение показателя у обследованных лыжников-гонщиков соста-

вило $9,4 \pm 1,8$ л/с, что на 13,4 % выше должных значений [8]. Минимальное превышение (на 8,2 %) было характерно для октября, максимальное (на 19,2 %) – для января.

У практически здоровых молодых мужчин Европейского Севера России ($20,2 \pm 0,3$ лет), не занимающихся спортом, MOC_{25} была на 19,5 % больше зимой (январь), чем осенью (ноябрь; $p < 0,05$) и весной (апрель; $p < 0,01$) [9]. У обследованных нами лыжников-гонщиков максимальное значение MOC_{25} было зафиксировано зимой (январь), минимальное – осенью (октябрь; $p < 0,05$), что практически согласуется с данными литературы. В холодное время года показатель у спортсменов был больше на 27,1 %, чем осенью, это на 7,6 % превышает зимний прирост показателя у лиц, не занимающихся спортом.

MOC_{50} Среднегодовое значение MOC_{50} , характеризующей проходимость дыхательных путей на уровне средних бронхов, у обследованных нами лыжников-гонщиков равно $6,7 \pm 1,5$ л/с, что на 16,0 % превышает должные значения [8]. В октябре MOC_{50} была выше должных значений [8] на 11,6 %, в декабре и январе – на 25,5 %. По данным литературы [2, 10], наименьшее значение MOC_{50} у лыжников наблюдается весной и летом, наибольшее – зимой. В нашем исследовании минимальное значение MOC_{50} было характерно для октября, максимальное – для декабря–января. Сравнение полученных нами результатов с показателями лыжников Скандинавии [4] более старшего возраста (на 3,8 лет), имеющих статистически значимо ($p < 0,001$) большие рост (на 4,1 см) и массу тела (на 4,6 кг), но при отсутствии указания сезона обследования, выявило близкие к нашим значения MOC_{50} ($6,41 \pm 1,14$ л/с). Однако в октябре у обследованных нами лыжников-гонщиков годовой минимум показателя был ниже на 0,41 л/с, а годовой максимум в декабре–январе – выше на 0,99 л/с, чем у лыжников Скандинавии [4]. По мнению авторов [4], длительное воздействие (в течение многих лет и сезонов) низких температур может привести к значительной дисфункции дыхательных путей.

MOC_{75} Данный показатель характеризует проходимость дыхательных путей на уровне мелких бронхов. Среднегодовое значение MOC_{75} у лыжников-гонщиков Республики Коми составило $3,9 \pm 1,1$ л/с, что на 37,4 % больше должных значений [8]. В январе годовой максимум MOC_{75} был выше должных значений на 50,5 %, а в сентябре и ноябре годовой минимум был выше на 26,0 %.

Полученные результаты согласуются с данными более раннего нашего исследования [11], которое установило, что у лыжников-гонщиков Республики Коми наблюдается улучшение бронхиальной проходимости от зимы к осени. Эти изменения объясняются снижением бронхиального сопротивления зимой, что необходимо для улучшения проходимости воздухоносных путей и газообменной функции в соревновательный период [2, 11]. В связи с этим можно заключить, что у спортсменов-лыжников зимой создаются условия более эффективного приспособления легочной вентиляции для удовлетворения кислородного запроса [2, 10]. Ранее нами показано [5], что в зимний период у северян наблюдается пик адаптивных реакций ФВД на условия холода, который сочетается с максимальными значениями объемных характеристик ФВД. Однако наиболее благоприятные условия для функционирования дыхательной системы связаны с теплым периодом года (август, сентябрь), когда большинство объемных и динамических показателей ФВД минимальны. Так, нами при обследовании северных лыжников-гонщиков выявлен феномен максимального потребления кислорода в тесте «до отказа» на фоне минимальной жизненной емкости легких в конце подготовительного периода (сентябрь) с обратной динамикой показателей в соревновательный период (февраль) [11], что свидетельствует о необходимости более аккуратной интерпретации данных ФВД у лиц, проживающих и тренирующихся в условиях Севера России.

SOC_{25-75} Этот показатель в меньшей степени зависит от произвольного усилия обследуемых и более объективно отражает проходимость воздухоносных путей в бронхах крупного и среднего калибра [9].

Среднегодовое значение СОС_{25-75} у лыжников-гонщиков Республики Коми составило $6,2 \pm 1,4$ л/с, что на 26,1 % больше должных значений [8]. Минимальное значение СОС_{25-75} зарегистрировано в сентябре, и оно было на 12,8 % выше должных значений [8]. Максимум показателя был характерен для января, и он был на 35,4 % выше должных значений [8].

По мнению Н.С. Копытовой и А.Б. Гудкова [9], в зимний период у северян наблюдается уменьшение сопротивления вдыхаемому воздуху в крупных и средних бронхах, что, по-видимому, необходимо для экономизации дыхания и поддержания гомеостаза в холодных климатических условиях. Сезонная динамика показателей дыхательной системы у жителей Европейского Севера России указывает на компенсаторно-приспособительные сдвиги, направленные на оптимизацию процессов дыхания при изменении природно-климатических условий в течение года [9]. У северных мужчин, не занимающихся спортом (в возрасте $20,2 \pm 0,3$ лет), зимой (январь) СОС_{25-75} на 9,5 % выше ($p < 0,01$), чем летом (июль) [9], что по динамике вполне согласуется с полученными нами данными для спортсменов в январе и ноябре, однако у спортсменов разница была выше – 20,2 %. У лыжников-гонщиков Республики Коми среднегодовое значение СОС_{25-75} ($6,2 \pm 1,4$ л/с) оказалось больше, чем у лыжников Скандинавии ($5,74 \pm 1,13$ л/с) [4]. В сентябре у обследованных нами лыжников-гонщиков годовой минимум показателя был ниже на 0,14 л/с, а годовой максимум в январе – выше на 1,16 л/с, чем у лыжников Скандинавии [4]. Вероятно, лыжники-гонщики Республики Коми находятся в более суровых климатических условиях (среднегодовая температура в Скандинавии составляет 0°C , поскольку Гольфстрим сильно смягчает климат региона, а в г. Сыктывкаре она равна $-1,7^\circ\text{C}$) и поэтому демонстрируют более значимые изменения ФВД.

При обследовании элитных лыжников Москвы сходного возрастного диапазона (17–33 лет), но с более низким ростом (172 ± 8 см; $p < 0,001$) и меньшей массой тела ($66,3 \pm 8,9$ кг; $p < 0,01$), т. к. группа была смешанная и состоя-

ла из мужчин и женщин, установлено несоответствие с должными значениями динамических характеристик ФВД: значение ПОС составило 116 % от должного, $\text{МОС}_{25} - 109\%$, $\text{МОС}_{50} - 99\%$, $\text{МОС}_{75} - 95\%$ и $\text{СОС}_{25-75} - 98\%$ [12]. Для лыжников-гонщиков, тренирующихся в условиях Севера России, нами выявлены более существенные отклонения динамических характеристик ФВД от должных значений (120, 113, 116, 137 и 126 % соответственно), что может быть связано с проживанием и тренировками в более суровых климатических условиях и более сильным адаптивным ответом ФВД. По результатам исследования [12] у лыжников-гонщиков и конькобежцев отмечены более высокие значения динамических характеристик ФВД по сравнению с показателями в общей популяции, что согласуется с полученными нами данными. Однако вопрос: «Оказывает ли влияние регулярная интенсивная физическая нагрузка на ФВД у элитных спортсменов, или высокие значения показателей вентиляционной функции легких – это результат отбора высококвалифицированных спортсменов из общей популяции лиц, занимающихся спортом?» – остается открытым. По нашему мнению, более высокие значения динамических характеристик ФВД лыжников-гонщиков – это результат сочетания тренировочного процесса на открытом воздухе и адаптации к проживанию в холодном климате.

Низкая температура воздуха способствует охлаждению слизистой, что вызывает реактивную гиперемия, отек, обструкцию и может спровоцировать бронхоспазм [3]. Интенсивные физические упражнения на холодном воздухе, вероятно, обуславливают транзиторную острую бронхоконстрикцию у лиц, занимающихся зимними видами спорта [4]. В реакцию бронхоспазма вовлечено множество факторов, в большинстве случаев первичным является сухость дыхательных путей, вызванная высокой частотой дыхания при физической нагрузке. Острый бронхоспазм характеризуется сокращением гладких мышц дыхательных путей, отеком мембран и/или образованием слизистых пробок. Медиаторами этого ответа являются гистамин, лейкотриены и простаноиды. Брон-

хоспазм у элитных спортсменов отличается от классической астмы [13]. Острыми эффектами физических упражнений на холодном воздухе являются приток нейтрофильных лейкоцитов и повреждение эпителия дыхательных путей. Воспаление дыхательных путей наблюдалось при бронхоскопии у лыжников-гонщиков после 1100-мильной гонки на выносливость на Аляске [6]. Установлено, что у спортсменов распространенность бронхиальной гиперреактивности выше, чем в общей популяции [3, 13, 14]. Динамика показателя $СОС_{25-75}$, наряду с объемом форсированного выдоха за первую секунду, позволяет характеризовать степень обструкции дыхательных путей [12] и может быть использована в диагностических целях [14].

Важным фактором, запускающим адаптацию организма к условиям высоких широт, является гипоксия. Северная гипоксия носит метаболический характер и связана с нарушением активности дыхательных ферментов под действием экстремальных метеогеографических факторов [2].

Должные значения параметров ФВД для спортсменов пока не разработаны. При обследовании элитных спортсменов интерпретация спирометрии может привести к гиподиагностике нарушений легочной вентиляции или ошибочной классификации степени вентиляционных

нарушений [12]. Подготовка спортсменов в специфических климатических условиях повышает значимость рациональной организации тренировочного процесса и научно обоснованного применения методов и средств медико-биологического обеспечения, особенно с учетом сезонной изменчивости состояния физиологических систем [2].

Проведенное обследование лыжников-гонщиков Республики Коми в годовом цикле позволило сделать следующие выводы:

1. Динамические показатели ФВД у лыжников-гонщиков имеют более высокие численные значения в сравнении с данными мужчин, не занимающихся спортом.

2. Годовая динамика ПОС у лыжников-гонщиков статистически значима и, при более высоких ежемесячных значениях показателя, повторяет картину годового дрейфа для мужчин, не занимающихся спортом.

3. Минимальные скорости воздушного потока у лыжников-гонщиков приурочены в основном к августу–ноябрю, максимальные – к декабрю–январю.

4. Наибольшее отклонение от должных величин (на 37,4 % с диапазоном от минимума к максимуму в 21,4–51,7 %) у лыжников-гонщиков характерно для скорости воздушного потока в бронхах мелкого калибра.

Конфликт интересов отсутствует.

Список литературы

1. Kennedy M.D., Lenz E., Niedermeier M., Faulhaber M. Are Respiratory Responses to Cold Air Exercise Different in Females Compared to Males? Implications for Exercise in Cold Air Environments // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020. Vol. 17, № 18. Art. № 6662. DOI: [10.3390/ijerph17186662](https://doi.org/10.3390/ijerph17186662)
2. Степанов А.С., Койносов А.П. Физиологические изменения системы внешнего дыхания и кислородтранспортной функции крови спортсменов в условиях Севера. Литературный обзор // *Науч. мед. вестн. Югры*. 2021. № 2(28). С. 25–31. DOI: [10.25017/2306-1367-2021-28-2-25-31](https://doi.org/10.25017/2306-1367-2021-28-2-25-31)
3. Астафьева Н.Г. Бронхоконстрикция, вызванная физической нагрузкой // *Лечеб. дело*. 2006. № 2. С. 31–36.
4. Frischhut C., Kennedy M.D., Niedermeier M., Faulhaber M. Effects of a Heat and Moisture Exchanger on Respiratory Function and Symptoms Post-Cold Air Exercise // *Scand. J. Med. Sci. Sports*. 2020. Vol. 30, № 3. P. 591–601. DOI: [10.1111/sms.13603](https://doi.org/10.1111/sms.13603)
5. Варламова Н.Г., Бойко Е.Р. Особенности функции внешнего дыхания у северян в годовом цикле // *Мор. медицина*. 2017. Т. 3, № 3. С. 43–49. DOI: [10.22328/2413-5747-2017-3-3-43-49](https://doi.org/10.22328/2413-5747-2017-3-3-43-49)
6. Sue-Chu M. Winter Sports Athletes: Long-Term Effects of Cold Air Exposure // *Br. J. Sports Med*. 2012. Vol. 46, № 6. P. 397–401. DOI: [10.1136/bjsports-2011-090822](https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090822)
7. Lutfi M.F. The Physiological Basis and Clinical Significance of Lung Volume Measurements // *Multidiscip. Respir. Med*. 2017. Vol. 12. Art. № 3. DOI: [10.1186/s40248-017-0084-5](https://doi.org/10.1186/s40248-017-0084-5)

8. Старшов А.М., Смирнов И.В. Спирография для профессионалов. Методика и техника исследования функций внешнего дыхания. М.: Познават. кн. ПРЕСС, 2003. 80 с.
9. Копытова Н.С., Гудков А.Б. Сезонные изменения функционального состояния системы внешнего дыхания у жителей Европейского Севера России // Экология человека. 2007. № 10. С. 41–43.
10. Мануйлов И.В., Гудков А.Б. Сезонные изменения проходимости воздухоносных путей у спортсменов-лыжников на Европейском Севере // Экстремал. деятельность человека. 2013. № 4(29). С. 16–18.
11. Варламова Н.Г., Паришуква О.И., Марков А.Л., Логинова Т.П., Гарнов И.О., Кудинова А.К., Бойко Е.Р. Модулирование тренировочного процесса климатическими факторами // Медико-физиологические основы спортивной деятельности на Севере: материалы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Сыктывкар, 20–21 октября 2021 г.). Сыктывкар, 2021. С. 22–25.
12. Черняк А.В., Неклюдова Г.В., Науменко Ж.К., Пашкова Т.Л. Функция внешнего дыхания у спортсменов, занимающихся лыжными гонками и конькобежным спортом // Пульмонология. 2019. Т. 29, № 1. С. 62–69. DOI: [10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69](https://doi.org/10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69)
13. Rundell K.W., Jenkinson D.M. Exercise-Induced Bronchospasm in the Elite Athlete // Sports Med. 2002. Vol. 32, № 9. P. 583–600. DOI: [10.2165/00007256-200232090-00004](https://doi.org/10.2165/00007256-200232090-00004)
14. Никитина Л.Ю., Соодаева С.К., Петровский Ф.И., Петровская Ю.А., Котлярова В.Н., Шашкова Т.В., Чучалин А.Г. Скрининг бронхообструкции, вызванной физической нагрузкой, у лыжников и биатлонистов в различные периоды годового тренировочного цикла // Пульмонология. 2013. № 2. С. 61–65.

References

1. Kennedy M.D., Lenz E., Niedermeier M., Faulhaber M. Are Respiratory Responses to Cold Air Exercise Different in Females Compared to Males? Implications for Exercise in Cold Air Environments. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2020, vol. 17, no. 18. Art. no. 6662. DOI: [10.3390/ijerph17186662](https://doi.org/10.3390/ijerph17186662)
2. Stepanov A.S., Koynosov A.P. Fiziologicheskie izmeneniya sistemy vneshnego dykhaniya i kislородtransportnoy funktsii krovi sportsmenov v usloviyakh Severa. Literaturnyy obzor [Physiological Changes in the External Respiratory System and Oxygen-Transportation Functions of Athletes' Blood in the North Conditions. Literature Review]. *Nauchnyy meditsinskiy vestnik Yugry*, 2021, no. 2, pp. 25–31. DOI: [10.25017/2306-1367-2021-28-2-25-31](https://doi.org/10.25017/2306-1367-2021-28-2-25-31)
3. Astaf'eva N.G. Bronkhokonstriksiya, vyzvannaya fizicheskoy nagruzkoy [Bronchoconstriction Caused by Exercise]. *Lechebnoye delo*, 2006, no. 2, pp. 31–36.
4. Frischhut C., Kennedy M.D., Niedermeier M., Faulhaber M. Effects of a Heat and Moisture Exchanger on Respiratory Function and Symptoms Post-Cold Air Exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 2020, vol. 30, no. 3, pp. 591–601. DOI: [10.1111/sms.13603](https://doi.org/10.1111/sms.13603)
5. Varlamova N.G., Boyko E.R. Osobennosti funktsii vneshnego dykhaniya u severyan v godovom tsikle [Features of External Breathing Function Among the Northerners in the Annual Cycle]. *Morskaya meditsina*, 2017, vol. 3, no. 3, pp. 43–49. DOI: [10.22328/2413-5747-2017-3-3-43-49](https://doi.org/10.22328/2413-5747-2017-3-3-43-49)
6. Sue-Chu M. Winter Sports Athletes: Long-Term Effects of Cold Air Exposure. *Br. J. Sports Med.*, 2012, vol. 46, no. 6, pp. 397–401. DOI: [10.1136/bjsports-2011-090822](https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090822)
7. Lutfi M.F. The Physiological Basis and Clinical Significance of Lung Volume Measurements. *Multidiscip. Respir. Med.*, 2017, vol. 12. Art. no. 3. DOI: [10.1186/s40248-017-0084-5](https://doi.org/10.1186/s40248-017-0084-5)
8. Starshov A.M., Smirnov I.V. *Spirografiya dlya professionalov. Metodika i tekhnika issledovaniya funktsiy vneshnego dykhaniya* [Spirography for Professionals. Methods and Techniques for Studying the Functions of External Respiration]. Moscow, 2003. 80 p.
9. Копытова Н.С., Гудков А.Б. Сезонные изменения функционального состояния системы внешнего дыхания у жителей Европейского Севера России [Seasonal Behaviour of Ventilation System Functional Status Among Residents of European North of Russia]. *Ekologiya cheloveka*, 2007, no. 10, pp. 41–43.
10. Мануйлов И.В., Гудков А.Б. Сезонные изменения проходимости воздухоносных путей у спортсменов-лыжников на Европейском Севере [Seasonal Changes of Passability of Pneumatic Ways at Athletes-Skiers in the European North]. *Ekstremal'naya deyatel'nost' cheloveka*, 2013, no. 4, pp. 16–18.
11. Varlamova N.G., Parshukova O.I., Markov A.L., Loginova T.P., Garnov I.O., Kudinova A.K., Boyko E.R. Modulirovanie trenirovochnogo protsessa klimaticheskimi faktorami [Modulation of the Training Process by Climatic Factors]. *Mediko-fiziologicheskie osnovy sportivnoy deyatel'nosti na Severe* [Medical and Physiological Bases of Sports Activities in the North]. Syktывkar, 2021, pp. 22–25.

12. Chernyak A.V., Neklyudova G.V., Naumenko Z.K., Pashkova T.L. Lung Function in Athletes Involved in Skiing and Speed Skating. *Russ. Pulmonol.*, 2019, vol. 29, no. 1, pp. 62–69 (in Russ.). DOI: [10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69](https://doi.org/10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69)

13. Rundell K.W., Jenkinson D.M. Exercise-Induced Bronchospasm in the Elite Athlete. *Sports Med.*, 2002, vol. 32, no. 9, pp. 583–600. DOI: [10.2165/00007256-200232090-00004](https://doi.org/10.2165/00007256-200232090-00004)

14. Nikitina L.Yu., Soodaeva S.K., Petrovskiy F.I., Petrovskaya Yu.A., Kotlyarova V.N., Shashkova T.V., Chuchalin A.G. Skrinig bronkhoobstruktsii, vyzvannoy fizicheskoy nagruzkoy, u lyzhnikov i biatlonistov v razlichnye periody godovogo trenirovochnogo tsikla [Screening of Exercise-Induced Bronchoconstriction in Skiers and Biathlonsists at Different Periods of Annual Training Cycle]. *Pul'monologiya*, 2013, no. 2, pp. 61–65.

DOI: 10.37482/2687-1491-Z124

*Nina G. Varlamova** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1444-4684>

*Ol'ga I. Parshukova** ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1862-6936>

*Alla K. Kudinova** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8376-7570>

*Evgeniy R. Boyko** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8027-898X>

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

DYNAMIC CHARACTERISTICS OF EXTERNAL RESPIRATION FUNCTION IN CROSS-COUNTRY SKIERS IN THE ANNUAL CYCLE

The training process in winter sports is significantly modulated by weather factors, which has a direct or indirect impact on how fast one gets into the required shape and on competition success. In male cross-country skiers, the volumetric characteristics of external respiration function (ERF) have been investigated extensively; at the same time, no research into this function's dynamic characteristics is available. The aim of this paper was to study the dynamic characteristics of ERF in cross-country skiers in the annual cycle.

Materials and methods. ERF was evaluated monthly using the microprocessor spiograph SPM-01-R-D. The measurements were taken in male cross-country skiers (age: 20.2 ± 0.6 years, height: 175.9 ± 0.6 cm, body weight: 69.4 ± 0.7 kg, maximal oxygen uptake: 4.393 ± 0.433 l/min), members of the national teams of the Komi Republic and Russia that have been living in the European North of Russia (62°N) almost from birth.

Results. The study revealed that the dynamic indicators of ERF in cross-country skiers of the Komi Republic are characterized by higher numerical values compared to those in male non-athletes. Peak expiratory flow in cross-country skiers, while being higher than that in non-athletes, had a statistically significant annual dynamics, which repeated the pattern of the annual drift of this indicator in men not involved in sports. Minimal expiratory flow in cross-country skiers was primarily observed in August–November, while maximal, in December–January. The greatest deviation from the due values (by 37.4 %) was characteristic of the airflow velocity in the small bronchi. Thus, ERF indicators in male cross-country skiers have an annual drift and, in terms of numerical values, exceed most of the indicators in non-athletes.

Keywords: *dynamic characteristics of external respiration function, annual cycle, cross-country skiers, Komi Republic.*

Received 8 June 2022

Accepted 19 October 2022

Published 26 January 2023

Поступила 08.06.2022

Принята 19.10.2022

Опубликована 26.01.2023

Corresponding author: Nina Varlamova, address: ul. Pervomaiyskaya 50, Syktyvkar, 167982, Respublika Komi, Russian Federation; e-mail: nivarlam@physiol.komisc.ru

For citation: Varlamova N.G., Parshukova O.I., Kudinova A.K., Boyko E.R. Dynamic Characteristics of External Respiration Function in Cross-Country Skiers in the Annual Cycle. *Journal of Medical and Biological Research*, 2023, vol. 11, no. 1, pp. 5–13. DOI: 10.37482/2687-1491-Z124