Дата публикации: 01.09.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_1
УДК 796.92

Publication date: 01.09.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_1
UDC 796.92

АНАЛИЗ СПИРОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА

А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск, Россия

Аннотация. ***Введение.*** Исследование посвящено анализу спирометрических параметров функции внешнего дыхания у квалифицированных лыжников-гонщиков на разных этапах подготовительного периода. ***Методы.*** В исследовании участвовали две группы спортсменов: «Лидеры» (n=10) и «Резерв» (n=10). Оценивались параметры общей вентиляции легких, форсированной жизненной емкости и объемно-скоростные характеристики дыхания. ***Результаты.*** У спортсменов группы «Лидеры» установлены более высокие показатели минутного объема дыхания, жизненной емкости легких на выдохе и максимальной вентиляции легких к концу подготовительного периода. Выявлена высокая вариативность параметров дыхания, особенно на первых этапах подготовки. ***Заключение.*** Установленные различия между группами подчеркивают важность мониторинга дыхательных параметров для оптимизации тренировочного процесса лыжников-гонщиков.
Ключевые слова: функция внешнего дыхания, дыхательные резервы, спирометрия, лыжники-гонщики, подготовительный период.

SPIROMETRIC PARAMETERS OF EXTERNAL RESPIRATORY FUNCTION IN CROSS-COUNTRY SKIERS AT DIFFERENT STAGES OF THE PREPARATORY PERIOD

A.S. Bakhareva, D.Z. Shibkova
South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russia

Abstract. ***Introduction.*** The study examines spirometric parameters of external respiratory function. ***Methods.*** The research involved two groups of athletes: “Leaders” (n=10) and “Reserve” (n=10). Parameters of pulmonary ventilation, forced vital capacity, and flow-volume characteristics were evaluated. ***Results.*** Athletes of the “Leaders” group demonstrated significantly higher values for minute ventilation, expiratory vital capacity, and maximum voluntary ventilation by the end of the preparatory period. Significant variability in respiratory parameters was identified, particularly during the initial stages of preparatory training. ***Conclusion.*** The observed intergroup differences highlight the importance of monitoring respiratory parameters to optimize the training process for cross-country skiers.
Keywords: external respiration function, respiratory reserves, spirometry, cross-country skiers, preparatory period.

Введение. Функциональное и метаболическое обеспечение организма лыжников-гонщиков, тренирующих скоростно-силовой компонент специальной выносливости и взрывную силу, сопровождается высокими требованиями к работе дыхательной системы и ее резервным возможностям. У спортсменов высокого класса максимальная нагрузочная толерантность достигает условного предела и далее подвержена минимальным колебаниям в течение годового цикла подготовки. При этом достижение высокой работоспособности требует не максимума, а оптимума изменчивости функции с учетом достигнутого предела адаптационной реакции, а совершенствование адаптации проявляется поиском оптимальных взаимосвязей внутри функциональной системы, обеспечивающей лучший результат в условиях

оптимального использования имеющихся ресурсов [1].

При физических нагрузках, особенно аэробной направленности, высокие требования к дыхательной системе спортсменов обеспечивают эффективную работу кардиореспираторной и мышечной систем. Установлено, что система дыхания, а именно ее моторная часть, может быть одним из лимитирующих звеньев, которые определяют выносливость спортсмена. Высокоинтенсивные аэробные нагрузки приводят к значительному повышению силы дыхательных мышц и вносят вклад в достижение определенных функциональных пределов. Функциональные ресурсы спортсменов аэробных видов спорта высокой квалификации близки к их потенциальным предельным возможностям [2]. Целью исследования является комплексный анализ спирометрических параметров функции внешнего дыхания у квалифицированных лыжников-гонщиков на разных этапах подготовительного периода.

Методы и организация исследования. Исследование проводилось в течение двух подготовительных сезонов: замеры производились в начале базового этапа (май), в конце базового этапа (август) и в конце специально-подготовительного этапа (начало ноября) на базе Института спорта, туризма и сервиса ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)». На основе информированного согласия участников исследования было проведено эргометрическое тестирование, по результатам которого были отобраны лыжники-гонщики (n=20) в возрасте 20,06±2,07 лет. Спортсмены 1-ой группы (n=10, «Лидеры») демонстрировали более высокие скоростные показатели от средних значений всей выборки, а лыжники-гонщики 2-ой группы (n=10, «Резерв») – более низкие. Функцию внешнего дыхания (ФВД) изучали методом спирографии на аппарате серии «Этон» фирмы «Нейро-Софт» (г. Иваново). Спирография проводилась в утренние часы в состоянии физиологического покоя, в положении сидя. Определяли частоту дыхания (ЧД, движ. /мин), дыхательный объем (ДО, л), жизненную емкость легких (ЖЕЛ, л), форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ, л), объем форсированного выдоха и вдоха за 1 с ($ОФВ_1$, л), резервный объем вдоха и выдоха (РО вд, л; РО выд, л), максимальную вентиляцию легких (МВЛ, л/мин), минутный объем дыхания (МОД, л/мин). Анализ уровня нарушения проходимости крупных и мелких бронхов проводили по показателям кривой форсированного выдоха: пиковая объемная скорость (ПОС), максимальная объемная скорость при выдохе 25% ФЖЕЛ ($МОС_{25}$), максимальная объемная скорость при выдохе 50% ФЖЕЛ ($МОС_{50}$), максимальная объемная скорость при выдохе 75% ФЖЕЛ ($МОС_{75}$), средняя объемная скорость при выдохе 25-75 ФЖЕЛ ($СОС_{25-75}$), средняя объемная скорость при выдохе 75-85 ФЖЕЛ ($СОС_{75-85}$). Статистический анализ результатов исследования проводился с помощью пакета прикладных программ IBM SPSS Statistics v. 23. Показатели ФВД были подвергнуты проверке на нормальность распределения с использованием критерия Шапиро-Уилка (W) и представлены в виде медианы и 25-го и 75-го перцентилей – Me [Q1; Q3]. Для проверки статистической значимости полученных данных применялся непараметрический критерий Манна-Уитни (U). Для выявления степени разброса данных был рассчитан коэффициент вариации (Cv, %).

Результаты исследования и их обсуждение. Несмотря на стандартные методики проведения респираторных исследований оценка и интерпретация полученных данных вызывают определенные затруднения. В нашем исследовании мы опирались на рекомендации по основам функциональной диагностики внешнего дыхания, представленные в практическом руководстве для врачей [3].

В таблице 1 представлены коэффициенты вариации параметров дыхательной системы в группах сравнения лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода.

Представленные в таблице 1 данные указывают на высокую вариабельность параметров функции внешнего дыхания на первом этапе подготовительного периода преимущественно у спортсменов группы

резерва. Так, значения Cv находились в диапазоне 37-39% для ЧД, ДО, МОД, а также РО выд. У спортсменов группы лидеров Cv увеличился по показателям ДО и МОД до 47 и 58% соответственно к окончанию базового этапа подготовки, в группе резерва на этом этапе повысилась вариативность РО выд. В конце подготовительного периода сохранилась высокая вариативность ДО и МОД у лидеров и ДО у спортсменов группы резерва.

Показатели функции внешнего дыхания у обследованных лыжников-гонщиков представлены в таблице 2.

Таблица 1

Коэффициенты вариации параметров дыхательной системы у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, %

Группа	Параметры	I этап	II этап	III этап
«Лидеры» (n=10)	ЖЕЛ вд., л	11,35	8,73	13,78
	ЖЕЛ выд., л	12,23	6,32	12,75
	ЧД, кол-во/мин	16,16	22,75	23,91
	ДО, л	19,71	47,33	37,91
	МОД, л	28,81	57,70	39,38
	РО вд., л	20,82	21,37	29,18
	РО выд., л	25,77	30,62	28,53
	МВЛ, л/мин	9,03	8,74	7,29
«Резерв» (n=10)	ЖЕЛ вд., л	16,01	16,05	5,91
	ЖЕЛ выд., л	18,49	16,89	4,43
	ЧД, кол-во/мин	39,06	12,56	20,92
	ДО, л	39,13	30,71	32,40
	МОД, л	37,46	30,32	10,72
	РО вд., л	24,71	18,43	26,85
	РО выд., л	37,39	47,36	19,41
	МВЛ, л/мин	18,39	13,58	6,52

Примечание: ЖЕЛ вд., выд. – жизненная емкость легких на вдохе и выдохе; ЧД – частота дыхания; ДО – дыхательный объем; МОД – минутный объем дыхания; РО вд., выд. – резервный объем вдоха и выдоха; МВЛ – максимальная вентиляция легких.

Общая вентиляция легких. Показатели ЧД у спортсменов-лидеров были выше, чем у лыжников группы резерва на базовом этапе подготовки. Затем к концу подготовительного периода наблюдались значимое снижение ЧД в группе лидеров на 23,26% и тенденция к увеличению частоты дыхания у спортсменов группы резерва в пределах 10-12%, что является более экономичным процессом для вентиляции легких у лидеров при увеличении физической нагрузки. Однако значимых межгрупповых различий по ЧД на этапах подготовительного периода не было выявлено. Внутригрупповые показатели ДО изменялись в пределах 25%, у лидеров – в сторону повышения дыхательного объема к концу специально-подготовительного этапа, что согласуется и с тенденцией роста ЖЕЛ у этих спортсменов. В группе резерва была та же динамика показателя, но абсолютное его значение было на 10% ниже, чем на первом этапе подготовки. Такие внутригрупповые вариации медианных значений ДО у спортсменов обеих групп обусловили межгрупповые различия в пределах 5-10%, не имеющих статистической значимости на всех этапах подготовки. Показатели МОД максимально различались между группами на первом этапе с преобладанием показателя у

лидеров, на третьем этапе подготовительного периода различия достигли статистической значимости, но уже с более высокими значениями МОД в группе резерва.

Таблица 2

Показатели общей вентиляции легких у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, Me [Q1; Q3]

Группа	I этап	II этап	III этап
ЧД кол-во/мин (N=11-14 в мин.)			
«Лидеры» (n=10)	17,12 [13,74; 18,04]	17,03 [12,60; 17,54]	13,07 [9,74; 14,40]*
«Резерв» (n=10)	12,67 [9,57; 14,52]	14,28 [13,71; 16,36]	15,73 [12,53; 17,45]
ДО, л (N=0,5-0,6 л)			
«Лидеры» (n=10)	0,72 [0,63; 0,84]	0,60 [0,45; 0,96]	0,75 [0,53; 0,90]
«Резерв» (n=10)	0,79 [0,49; 0,84]	0,56 [0,41; 0,67]	0,71 [0,69; 1,05]
МОД, л (N=6-8л/мин)			
«Лидеры» (n=10)	11,03 [10,11; 14,14]	8,83 [6,71; 16,68]	10,25 [6,07; 10,91]
«Резерв» (n=10)	8,31 [6,18; 10,74]	8,77 [5,91; 9,72]	11,91 [11,19; 13,17]#
ЖЕЛ вд., л (N=2-6 л)			
«Лидеры» (n=10)	5,65 [5,23; 6,33]	5,45 [4,95; 5,64]	6,02 [5,34; 6,67]
«Резерв» (n=10)	4,77 [3,38; 5,58]	5,69 [5,05; 6,41]	5,16 [4,98; 5,45]
ЖЕЛ выд., л. (N=2-6 л)			
«Лидеры» (n=10)	5,64 [5,15; 6,30]	5,27 [5,14; 5,64]	6,01 [5,40; 6,68] #
«Резерв» (n=10)	4,90 [4,36; 5,78]	5,55 [4,89; 6,39]	5,06 [5,00; 5,31]
РО вд., л (N=1,5-2,0 л)			
«Лидеры» (n=10)	3,02 [2,60; 3,59]	2,78 [2,22; 3,15]	3,07 [2,40; 3,64]
«Резерв» (n=10)	2,96 [2,63; 3,20]	3,06 [2,86; 3,74]	2,54 [1,98; 3,09]
РО выд., л (N=1,0-1,5 л)			
«Лидеры» (n=10)	1,98 [1,47; 2,27]	2,03 [1,43; 2,40]	2,07 [1,76; 2,86]
«Резерв» (n=10)	2,01 [1,25; 2,21]	1,55 [1,31; 2,62]	1,76 [1,50; 2,04]
МВЛ, л/мин (N=75-170 л)			
«Лидеры» (n=10)	156,01 [148,24; 166,64]	161,38 [157,45-177,99]	179,30 # [174,38-195,53]
«Резерв» (n=10)	144,95 [137,30; 162,30]	158,86 [142,17-176,03]	147,72 [143,29-157,71]

Примечание: ЧД – частота дыхания; ДО – дыхательный объем; МОД – минутный объем дыхания; ЖЕЛ вд., выд. – жизненная емкость легких на вдохе и выдохе; РО вд., выд. – резервный объем вдоха и выдоха; МВЛ – максимальная вентиляция легких; * – значимые различия между II-ым и III-им этапами ($p<0,05$); # – значимые межгрупповые различия показателей; N – нормативные значения для квалифицированных спортсменов.

Внутригрупповые значения ЖЕЛ вдоха у лидеров колебались в диапазоне 10%, а выдоха – на уровне 14%. В группе резерва различия ЖЕЛ вдоха по этапам подготовки были выше и достигали 19%, а колебания значений ЖЕЛ выдоха были на уровне показателей лидеров. При этом межгрупповых различий по ЖЕЛ вдоха между этапами подготовительного периода не было выявлено. Различия показателя ЖЕЛ выд. достигали статистической значимости к концу подготовительного периода и были выше у спортсменов группы лидеров. Наличие межгрупповых значимых различий по ЖЕЛ выд. свидетельствует о более высоком резервном объеме выдоха у представителей группы лидеров. Действительно, на первом этапе подготовительного периода межгрупповые различия практически отсутствовали по показателям резервных объемов вдоха и выдоха. На втором этапе максимальные межгрупповые

различия в пределах 24% были зафиксированы для РО выд. на правах тенденции с приоритетом значений у спортсменов группы лидеров. К концу специально-подготовительного этапа различия снизились, но преобладание РО выдоха у представителей группы лидеров сохранилось на уровне 15%.

Выявлены более высокие значения МВЛ у лыжников-лидеров, от этапа к этапу показатель имел четкую тенденцию к увеличению, которое к концу подготовительного периода составило 15%. В группе резерва колебания показателя МВЛ между этапами подготовки не превышали 7%, тенденция к снижению сменялась направленностью к повышению. В итоге в конце подготовительного периода межгрупповые различия по МВЛ достигли 17,61% ($p<0,05$).

В таблице 3 представлены значения параметров форсированной жизненной емкости у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода.

Таблица 3

Показатели форсированной жизненной емкости на вдохе и выдохе у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, Me [Q1; Q3]

Группа	I этап	II этап	III этап
ФЖЕЛ вд., л			
«Лидеры» (n=10)	5,37 [5,06; 5,90]	5,40 [5,12; 5,48]	6,08 [5,51; 6,37]*#
«Резерв» (n=10)	5,64 [4,54; 6,02]	5,34 [4,97; 6,27]	4,92 [4,69; 5,18]
ФЖЕЛ выд., л			
«Лидеры» (n=10)	5,43 [4,94; 5,68]	5,93 [5,45; 6,41]	5,54 [4,57; 5,84]#
«Резерв» (n=10)	5,54 [4,57; 5,84]	5,34 [4,77; 6,16]	4,83 [4,76; 5,30]
$ОФВ_1$ вд, л			
«Лидеры» (n=10)	4,83 [3,10; 5,45]	3,29 [1,83; 4,81]	5,36 [4,67; 5,88]#
«Резерв» (n=10)	2,92 [1,51; 2,94]	3,96 [3,31; 5,26]	2,99 [1,22; 4,70]
$ОФВ_1$ выд, л			
«Лидеры» (n=10)	4,75 [4,31; 4,98]	4,66 [4,14; 5,11]	5,24 [4,59; 5,60]
«Резерв» (n=10)	5,54 [4,57; 5,84]	5,34 [4,77; 6,16]	4,39 [4,02; 4,71]

Примечание: ФЖЕЛ вд., выд. – форсированная жизненная емкость легких на вдохе и выдохе; $ОФВ_1$ вд., выд. – объем форсированного выдоха и вдоха за 1 с; * – значимые различия ($p<0,05$) между II-ым и III-им этапами подготовки; # – значимые межгрупповые различия показателей.

У лидеров от II этапа к III этапу подготовительного периода показатель ФЖЕЛ вд. увеличивался на 12,59% ($p<0,05$). В группе резерва на первом этапе показатель ФЖЕЛ вд оказался на 18,23% выше, чем ЖЕЛ вд, и далее имел тенденцию к снижению по этапам подготовки. Наиболее вариативным показателем форсированной жизненной емкости легких на всех трех этапах подготовки оказался $ОФВ_1$ вдоха в обеих группах лыжников. Так, на втором этапе у лидеров Cv составил 47%, в группе резерва – 25%; на третьем этапе, наоборот, у лидеров снизился до нормативных значений, а у группы резерва увеличился в 2,6 раза F (до 65%). При этом абсолютные значения показателей форсированной жизненной емкости были выше у лидеров, особенно по параметру $ОФВ_1$ вдоха (44%).

Показатели, отражающие объемно-скоростные характеристики биомеханики дыхания на вдохе и выдохе у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, представлены в таблице 4.

В целом, на этапах обследования внутригрупповые значимые различия были выявлены только у лидеров между показателями мгновенной объемной скорости $МОС_{50}$ вдоха в конце подготовительного

этапа. Для показателя $МОС_{50}$ выдоха были выявлены межгрупповые значимые различия с более высоким показателем у лидеров, что указывает на некоторое преимущество проходимости бронхиального дерева у спортсменов этой группы. Данное предположение подтверждается 25% различием на правах тенденции показателя $МОС_{25}$ между группами в конце подготовительного периода, характеризующего в основном сопротивление крупных бронхов.

Показатели пиковой и средней объемной скорости у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода представлены в таблице 5. Коэффициенты вариации параметров пиковой и средней объемной скорости у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода имели максимальные значения для показателя средней объемной скорости в интервале между 25% и 75% ФЖЕЛ ($СОС_{25-75}$) на первом этапе подготовки. Cv у лидеров составил 43,5%, у спортсменов группы резерва – 33,8%. Далее динамика данного параметра была противоположной, в итоге в группе лидеров значения Cv снижались до 20%, а в группе резерва существенно повышались, достигая 47%.

Таблица 4

Показатели объемно-скоростных характеристик биомеханики дыхания на вдохе и выдохе у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, Me [Q1; Q3]

Группа	I этап	II этап	III этап
$МОС_{25}$ выд., л/с			
«Лидеры» (n=10)	7,11 [6,91; 8,16]	7,93 [6,83; 9,25]	9,53 [7,96; 9,60]
«Резерв» (n=10)	8,28 [7,02; 9,49]	8,43 [6,54; 8,91]	7,13 [6,75; 8,31]
$МОС_{50}$ выд., л/с			
«Лидеры» (n=10)	5,76 [5,22; 5,99]	5,33 [4,89; 6,25]	6,78 [6,41; 7,65]#
«Резерв» (n=10)	5,64 [5,00; 6,76]	6,04 [4,58; 7,25]	5,50 [5,49; 5,73]
$МОС_{75}$ выд., л/с			
«Лидеры» (n=10)	2,99 [2,62; 3,63]	3,02 [2,43; 4,24]	3,35 [2,73; 4,06]
«Резерв» (n=10)	2,33 [1,84; 3,33]	2,70 [1,81; 4,02]	3,30 [2,00; 3,50]
$МОС_{50}$ вд., л/с			
«Лидеры» (n=10)	7,11 [4,07; 8,99]	5,39 [2,90; 7,09]	7,92 [6,10; 8,89]*
«Резерв» (n=10)	5,09 [4,20; 7,94]	5,77 [4,46; 6,80]	4,73 [2,80; 9,09]

Примечание: $МОС_{25,50,75}$ вд., выд. – максимальная объемная скорость при вдохе и выдохе 25%, 50%, 75% ФЖЕЛ; * – значимые различия ($p<0,05$) между II-ым и III-им этапами подготовки; # – значимые межгрупповые различия показателей.

Таблица 5

Показатели пиковой и средней объемной скорости у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, Me [Q1; Q3]

Группа	I этап	II этап	III этап
ПОС выд., л/с			
«Лидеры» (n=10)	8,99 [8,59; 9,61]	9,14 [8,41; 10,48]	10,34 [9,12; 10,66]#
«Резерв» (n=10)	9,01 [7,92; 10,17]	9,14 [7,70; 9,58]	8,21 [8,01; 9,19]
$СОС_{25-75}$ выд., л/с			
«Лидеры» (n=10)	5,18 [4,84; 5,23]	4,96 [4,41; 5,93]	6,18 [5,43; 7,08]
«Резерв» (n=10)	4,69 [4,16; 5,87]	5,27 [3,76; 6,70]	5,17 (4,58; 5,36]
$СОС_{75-85}$ выд., л/с			
«Лидеры» (n=10)	2,33 [1,87; 3,72]	2,42 [2,00; 3,37]	2,48 [2,04; 3,07]
«Резерв» (n=10)	1,88 [1,51; 2,80]	1,86 [1,31; 3,07]	2,68 [1,24; 3,22]

Примечание: ПОС выд. – пиковый экспираторный поток выдоха; $СОС_{25-75,75-85}$ выд. – средняя объемная скорость при выдохе 25-75 ФЖЕЛ, 75-85 ФЖЕЛ; # – значимые межгрупповые различия показателей.

Показатели скорости воздушного потока – пиковый экспираторный поток (ПОС выд.) – на первых двух этапах подготовительного периода были равнозначными в обеих группах исследования. В конце специально-подготовительного этапа выявлены межгрупповые значимые различия с преимуществом в 20% у спортсменов группы лидеров. ПОС выд., так же, как и показатель $МОС_{25}$, характеризует в основном сопротивление крупных бронхов и не зависит от усилия экспираторных мышц. В таблице 6 представлены показатели индекса Тиффно (ИТ) у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода.

Таблица 6

Значения индекса Тиффно у лыжников-гонщиков на этапах подготовительного периода, Me [Q1; Q3]

Группа	I этап	II этап	III этап
«Лидеры» (n=10)	84,96 [83,99; 87,38]	85,64 [83,60; 90,25]	87,37 [83,32; 88,85]
«Резерв» (n=10)	80,79 [76,03; 92,59]	81,01 [77,94; 91,82]	89,29 [82,07; 93,20]

Медианные показатели индекса Тиффно отражают однонаправленную тенденцию роста показателя от начального базового этапа к концу специально подготовительного этапа в обеих группах обследования, а абсолютные значения ИТ у спортсменов обеих групп соответствовали верхнему диапазону нормы – 80-90%. Межгрупповые различия на всех этапах подготовки не имели статистической значимости, следовательно, отклонений функции бронхиальной проходимости у спортсменов обеих групп не выявлено.

Нормативные значения параметров дыхательной системы для спортсменов не разработаны, а применение стандартного подхода для интерпретации результатов, основанного на сравнении полученных данных с должными значениями, может привести к ошибочным заключениям о наличии или отсутствии нарушений функций внешнего дыхания [4]. Формирование структуры дыхания и газообмена при спортивной тренировке зависит от объема и вида локомоторной деятельности, участия в процессе вентиляции взаимодействующих гипоксических и гиперкапнических хеморецепторных влияний, уровень воздействия каждого из них в отдельности на разных этапах может существенно различаться. Увеличение легочной вентиляции в начале выполнения физической работы связано с увеличением частоты дыхания, что сопряжено с нарастающей гипоксией. При этом состоянию гиперкапнии сопутствует углубление дыхания, а значит и увеличение его объемных показателей [5]. К максимально лабильным показателям респираторной системы относят минутный объем дыхания, а к умеренно лабильным – дыхательный объем, частоту дыхания, дыхательный коэффициент [6]. В нашем исследовании в группе лидеров изменения отмечены по умеренно лабильным показателям респираторной функции. На первых этапах нагрузочные воздействия сопровождались большей частотой дыхания, а на третьем, заключительном этапе подготовки, по мере нарастания гиперкапнии – увеличением глубины дыхания и снижением частоты. В группе резерва динамика была обратной: частота дыхания была ниже, чем у лидеров, и нарастала с увеличением физической нагрузки на этапах подготовки, при этом динамика значений ДО имела такую же направленность, что и в группе лидеров.

По данным А.А. Говорухиной и Н.С. Веткаловой (2018), средние значения ЖЕЛ у проживающих в ХМАО-Югре юношей-лыжников составляли 5,86±0,13 л, средние значения ФЖЕЛ – 5,96±0,24 л, $ОФВ_1$ выдоха был равен 5,16±0,23 л. У группы высококвалифицированных спортсменов, длительное время занимавшихся лыжными гонками, были получены средние показатели ЧД – 11,95±0,305 и МОД – 7,37±0,27 л/мин [5]. Полученные нами результаты сопоставимы с вышепредставленными. Показано, что диапазоны годового дрейфа показателей функции экспираторной системы у высококвалифицированных лыжников-гонщиков по 9 параметрам функции внешнего дыхания,

составляли от 11,5 до 56,3% и наиболее выражены были для резервных объемов вдоха и выдоха, а также дыхательного объема [8]. Кроме того, особенности структуры внешнего дыхания и газообмена у высокотренированных спортсменов обусловлены формированием собственных, специфических компенсаторно-приспособительных механизмов в регуляции функциональной системы дыхания и газообмена [9].

Заключение. Межгрупповые значимые различия проявились к концу специально-подготовительного этапа по показателям МОД, ЖЕЛ выд., МВЛ, ФЖЕЛ и были выше у спортсменов группы лидеров, что подтверждается более высоким резервным объемом выдоха (на 15%) у данной группы спортсменов. Значения индекса Тиффно у спортсменов обеих групп соответствовали верхнему диапазону нормы и от первого к третьему этапу подготовки имели положительную динамику, следовательно, отклонений функции бронхиальной проходимости у спортсменов обеих групп не выявлено.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогноз физической работоспособности при нагрузочном тестировании / А.Л. Похачевский, Ю.М. Рекша, А.А. Жарких [и др.] // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – № 12(130). – С. 165-168. DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2015.12.130.p165-168.
2. Сегизбаева, М.О. Адаптационные изменения функции внешнего дыхания у спортсменов различных специализаций / М.О. Сегизбаева, Н.П. Александрова // Физиология человека. – 2021. – Т. 47. – № 5. – С. 87-94. DOI: 10.31857/S0131164621050106.
3. Ярцев, С.С. Основы функциональной диагностики внешнего дыхания. Эргоспирометрия: практическое руководство для врачей / С.С. Ярцев. – Москва: Российский ун-т дружбы народов, 2015. – 232 с.
4. Функция внешнего дыхания у спортсменов, занимающихся лыжными гонками и конькобежным спортом / А.В. Черняк, Г.В. Неклюдова, Ж.К. Науменко, Т.Л. Пашкова // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2019. – Т. 29. – № 1. – С. 62-69. DOI: 10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69.
5. Фудин, Н.А. Дыхание и газообмен у лиц различного вида локомоторной деятельности и уровня тренированности (краткое сообщение) / Н.А. Фудин, С.В. Чернышев // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 127-129.
6. Фудин, Н.А. Кардиореспираторные предикторы спортивной работоспособности / Н.А. Фудин, В.И. Петров, М.С. Иванова. – Москва: Спорт, 2015. – 180 с.
7. Говорухина, А.А. Особенности адаптации системы внешнего дыхания спортсменов циклических видов спорта, тренирующихся в ХМАО-Югре / А.А. Говорухина, Н.С. Веткалова // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. – 2018. – № 1(31). – С. 156-163.
8. Варламова, Н.Г. Объемные характеристики функции внешнего дыхания у лыжников-гонщиков в годовом цикле / Н.Г. Варламова, Е.Р. Бойко // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2021. – № 55. – С. 77-96. DOI: 10.17223/19988591/55/5.
9. Физиологические особенности легочной вентиляции у высокотренированных спортсменов различной специализации (случай из практики) / Н.А. Фудин, С.С. Перцов, И.В. Алексеева, А.Ю. Абрамова // Вестник новых медицинских технологий. – 2024. – Т. 18. – № 5. – С. 143-146. DOI: 10.24412/2075-4094-2024-5-3-8.

REFERENCES

1. Pokhachevskij A.L., Reksha Yu.M., Zharkikh A.A., Gadzhimuradov F.R., Petrov A.B. Prediction of physical working capacity during load testing. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2015, vol. 130, no. 12, pp. 165-168. DOI: 10.5930/issn.1994-4683.2015.12.130.p165-168. (in Russ.)
2. Segizbaeva M.O., Aleksandrova N.P. Adaptive changes of the ventilatory function in athletes with different training type. *Human Physiology*, 2021, vol. 47, no. 5, pp. 551-557. DOI: 10.31857/S0131164621050106. (in Russ.)
3. Yartsev S.S. Fundamentals of external respiration functional diagnostics. Ergospirometry: practical guide for physicians. Moscow: RUDN University, 2015. 232 p. (in Russ.)
4. Chernyak A.V., Neklyudova G.V., Naumenko Z.K., Pashkova T.L. Lung function in athletes

involved in skiing and speed skating. *PULMONOLOGIYA*, 2019, vol. 29, no. 1, pp. 62-69. DOI: 10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69. (in Russ.)
5. Fudin N.A., Chernyshev S.V. Breathing and gas exchange in persons of different kind of locomotor activity and level of training (Short report). *Journal of New Medical Technologies*, 2017, vol. 24, no. 2, pp. 127-129. (in Russ.)
6. Fudin N.A., Petrov V.I., Ivanova M.S. Cardiorespiratory predictors of athletic performance. Moscow: Sport, 2015. 180 p. (in Russ.)
7. Govorukhina A.A., Vetkalova N.S. Adaptation of the external respiration system in athletes engaged in cyclic sports and performing their training in the Khanty-Mansiysk autonomous district. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Doctor, and Health*, 2018, vol. 31, no. 1, pp. 156-163. (in Russ.)
8. Varlamova N.G., Boiko E.R. Volumetric characteristics of the external respiration function in ski racers in the annual cycle. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*, 2021, vol. 55, pp. 77-96. DOI: 10.17223/19988591/55/5. (in Russ.)
9. Fudin N.A., Pertsev S.S., Alekseeva I.V., Abramova A.Yu. Physiological features of pulmonary ventilation in highly trained athletes of different specialisations (case study). *Journal of New Medical Technologies*, 2024, no. 5, pp. 3-8. DOI: 10.24412/2075-4094-2024-5-3-8. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Анастасия Сергеевна Бахарева – доцент кафедры спортивного совершенствования Южно-Уральского государственного университета, e-mail: bakharevaas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0518-7751.
Дарья Захаровна Шибкова – главный научный сотрудник центра спортивной науки Южно-Уральского государственного университета, e-mail: shibkova2006@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8583-6821.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Anastasia S. Bakhareva – Associate Professor of the Department of Sports Perfection, South Ural State University, e-mail: bakharevaas@susu.ru, ORCID: 0000-0003-0518-7751.
Daria Z. Shibkova – Chief Researcher of the Sports Science Center, South Ural State University, e-mail: shibkova2006@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8583-6821.

Для цитирования: Бахарева, А.С. Анализ спирометрических параметров функции внешнего дыхания у лыжников-гонщиков на разных этапах подготовительного периода / А.С. Бахарева, Д.З. Шибкова // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_1

For citation: Bakhareva A.S., Shibkova D.Z. Spirometric parameters of external respiratory function in cross-country skiers at different stages of the preparatory period. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 3(33). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_03_1