

Функция внешнего дыхания у спортсменов, занимающихся лыжными гонками и конькобежным спортом

А.В.Черняк^{1,2}, Г.В.Неклюдова^{1,3}, Ж.К.Науменко^{1,2}, Т.Л.Пашкова¹

1 – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства: 115682, Москва, Ореховый бульвар, 28;

2 – Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени Д.Д.Плетнева Департамента здравоохранения города Москвы»: 105077, Москва, ул. 11-я Парковая, 32;

3 – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет): 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

Информация об авторах

Черняк Александр Владимирович — к. м. н., заведующий лабораторией функциональных и ультразвуковых методов исследования Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России, врач функциональной диагностики отделения функциональной и ультразвуковой диагностики Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени Д.Д.Плетнева Департамента здравоохранения города Москвы»; SPIN-код: 9328-6440; тел.: (495) 465-53-84; e-mail: achi2000@mail.ru

Неклюдова Галина Васильевна — д. м. н., ведущий научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России, доцент кафедры пульмонологии лечебного факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); SPIN-код: 8956-9125; тел.: (495) 465-53-84; e-mail: nekludova_gala@mail.ru

Науменко Жанна Константиновна — к. м. н., старший научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России, врач функциональной диагностики отделения функциональной и ультразвуковой диагностики Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени Д.Д.Плетнева Департамента здравоохранения города Москвы»; SPIN-код: 7191-1758; тел.: (495) 465-53-84; e-mail: naumenko_janna@mail.ru

Пашкова Татьяна Леонидовна — к. м. н., старший научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России; тел.: (495) 465-53-84; e-mail: tanya.pashkova.33@mail.ru

Резюме

Целью работы явилась комплексная оценка функции внешнего дыхания (ФВД) с помощью спирометрии, бодиплетизмографии и диффузионного теста у спортсменов, занимающихся зимними циклическими видами спорта. **Материалы и методы.** Обследованы спортсмены ($n = 50$: 24 мужчины, 26 женщин; средний возраст — $24,7 \pm 3,8$ года (от 17 до 33 лет)), занимающиеся зимними видами спорта — лыжными гонками ($n = 30$) и конькобежным спортом ($n = 20$). Контрольную группу, сопоставимую по возрасту и полу, составили студенты и ординаторы медицинских институтов. **Результаты.** Показатели ФВД у спортсменов-лыжников и конькобежцев были достоверно выше таковых в контрольной группе и должных значений, рассчитанных в соответствии с уравнениями Европейского объединения угля и стали (*European Coal and Steel Community*, 1993). Между возрастом спортсмена и показателями ФВД достоверных корреляционных связей не выявлено. Установлены достоверные ранговые корреляции между спортивной квалификацией и объемом легких в общей группе спортсменов. **Заключение.** Показано, что у спортсменов, занимающихся зимними видами спорта, направленными на развитие выносливости, — лыжных гонщиков и конькобежцев — показатели ФВД выше значений в общей популяции. Применение стандартного подхода для интерпретации результатов исследования ФВД, основанного на сравнении полученных данных с должными значениями, может привести к ошибочным заключениям о наличии или отсутствии нарушений ФВД и ошибочной классификации степени тяжести выявленных нарушений.

Ключевые слова: функция внешнего дыхания, спирометрия, бодиплетизмография, лыжные гонки, конькобежный спорт, циклические виды спорта.

Для цитирования: 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; 29 (1): 62–69. DOI: 10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69

Lung function in athletes involved in skiing and speed skating

Alexandr V. Chernyak^{1,2}, Galina V. Neklyudova^{1,3}, Zhanna K. Naumenko^{1,2}, Tat'yana L. Pashkova¹

1 – Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia: Orekhovyy bul'var 28, Moscow, 115682, Russia;

2 – D.D.Pletnev City Teaching Hospital, Moscow Healthcare Department: ul. Odinnadtsataya Parkovaya 32, Moscow, 105077, Russia;

3 – I.M.Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Healthcare Ministry of Russia: Trubetskaya ul. 8, build. 2, Moscow, 119991, Russia

Author information

Alexander V. Chernyak, Candidate of Medicine, Head of Laboratory of Functional and Ultra-sound Investigations; Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; functional diagnostic medicine practitioner, Department of functional and ultrasound diagnostics, D.D.Pletnev City Teaching Hospital, Moscow Healthcare Department; tel.: (495) 465-53-84; e-mail: achi2000@mail.ru; SPIN: 9328-6440

Galina V. Neklyudova, Doctor of Medicine, Associate Professor, Department of Pulmonology, I.M.Sechenov First Moscow State Medical University, Healthcare Ministry of Russia (Sechenov University); Leading Researcher, Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; tel.: (495) 465-53-84; e-mail: nekludova_gala@mail.ru; SPIN: 8956-9125

Zhanna K. Naumenko, Candidate of Medicine, Senior Researcher at Laboratory of Functional and Ultra-sound Investigations; Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; functional diagnostic medicine practitioner, Department of functional and ultrasound diagnostics, D.D.Pletnev City Teaching Hospital, Moscow Healthcare Department; tel.: (495) 465-53-84; e-mail: nekludova_gala@mail.ru; SPIN: 7191-1758

Tat'yana L. Pashkova, Candidate of Medicine, Senior Researcher at Laboratory of Functional and Ultra-sound Investigations; Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia; tel.: (495) 465-53-84; e-mail: tanya.pashkova.33@mail.ru

Abstract

The aim of this study was to analyze lung function in athletes involved in endurance winter sports. **Methods.** Lung function was measured in 50 athletes including 30 skiers and 20 speed-skaters (24 men and 26 women aged 17 to 33 years; average age, 24.7 ± 3.8 years) using spirometry, body plethysmography and diffusion test. A control age- and sex-matched group consisted of medical students and junior physicians. **Results.** Lung function in athletes, both skiers and skaters, was significantly higher compared to that of the control group and to reference values (ECSC, 1993). The lung function was not related to the athletes' age. In the total group, the athletes' performance was significantly related to lung volume values (rank correlation). **Conclusion.** Thus, lung function of the athletes involved in winter sports, such as skiing and speed skating, and focused to building the physical endurance, is higher than in general population. The standard approach to interpretation of pulmonary function test results is based on a comparison of actual and reference values. This can lead to misdiagnosis of lung function impairments.

Key words: lung function, spirometry, body plethysmography, cross-country skiing, speed skating, physical endurance.

For citation: Chernyak A.V., Neklyudova G.V., Naumenko Z.K., Pashkova T.L. Lung function in athletes involved in skiing and speed skating. *Russian Pulmonology*. 2019; 29 (1): 62–69 (in Russian). DOI: 10.18093/0869-0189-2019-29-1-62-69

Тема адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке (ФН) у спортсменов хорошо изучена, как и обратимость этого процесса после прекращения интенсивных тренировок [1–3]. Доказано, что максимальная ФН ограничивается достижением максимальной частоты сердечных сокращений, при этом у здоровых людей сохраняется резерв дыхания, т. е. дыхательная система способна справиться с более высокими требованиями к легочной вентиляции и легочному газообмену [1, 2]. Таким образом, в норме дыхательная система не является ограничивающим фактором для высокоинтенсивной ФН. Кроме того, при регулярных тренировках дыхательных мышц при ФН и, следовательно, высоком уровне вентиляции, по-видимому, увеличивается жизненная (ЖЕЛ) и общая (ОЕЛ) емкость легких. Однако в некоторых исследованиях [2, 4] показано, что адаптационных изменений дыхательной системы к постоянной ФН не наблюдается.

Влиянию ФН на функцию внешнего дыхания (ФВД) и параметры легочной вентиляции у спортсменов, занимающихся различными видами спорта, посвящено всего несколько исследований [5–8]. У спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, бронхиальная астма встречается значительно чаще по сравнению не только с общей популяцией [9, 10], но и со спортсменами, занимающимися силовыми видами спорта [11–13]. По данным исследований показано, что ухудшение проходимости мелких дыхательных путей у спортсменов может быть выявлено при отсутствии респираторных симптомов даже после прекращения занятий профессиональным спортом [14].

В клинической практике при обследовании элитных спортсменов интерпретация спирометрии может привести к гиподиагностике нарушений легочной вентиляции или ошибочной классификации степени вентиляционных нарушений, т. к. должные значения параметров ФВД для спортсменов не разработаны.

Целью настоящей работы явилась комплексная оценка ФВД с помощью спирометрии, бодиплетизмографии и диффузионного теста у спортсменов,

занимающихся зимними циклическими видами спорта.

Материалы и методы

Специалистами Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России (ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА) обследованы спортсмены в возрасте от 17 до 33 лет ($n = 50$: 24 (48 %) мужчины, 26 (52 %) женщин; средний возраст — $24,7 \pm 3,8$ года), занимающиеся зимними циклическими видами спорта (лыжные гонки, конькобежный спорт), без ранее установленного какого-либо заболевания органов дыхания. Среди лыжников ($n = 30$) — заслуженные мастера спорта России ($n = 3$), мастера спорта России международного класса ($n = 13$), мастера спорта России ($n = 7$), кандидаты в мастера спорта России ($n = 2$) и спортсмены I спортивного разряда ($n = 5$); среди спортсменов, занимающихся конькобежным спортом ($n = 20$) — заслуженные мастера спорта России ($n = 3$), мастера спорта России международного класса ($n = 7$), мастера спорта России ($n = 5$) и кандидаты в мастера спорта России ($n = 5$). Контрольную группу составили студенты и ординаторы медицинских институтов.

Критериями исключения являлись неприемлемое качество исследования ФВД, курение (активные курильщики или прекратившие), применение бронхорасширяющих препаратов, наличие установленного заболевания органов дыхания (бронхиальная астма, хронический бронхит, муковисцидоз, бронхоэктатическая болезнь, эмфизема, саркоидоз и др.), травма грудной клетки в анамнезе; наличие челюстно-лицевой боли или боли в грудной / брюшной полости в момент обследования, воздействие веществ, которые могут вызывать повреждение легких.

Всем спортсменам и добровольцам проводилось комплексное исследование ФВД: легочная вентиляция оценивалась с помощью спирометрии и бодиплетизмографии; легочный газообмен — с помощью

измерения диффузионной способности легких. Исследование проводилось при помощи диагностической системы *MasterScreen-Body / Diff.* (Erich Jaeger GmbH, Германия) с соблюдением стандартов исследования Российского респираторного общества (2014) и рекомендаций Американского торакального и Европейского респираторного обществ (2005) [15–18]. При форсированной спирометрии измерялись показатели форсированной ЖЕЛ (ФЖЕЛ), объема форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ₁), средней объемной скорости на участке кривой поток–объем форсированного выдоха между 25-м и 75-м % ФЖЕЛ (СОС_{25–75}). Для анализа отбирались максимальные полученные значения ФЖЕЛ и ОФВ₁, отношение ОФВ₁ / ФЖЕЛ и СОС_{25–75} отбирались из форсированного маневра, в котором сумма ОФВ₁ и ФЖЕЛ была максимальной. При проведении бодиплетизмографии измерялись сопротивление дыхательных путей и статические легочные объемы и емкости — ОЕЛ и ЖЕЛ, емкость вдоха (Е_{вд.}), резервный объем выдоха (РО_{вд.}), остаточный объем легких (ООЛ) и внутригрудной объем (ВГО) воздуха в конце спокойного выдоха. ВГО измерялся после установления стабильного дыхания (≥ 4 дыхательных циклов) в конце спокойного выдоха, при этом руки пациента были крепко прижаты к щекам. Частота дыхания составила < 1 Гц. Регистрировались среднее значение из ≥ 3 воспроизводимых (разброс значений составил < 5 % измерений) [17]. Среднее значение РО_{вд.} и максимальное значение ЖЕЛ (ЖЕЛ_{макс.}) использовались для вычисления ООЛ и ОЕЛ по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \text{ООЛ} &= \text{ВГО}_{\text{ср.}} - \text{РО}_{\text{вд. ср.}}, \\ \text{ОЕЛ} &= \text{ООЛ} + \text{ЖЕЛ}_{\text{макс.}} \end{aligned}$$

Диффузионный тест проводился методом однократного вдоха газовой смеси, содержащей монооксид углерода (СО) с задержкой дыхания и коррекцией полученных данных по уровню гемоглобина, измерялись показатели диффузионной способности легких по монооксиду углерода (СО) (DL_{CO}), альвеолярного объема (V_A) и отношение DL_{CO} / V_A.

При анализе показателей, полученных в результате комплексного исследования ФВД, использовались должные значения для общей популяции, которые рассчитывались по формулам Европейского объединения угля и стали (*European Coal and Steel Community* (ECSC, 1993)) [19] с учетом антропометрических характеристик (пол, возраст, рост). Результаты выражались в процентах от должного значения (полученное значение / должное значение $\times 100$ %). Перед исследованием ФВД измерялись рост и масса тела (без обуви и верхней одежды).

Исследование одобрено Этическим комитетом ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета прикладных программ *Statistica 10.0* (StatSoft Inc., США). Данные анализировались на соответствие распределения значений изучаемого признака закону нормального распределения. Дан-

ные представлены как среднее значение (M) \pm стандартное отклонение (SD). Статистический анализ ФВД спортсменов и лиц контрольной группы проводился с использованием t-критерия Стьюдента для независимых выборок. При сравнении показателей ФВД с должными значениями, рассчитанными по формулам ECSC (1993), использовался t-критерий Стьюдента для зависимых выборок. Корреляционный анализ с использованием линейной регрессии проводился для выявления взаимосвязи между возрастом и полученными значениями ФВД. Для выявления связи между спортивной квалификацией и показателями ФВД использовалась ранговая корреляция Спирмена (в процессе анализа спортивная квалификация ранжировалась следующим образом: заслуженные мастера спорта России — 4 балла, мастера спорта России международного класса — 3 балла, мастера спорта России — 2 балла, кандидаты в мастера спорта России — 1 балл и I разряд — 0 баллов). Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Антропометрические данные и результаты комплексного исследования ФВД представлены в табл. 1.

Показатели ФВД у спортсменов (как у лыжников, так и у конькобежцев) были достоверно выше таковых в контрольной группе (см. табл. 1; рис. 1) и должных значений, рассчитанных в соответствии с уравнениями ECSC (1993) (табл. 2).

Между возрастом спортсмена и показателями ФВД достоверных корреляционных связей не установлено ($r_{\text{ФЖЕЛ}} = 0,14$; $p = 0,338$ и $r_{\text{ОФВ}_1} = -0,08$; $p = 0,564$).

Выявлены достоверные ранговые корреляции между спортивной квалификацией (в баллах) и соответствующими показателями ФВД ($R_{\text{ФЖЕЛ}} = 0,29$; $p = 0,044$ (рис. 2А); $R_{\text{ОЕЛ}} = 0,29$; $p = 0,043$; $R_{\text{ВГО}} = 0,42$; $p = 0,002$ и $R_{\text{ООЛ}} = 0,33$; $p = 0,021$) в общей группе. Достоверной корреляционной связи между квалификацией и ОФВ₁ не отмечено ($R_{\text{ОФВ}_1} = 0,04$; $p = 0,801$) (рис. 2В).

Спирометрия и бодиплетизмография является «золотым стандартом» при исследовании легочной вентиляции. При помощи спирометрии оценивается изменение с течением времени объема легких на вдохе и выдохе. Это наиболее важная и часто выполняемая процедура тестирования вентиляционной способности легких, которая стала незаменимой для профилактики, диагностики и оценки различных нарушений дыхания. Бодиплетизмография дополняет спирометрию, но в отличие от спирометрии, делает возможным измерение ВГО, в т. ч. ООЛ — объема, который остается в легких после максимального глубокого выдоха, и сопротивления дыхательных путей, т. е. дает полную информацию о механике дыхания. При измерении DL_{CO} оценивается легочный газообмен. Таким образом, при комплексной оценке ФВД используются показатели спирометрии, бодиплетизмографии и DL_{CO}.

Таблица 1

Функциональные и антропометрические характеристики спортсменов и лиц контрольной группы
Table 1
Functional and anthropometric characteristics of athletes and control subjects

Показатель	Общая группа (n = 50)	Лыжники (n = 30)	Конькобежцы (n = 20)	Контроль (n = 35)
Возраст, годы	23,4 ± 3,7	23,7 ± 3,5	23,0 ± 4,0	23,2 ± 2,6
Пол:				
• мужчины	24	14	10	16
• женщины	26	16	10	19
Рост, см	174 ± 9	172 ± 8	176 ± 11	171 ± 9
Масса тела, кг	68,3 ± 10,0	66,3 ± 8,9	71,3 ± 10,9	69,1 ± 15,5
ИМТ, кг / м ²	22,5 ± 1,7	22,2 ± 1,6	22,9 ± 1,7	23,4 ± 3,7
ФЖЕЛ, % _{доп.}	124 ± 15***	125 ± 16***	122 ± 13***	108 ± 12
ФЖЕЛ, л	5,6 ± 1,2**	5,5 ± 1,1*	5,7 ± 1,4*	4,8 ± 1,2
ОФВ ₁ , % _{доп.}	117 ± 14**	119 ± 16**	116 ± 11*	108 ± 12
ОФВ ₁ , л	4,6 ± 1,0*	4,5 ± 1,0	4,6 ± 1,1	4,1 ± 0,9
ОФВ ₁ / ФЖЕЛ, %	82 ± 7*	82 ± 7*	81 ± 6*	86 ± 7
Обструкция:				
• есть	4	3	1	1
• нет	46	27	19	34
СОС ₂₅₋₇₅ , % _{доп.}	98 ± 23	98 ± 25	97 ± 22	99 ± 22
МОС ₂₅ , % _{доп.}	108 ± 18	109 ± 20	107 ± 16	107 ± 20
МОС ₅₀ , % _{доп.}	98 ± 22	99 ± 23	98 ± 21	102 ± 24
МОС ₇₅ , % _{доп.}	95 ± 33	95 ± 36	94 ± 30	98 ± 29
ПОС _{выд.} , % _{доп.}	114 ± 18*	116 ± 20*	111 ± 14	107 ± 15
ЖЕЛ, % _{доп.}	121 ± 15***	123 ± 16***	118 ± 13**	107 ± 12
ЖЕЛ, л	5,6 ± 1,3*	5,6 ± 1,1*	5,7 ± 1,5*	4,9 ± 1,2
ОЕЛ, % _{доп.}	126 ± 14*	127 ± 14**	124 ± 14	119 ± 11
ОЕЛ, л	7,8 ± 1,6	7,7 ± 1,4	7,9 ± 2,0	7,2 ± 1,5
ВГО, % _{доп.}	133 ± 21	133 ± 21	134 ± 21	127 ± 18
ВГО, л	4,1 ± 1,0	4,0 ± 0,9	4,1 ± 1,1	3,8 ± 0,8
ООЛ, % _{доп.}	137 ± 22*	136 ± 22*	139 ± 21	150 ± 22
ООЛ, л	2,1 ± 0,5	2,1 ± 0,4	2,2 ± 0,5	2,3 ± 0,4
ООЛ / ОЕЛ, %	27,4 ± 3,7***	27,1 ± 4,0***	27,8 ± 3,2**	32,0 ± 4,6
DL _{CO} , % _{доп.}	102 ± 14	106 ± 13**	97 ± 14	96 ± 13

Примечание: ИМТ – индекс массы тела; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду; СОС₂₅₋₇₅ – средняя объемная скорость на участке кривой поток–объем форсированного выдоха между 25-м и 75-м % ФЖЕЛ; МОС₂₅₋₇₅ – максимальная объемная скорость экспираторного потока форсированного выдоха между 25-м и 75-м % ФЖЕЛ; ПОС_{выд.} – пиковая объемная скорость на выдохе; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ОЕЛ – общая емкость легких; ВГО – внутригрудной объем; ООЛ – остаточный объем легких; DL_{CO} – диффузионная способность легких по монооксиду углерода; при сравнении с группой контроля: * – p < 0,05; ** – p < 0,005; *** – p < 0,001. Notes. *, p < 0,05; **, p < 0,005; ***, p < 0,001, all for comparisons between the athlete group and the control group.

Согласно полученным результатам ФВД у спортсменов, занимающихся лыжными гонками и конькобежным спортом, которые развивают выносливость, продемонстрированы более высокие показатели по сравнению с должными значениями. Аналогичные данные были получены T.Durmic et al. (2015) при обследовании спортсменов (n = 150) [20]. Показатели ФВД были достоверно выше должных значений. Полученные результаты существенно зависят от выбора нормальных эталонных значений, которые рассчитываются по соответствующим уравнениям. Для расчета должных значений предлагается достаточное число уравнений, при этом результаты могут существенно различаться в зависимости от выбора уравнения [21]. Наибольшее распространение для интерпретации результатов комплексного

исследования ФВД получили должные значения ECSC (1993) [15, 21]. В настоящее время предложены новые рекомендации по определению должных величин (Global Lung Function Initiative (GLI), 2012) [22], которые имеют более высокие значения по сравнению с таковыми ECSC (1993) [23–24]. Чтобы понять, насколько ФВД у спортсменов отличается от общей популяции, проведено сравнение данных ФВД спортсменов не только с их должными значениями, но и с показателями ФВД в контрольной группе, которая была сопоставима по полу, возрасту, антропометрическим характеристикам, анамнезу курения. По результатам анализа показаны достоверно более высокие показатели ФВД у спортсменов, а значит использование принятых общепопуляционных должных величин (вне зависимости от выбора долж-

ных значений) может привести к ошибочным заключениям о наличии или отсутствии нарушений ФВД и ошибочной классификации степени тяжести выявленных нарушений.

Опубликовано небольшое число исследований, посвященных влиянию физической активности на

результаты ФВД у спортсменов. Показано, что на объем легких оказывают влияние продолжительность, тип и интенсивность ФН. Так, в исследовании, выполненном *P. Myrianthefts et al.*, принимали участие спортсмены ($n = 276$), занимающиеся различными видами спорта [6]. У спортсменов измерен-

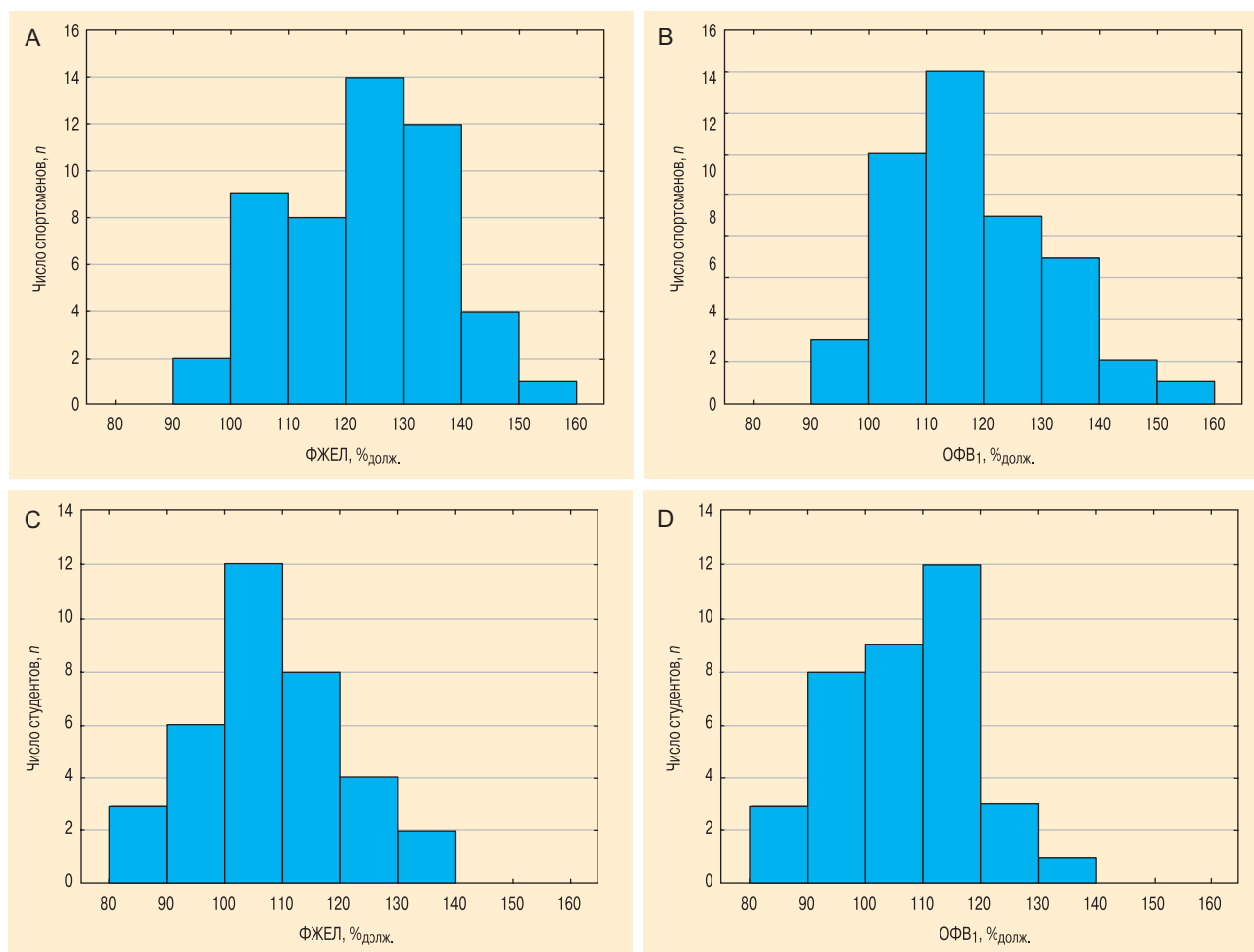


Рис. 1. Распределение показателей: А, С – форсированной жизненной емкости легких; В, D – объема форсированного выдоха за 1-ю секунду; А, В – у спортсменов; С, D – в контрольной группе (студенты)

Figure 1. Distribution of parameters: A and C, forced vital capacity; B and D, forced expiratory volume for 1 s; A and B, in athletes; C and D, in the control group

Таблица 2

Показатели функции внешнего дыхания у спортсменов, занимающихся зимними циклическими видами спорта, и должные значения, рассчитанные по формулам ECSC (1993) [19]

Table 2

Lung function of the athletes involved in winter sports and corresponding reference values estimated according to ECSC (1993) [19]

Показатель	Лыжники (n = 30)		Конькобежцы (n = 20)	
	результат измерения	долж.	результат измерения	долж.
ФЖЕЛ, л	5,54 ± 1,11	4,48 ± 0,81***	5,72 ± 1,42	4,66 ± 0,91***
ОФВ ₁ , л	4,53 ± 0,96	3,83 ± 0,63***	4,63 ± 1,11	3,97 ± 0,70***
ЖЕЛ, л	5,61 ± 1,12	4,61 ± 0,92***	5,69 ± 1,53	4,79 ± 1,03***
ОЕЛ, л	7,69 ± 1,38	6,09 ± 1,12***	7,86 ± 2,00	6,32 ± 1,27***
ВГО, л	4,00 ± 0,89	3,00 ± 0,34***	4,14 ± 1,09	3,05 ± 0,43***
ООЛ, л	2,08 ± 0,43	1,53 ± 0,18***	2,17 ± 0,54	1,55 ± 0,23***
ООЛ / ОЕЛ, %	27,1 ± 4,0	25,9 ± 2,0	27,8 ± 3,2	25,9 ± 2,0***
DL _{CO} , мл / мин / мм рт. ст.	33,79 ± 7,16	31,89 ± 4,43*	31,58 ± 6,68	32,88 ± 5,50

Примечание: ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1-ю секунду; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ОЕЛ – общая емкость легких; ВГО – внутригрудной объем; ООЛ – остаточный объем легких; DL_{CO} – диффузионная способность легких по монооксиду углерода.

Note. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

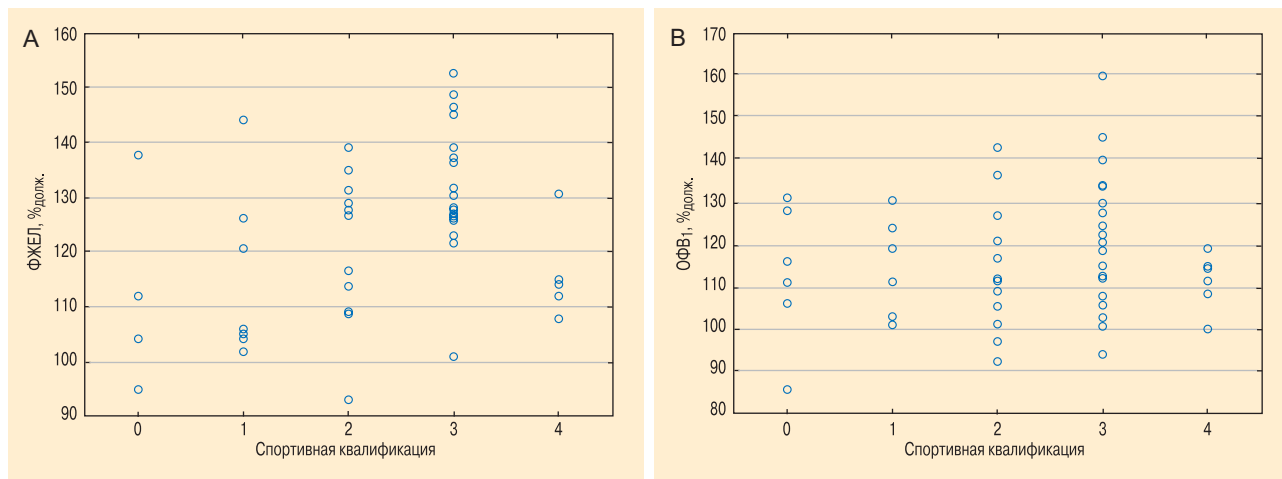


Рис. 2. Ранговая корреляция Спирмена между спортивной квалификацией: А – форсированной жизненной емкостью легких, В – объема форсированного выдоха за 1-ю секунду

Примечание: для анализа спортивная квалификация ранжировалась следующим образом: заслуженные мастера спорта России – 4 балла; мастера спорта России международного класса – 3 балла, мастера спорта России – 2 балла, кандидаты в мастера спорта России – 1 балл, I разряд – 0 баллов.

Figure 2. Spearman's rank correlation coefficients for the athletes' performance: A, forced vital capacity; B, forced expiratory volume for 1 s. Notes. The athletes' performance was scored as follows: 4 – Merited Master of Sport of Russia; 3 – Master of Sport of Russia, International Class; 2 – Master of Sport of Russia; 1 – Candidate for Master of Sport of Russia; 0 – First-Class Sportsman.

ные значения параметров легочной вентиляции были выше, чем в общей популяции. Самые высокие показатели отмечены у спортсменов, занимавшихся водными видами спорта. Согласно данным, опубликованным *T.Durmich et al.* (2017), продемонстрировано, что при сравнении ФВД у футболистов ($n = 270$) со спортсменами, занимающимися силовыми видами спорта ($n = 200$), и контрольной группой максимальные значения ФВД выявлены у спортсменов, у которых ФН направлена на развитие выносливости [5]. Аналогичные данные получены и в исследовании *S.Mazic et al.* – максимальные значения ФВД получены у баскетболистов, ватерполистов и гребцов [8]. Отсутствие единообразия результатов может быть связано с выбором когорты спортсменов, которые занимаются разными видами спорта.

Выявленные положительные ранговые корреляции Спирмена между общей емкостью легких и ее составляющими (в т. ч. ФЖЕЛ) и квалификацией спортсмена позволяют предположить, что на ФВД может оказывать влияние регулярная длительная интенсивная физическая активность. В проведенном исследовании зависимости ФЖЕЛ от возраста, а значит и продолжительности занятий спортом, не установлено. Одним из возможных объяснений увеличения объема легких у высококвалифицированных спортсменов может быть то, что высоких результатов в зимних циклических видах спорта достигают спортсмены, ФВД у которых больше среднестатистических значений. Полученные результаты не позволяют подтвердить или опровергнуть эти гипотезы, т. к. данная работа являлась поперечным исследованием.

Заключение

По результатам исследования у спортсменов-лыжников и конькобежцев отмечены более высокие значения ФВД по сравнению с показателями в общей популяции. Применение стандартного

подхода для интерпретации результатов исследования ФВД может привести к ошибочным заключениям о наличии или отсутствии нарушений ФВД. Однако вопрос: «Оказывает ли влияние регулярная интенсивная ФН 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.

Конфликт интересов

Конфликт интересов отсутствует.

Ограничения исследования

К ограничениям данного исследования можно отнести малую выборку больных. Часть исследования проводилась в рамках работ Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России по государственному контракту от 13.06.18 № 19.001.18.14 «Анализ распространенности бронхиальной гиперреактивности у спортсменов в циклических видах спорта с персонализированным обоснованием применения ингаляционных β_2 -агонистов» (шифр «Бронх-18»).

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Limitations of the study

Limitations of the study include small sizes of the groups.

This study was partly performed within the framework of the State Contract No.19.001.18.14 (April 13, 2018) "An analysis of prevalence of bronchial hyperresponsiveness in athletes of cyclic sports with a personalized rationale for administration of inhaled β_2 -agonists" (code: "Bronchus-18") of Federal Pulmonology Research Institute, Federal Medical and Biological Agency of Russia.

Литература

1. Гриппи М.А. Патология легких. Пер. с англ. под ред. Ю.В.Наточина. М.: Бином, СПб: Невский Диалект; 2000.
2. Amann M. Pulmonary system limitations to endurance exercise performance in humans. *Exp. Physiol.* 2012; 97 (3): 311–318. DOI: 10.1113/expphysiol.2011.058800.
3. Leischik R., Dworak B. Ugly duckling or Nosferatu? Cardiac injury in endurance sport – screening recommendations. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2014; 18 (21): 3274–3290.

4. Brown P.I., Venables H.K., Liu H. et al. Ventilatory muscle strength, diaphragm thickness and pulmonary function in world-class powerlifters. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2013; 113 (11): 2849–2855. DOI: 10.1007/s00421-013-2726-4.
5. Durmic T., Lazovic Popovic B., Zlatkovic Svenda M. et al. The training type influence on male elite athletes' ventilatory function. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2017; 3 (1): e000240. DOI: 10.1136/bmjsem-2017-000240.
6. Myriantsefs P., Grammatopoulou I., Katsoulas T., Baltopoulos G. Spirometry may underestimate airway obstruction in professional Greek athletes. *Clin. Respir. J.* 2014; 8 (2): 240–247. DOI: 10.1111/crj.12066.
7. Bertholon J.F., Carles J., Teillac A. Assessment of ventilatory performance of athletes using the maximal expiratory flow-volume curve. *Int. J. Sports Med.* 1986; 7 (2): 80–85. DOI: 10.1055/s-2008-1025738.
8. Mazic S., Lazovic B., Djelic M. et al. Respiratory parameters in elite athletes – does sport have an influence? *Rev. Port. Pneumol.* (Engl. Ed.). 2015; 21 (4): 192–197. DOI: 10.1016/j.rppnen.2014.12.003.
9. Bonini M., Silvers W. Exercise-induced bronchoconstriction: background, prevalence, and sport considerations. *Immunol. Allergy Clin. North Am.* 2018; 38 (2): 205–214. DOI: 10.1016/j.iac.2018.01.007.
10. Rundell K.W., Slee J.B. Exercise and other indirect challenges to demonstrate asthma or exercise-induced bronchoconstriction in athletes. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2008; 122 (2): 238–246. DOI: 10.1016/j.jaci.2008.06.014.
11. Fitch K. Therapeutic use exemptions (TUEs) at the Olympic Games 1992–2012. *Br. J. Sports Med.* 2013; 47 (13): 815–818. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092460.
12. Fitch K.D. An overview of asthma and airway hyper-responsiveness in Olympic athletes. *Br. J. Sports Med.* 2012; 46 (6): 413–416. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090814.
13. Rong C., Bei H., Yuzhu W., Mingwu Z. Lung function and cytokine levels in professional athletes. *J. Asthma.* 2008; 45 (4): 343–348. DOI: 10.1080/02770900801956371.
14. Nielsen H.B. Arterial desaturation during exercise in man: implication for O₂ uptake and work capacity. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2003; 13 (6): 339–358.
15. Чучалин А.Г., Айсанов З.Р., Чикина С.Ю. и др. Федеральные клинические рекомендации Российского респираторного общества по использованию метода спирометрии. *Пульмонология.* 2014; (6): 11–24. DOI: 10.18093/0869-0189-2014-0-6-11-24.
16. Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V. et al. Standardisation of spirometry. *Eur. Respir. J.* 2005. 26 (2): 319–337. DOI: 10.1183/09031936.05.00034805.
17. Wanger J., Clausen J.L., Coates A. et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (3): 511–522. DOI: 10.1183/09031936.05.00035005.
18. Macintyre N., Crapo R.O., Viegi G. et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (4): 720–735. DOI: 10.1183/09031936.05.00034905.
19. Quanjer P.H., Tammeling G.J., Cotes J.E. et al. Lung volumes and forced ventilatory flows. *Eur. Respir. J.* 1993; 6 (Suppl. 16): 5–40.
20. Durmic T., Lazovic B., Djelic M. et al. Sport-specific influences on respiratory patterns in elite athletes. *J. Bras. Pneumol.* 2015; 41 (6): 516–522. DOI: 10.1590/S1806-37562015000000050.
21. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (5): 948–968. DOI: 10.1183/09031936.05.00035205.
22. Quanjer P.H., Stanojevic S., Cole T.J. et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur. Respir. J.* 2012; 40 (6): 1324–1243. DOI: 10.1183/09031936.00080312.
23. Han J., Dai L., Zhong N., Young D. Breathlessness or health status in chronic obstructive pulmonary disease: the impact of different definitions. *COPD.* 2015; 12 (2): 115–125. DOI: 10.3109/15412555.2014.974741.
24. Wingelaar T.T., Clarijs P., van Ooij P.A. et al. Modern assessment of pulmonary function in divers cannot rely on old reference values. *Diving Hyperb. Med.* 2018; 48 (1): 17–22. DOI: 10.28920/dhm48.1.17-22.

Поступила 18.11.18

References

1. Grippi M.A. [Pathophysiology of the Lungs]. Translated from English (ed. by Yu.V.Natochin). Moscow: Binom; St. Petersburg: Nevskiy Dialekt; 2000.
2. Amann M. Pulmonary system limitations to endurance exercise performance in humans. *Exp. Physiol.* 2012; 97 (3): 311–318. DOI: 10.1113/expphysiol.2011.058800.
3. Leischik R., Dworak B. Ugly duckling or Nosferatu? Cardiac injury in endurance sport – screening recommendations. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2014; 18 (21): 3274–3290.
4. Brown P.I., Venables H.K., Liu H. et al. Ventilatory muscle strength, diaphragm thickness and pulmonary function in world-class powerlifters. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2013; 113 (11): 2849–2855. DOI: 10.1007/s00421-013-2726-4.
5. Durmic T., Lazovic Popovic B., Zlatkovic Svenda M. et al. The training type influence on male elite athletes' ventilatory function. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2017; 3 (1): e000240. DOI: 10.1136/bmjsem-2017-000240.
6. Myriantsefs P., Grammatopoulou I., Katsoulas T., Baltopoulos G. Spirometry may underestimate airway obstruction in professional Greek athletes. *Clin. Respir. J.* 2014; 8 (2): 240–247. DOI: 10.1111/crj.12066.
7. Bertholon J.F., Carles J., Teillac A. Assessment of ventilatory performance of athletes using the maximal expiratory flow-volume curve. *Int. J. Sports Med.* 1986; 7 (2): 80–85. DOI: 10.1055/s-2008-1025738.
8. Mazic S., Lazovic B., Djelic M. et al. Respiratory parameters in elite athletes – does sport have an influence? *Rev. Port. Pneumol.* (Engl. Ed.). 2015; 21 (4): 192–197. DOI: 10.1016/j.rppnen.2014.12.003.
9. Bonini M., Silvers W. Exercise-induced bronchoconstriction: background, prevalence, and sport considerations. *Immunol. Allergy Clin. North Am.* 2018; 38 (2): 205–214. DOI: 10.1016/j.iac.2018.01.007.
10. Rundell K.W., Slee J.B. Exercise and other indirect challenges to demonstrate asthma or exercise-induced bronchoconstriction in athletes. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2008; 122 (2): 238–246. DOI: 10.1016/j.jaci.2008.06.014.
11. Fitch K. Therapeutic use exemptions (TUEs) at the Olympic Games 1992–2012. *Br. J. Sports Med.* 2013; 47 (13): 815–818. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092460.
12. Fitch K.D. An overview of asthma and airway hyper-responsiveness in Olympic athletes. *Br. J. Sports Med.* 2012; 46 (6): 413–416. DOI: 10.1136/bjsports-2011-090814.
13. Rong C., Bei H., Yuzhu W., Mingwu Z. Lung function and cytokine levels in professional athletes. *J. Asthma.* 2008; 45 (4): 343–348. DOI: 10.1080/02770900801956371.
14. Nielsen H.B. Arterial desaturation during exercise in man: implication for O₂ uptake and work capacity. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 2003; 13 (6): 339–358.

15. Chuchalin A.G., Aisanov Z.R., Chikina S.Yu. et al. [Federal Clinical Guidelines of Russian Respiratory Society on Spirometry]. *Pul'monologiya*. 2014; (6): 11–24. DOI: 10.18093/0869-0189-2014-0-6-11-24 (in Russian).
16. Miller M.R., Hankinson J., Brusasco V. et al. Standardisation of spirometry. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (2): 319–337. DOI: 10.1183/09031936.05.00034805.
17. Wanger J., Clausen J.L., Coates A. et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (3): 511–522. DOI: 10.1183/09031936.05.00035005.
18. Macintyre N., Crapo R.O., Viegi G. et al. Standardisation of the single-breath determination of carbon monoxide uptake in the lung. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (4): 720–735. DOI: 10.1183/09031936.05.00034905.
19. Quanjer P.H., Tammeling G.J., Cotes J.E. et al. Lung volumes and forced ventilatory flows. *Eur. Respir. J.* 1993; 6 (Suppl. 16): 5–40.
20. Durmic T., Lazovic B., Djelic M. et al. Sport-specific influences on respiratory patterns in elite athletes. *J. Bras. Pneumol.* 2015; 41 (6): 516–522. DOI: 10.1590/S1806-37562015000000050.
21. Pellegrino R., Viegi G., Brusasco V. et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2005; 26 (5): 948–968. DOI: 10.1183/09031936.05.00035205.
22. Quanjer P.H., Stanojevic S., Cole T.J. et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur. Respir. J.* 2012; 40 (6): 1324–1243. DOI: 10.1183/09031936.00080312.
23. Han J., Dai L., Zhong N., Young D. Breathlessness or health status in chronic obstructive pulmonary disease: the impact of different definitions. *COPD*. 2015; 12 (2): 115–125. DOI: 10.3109/15412555.2014.974741.
24. Wingelaar T.T., Clarijs P., van Ooij P.A. et al. Modern assessment of pulmonary function in divers cannot rely on old reference values. *Diving Hyperb. Med.* 2018; 48 (1): 17–22. DOI: 10.28920/dhm48.1.17-22.

Received November 18, 2018