

Оригинальные исследования

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2024

Михайловичева А.И.^{1,2}, Смирнов В.В.^{1,2}, Стручков П.В.^{2,3}, Носенко Н.С.^{1,2}, Сотникова А.Г.¹,
Дьячкова Е.О.¹, Дивакова Т.И.¹, Баженова-Бессонова Ю.А.³, Маничев И.А.⁴

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСПИРАТОРНОЙ ФУНКЦИИ ЛЕГКИХ У КУРЯЩИХ ЛИЦ И БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ

¹ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России, Москва, Россия

²Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России, Москва, Россия

³ФГБУЗ «Клиническая больница № 85» ФМБА России, Москва, Россия

⁴ООО «Белинтелмед», Минск, Республика Беларусь

В статье рассматривается использование методов оценки состояния респираторной функции легких у больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ) и курящих лиц. **Цель исследования:** сравнительная оценка информативности методов капнометрии, спирометрии, метода вымывания азота при множественном дыхании и диффузионного теста у больных ХОБЛ, а также раннее выявление нарушения респираторной функции у курящих лиц. **Результаты.** Обследованы 3 группы пациентов: 1-я — 30 пациентов с ХОБЛ среднетяжелого течения, средний возраст $50,6 \pm 4,3$ года, 2-я — 30 курящих лиц, средний возраст $45,6 \pm 2,4$ года, 3-я группа — контроля — 30 практически здоровых некурящих лиц, средний возраст $45,6 \pm 2,4$ года. При капнометрии было отмечено статистически значимое увеличение наклона альвеолярной фазы у пациентов с ХОБЛ по отношению к контрольной группе и группе курящих лиц при спокойном дыхании как до, так и после применения бронхолитика. Значимые различия между группами курящих и контроля были выявлены на глубоком выдохе. По данным спирометрии у пациентов с ХОБЛ соотношение ОФВ1/ФЖЕЛ было статистически значимо ниже по сравнению с контрольной группой и группой курящих лиц как до, так и после применения бронхолитика. Диффузионная способность была достоверно ниже у пациентов с ХОБЛ и курящих лиц по сравнению с группой контроля. Индекс легочного клиренса был достоверно выше в группе ХОБЛ, чем в других обеих группах. **Выводы.** У пациентов с ХОБЛ информативными оказались все перечисленные методы, но у курящих лиц чувствительными методами оказались капнометрия и метод оценки диффузионной способности легких, которые выявили неравномерность распределения вентиляционно-перфузионных соотношений в легких и нарушение газообменной функции.

Ключевые слова: капнометрия; спирометрия; функциональная диагностика; вымывание азота; диффузионная способность легких; хроническая обструктивная болезнь легких.

Для цитирования: Михайловичева А.И., Смирнов В.В., Стручков П.В., Носенко Н.С., Сотникова А.Г., Дьячкова Е.О., Дивакова Т.И., Баженова-Бессонова Ю.А., Маничев И.А. Исследование респираторной функции легких у курящих лиц и больных хронической обструктивной болезнью легких. *Клиническая медицина*. 2024;102(3):241–246.
DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2024-102-3-241-246>

Для корреспонденции: Михайловичева Анна Игоревна — e-mail:princess_anna_7@mail.ru

Anna I. Mikhailovicheva^{1,2}, Vladimir V. Smirnov^{1,2}, Pyotr V. Struchkov^{2,3}, Natalia S. Nosenko^{1,2},
Anna G. Sotnikova¹, Elizaveta O. Dyachkova¹, Tatiana I. Divakova¹,
Yulia A. Bazhenova-Bessonova³, Igor A. Manichev⁴

STUDY OF RESPIRATORY FUNCTION OF THE LUNGS IN SMOKERS AND PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

¹Federal Scientific Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology FMBA of Russia, Moscow, Russia

²Academy of Postgraduate Education under Federal Scientific Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology FMBA of Russia, Moscow, Russia

³Clinical Hospital No.85 of FMBA of Russia, Moscow, Russia

⁴«Belintelmed», Minsk, Republic of Belarus

The article discusses the use of methods for assessing lung respiratory function in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and smokers. **The aim** of the study is a comparative evaluation of the informative value of capnometry, spirometry, multiple breath nitrogen washout method, and diffusion test in patients with COPD, as well as an early detection of respiratory function impairment in smokers. **Results.** Three groups of patients were examined: 1st — 30 patients with moderately severe COPD, average age 50.6 ± 4.3 years, 2nd — 30 smokers, average age 45.6 ± 2.4 years, 3rd (control group) — 30 practically healthy non-smokers, average age 45.6 ± 2.4 years. Capnometry showed a statistically significant increase in the slope of the alveolar phase in patients with COPD compared to the control group and smokers at rest, both before and after bronchodilator use. Significant differences between smokers and control groups were detected during forced exhalation. According to spirometry data, the FEV1/FVC ratio in patients with COPD was statistically significantly lower compared to the control group and smokers, both before and after bronchodilator use. Diffusion capacity was significantly

lower in patients with COPD and smokers compared to the control group. The lung clearance index was significantly higher in the COPD group compared to the other two groups. **Conclusions.** All the mentioned methods were informative in patients with COPD, but capnometry and lung diffusion capacity assessment were sensitive methods in smokers, revealing uneven distribution of ventilation-perfusion ratios in the lungs and impaired gas exchange function.

Key words: capnometry; spirometry; functional diagnostics; nitrogen washout; lung diffusion capacity; chronic obstructive pulmonary disease.

For citation: Mikhailovicheva A.I., Smirnov V.V., Struchkov P.V., Nosenko N.S., Sotnikova A.G., Dyachkova E.O., Divakova T.I., Bazhenova-Bessonova Yu.A., Manichev I.A. Study of respiratory function of the lungs in smokers and patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Klinicheskaya meditsina*. 2024;102(3):241–246. DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2024-102-3-241-246>

For correspondence: Anna I. Mikhailovicheva — e-mail: princess_anna_7@mail.ru

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

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received 01.12.2023
Accepted 19.12.2023

Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) — заболевание, характеризующееся хроническими респираторными симптомами (одышка, кашель, отхождение мокроты) из-за поражения дыхательных путей (бронхит, бронхиолит) и/или альвеол (эмфизема), которые вызывают персистирующее, часто прогрессирующее ограничение воздушного потока [1]. Курение рассматривается основной причиной ХОБЛ [2].

Основным методом выявления обструкции дыхательных путей является спирометрия. У курящих лиц ХОБЛ начинается с дистальных отделов легких, которые сложно оценить методом спирометрии, так как зачастую показатели спирометрии находятся в диапазоне нормальных значений. Поэтому необходимы более чувствительные методы оценки состояния дистальных дыхательных путей [3]. Эта оценка может быть проведена с помощью ряда методов, в частности капнометрии, диффузионной способности легких и метода вымывания азота при множественных дыханиях.

Капнометрия представляет собой графическое отображение концентрации (или парциального давления) CO_2 в газовой смеси во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе. Обычно запись проводится при спокойном дыхании, но могут использоваться углубленный выдох, гипервентиляционная и другие пробы [4]. Капнометрия позволяет оценить равномерность распределения вентиляционно-перфузионных соотношений в легких по нескольким показателям, в частности по наклону альвеолярной фазы, который тем больше, чем больше выражена неравномерность распределения вентиляционно-перфузионных соотношений [4].

Исследование легочного газообмена обычно проводят при помощи оценки диффузионной способности легких. Тест позволяет судить о способности легких обеспечить перенос кислорода из альвеолярного газа в кровь. Обычно диффузионную способность легких оценивают по диффузии монооксида углерода (DLCO) методом однократного вдоха [5, 6, 9].

Функциональное состояние системы дыхания во многом зависит также от равномерности легочной вентиляции. Ее можно оценить методом вымывания азота чистым кислородом при множественном дыхании. Численным выражением характеристики неравномер-

ности легочной вентиляции является индекс легочного клиренса (lungclearanceindex, LCI).

Целью исследования явилась сравнительная оценка информативности методов капнометрии, спирометрии, метода вымывания азота при множественном дыхании и диффузионного теста у больных ХОБЛ, а также раннее выявление нарушения респираторной функции у курящих лиц.

Материал и методы

Исследование являлось обсервационным поперечным. Были проанализированы результаты обследования 3 групп пациентов. 1-я группа включала 30 пациентов с ХОБЛ среднетяжелого течения (13 (43,4%) мужчин, 17 (56,6%) женщин, средний возраст $50,6 \pm 4,3$ года) в стадии стихающего обострения. 2-ю группу составили 30 курящих добровольцев (16 (53,4%) мужчин, 14 (46,6%) женщин, средний возраст $45,6 \pm 2,4$ года), при этом индекс курящего человека (ИКЧ) > 10 регистрировался у половины обследуемых, у всех стаж курения был более 15 лет, клинических проявлений со стороны органов дыхания не отмечалось. 3-ю группу составили здоровые некурящие лица — 30 человек (16 мужчин (53,4%), 14 (46,6%) женщин, средний возраст $45,6 \pm 2,4$ года).

Комплексное исследование функции внешнего дыхания (ФВД) включало капнометрию, спирометрию, метод вымывания азота при множественном дыхании (ВМД) и диффузионный тест. Комплексное исследование ФВД проводили с помощью диагностической системы PowerCube Diffusion Hans Horn (Германия) 2022 г. выпуска, метод капнометрии — с помощью спироанализатора со встроенной функцией капнометрии «MAC-1» (Республика Беларусь). Все диагностические процедуры были выполнены в один и тот же день одним и тем же врачом. Все пациенты подписывали информированное согласие перед проведением исследования.

При выполнении форсированной спирометрии измеряли форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ1) и отношение ОФВ1/ФЖЕЛ, а также скоростные показатели. Спирометрия проводилась в соответствии с методическими рекомендациями Российского респираторного общества, Российской ассоциации специалистов

функциональной диагностики и Российского научного медицинского общества терапевтов 2023 г. [7]. Должные значения параметров спирометрии были рассчитаны в соответствии с рекомендациями Европейского сообщества угля и стали (ECSC — European Coal and Steel Community) 1993 г. для взрослых [12].

При выполнении капнометрии измеряли показатели: наклон альвеолярной фазы при спокойном дыхании, а также на глубоком выдохе, выражающийся в соотношении $\Delta P/\Delta t$, где ΔP — прирост CO_2 в альвеолярную фазу, Δt — продолжительность альвеолярной фазы, PetCO_2 — конечно-эспираторное парциальное давление CO_2 , индекс Tulou — разность PetCO_2 в конце глубокого и спокойного выдоха [4].

Диффузионный тест проводили методом однократного вдоха газовой смеси, содержащей 0,25% монооксида углерода (CO), 18% гелия (He), 19% кислорода (O_2) и 62,75% азота (N_2), с задержкой дыхания и коррекцией полученных данных по уровню гемоглобина (DLCOc). Основные параметры, используемые в оценке диффузионной способности легких: DLCO — диффузионная способность легких или трансфер-фактор, VA — альвеолярный объем, константа Крог ($\text{KCO} = \text{DLCO}/\text{VA}$). Для анализа использовали среднее значение из 2 технически удовлетворительных воспроизводимых попыток [6, 9]. Диффузионный тест проводился в соответствии с рекомендациями ATS/ERS (American Thoracic Society/European Respiratory Society — Американское торакальное общество/Европейское респираторное общество — АТО/ЕРО) 2017 г. [6]. Интерпретацию результатов проводили в соответствии со стандартами АТО/ЕРО 2022 г. [9].

Исследование равномерности легочной вентиляции проводили методом ВМД согласно рекомендациям АТО/ЕРО 2013 г. [8]. Проводилась оценка показателей: LCI и CEV . Показатель LCI рассчитывается как количество дыхательных циклов, необходимых для того, чтобы очистить легкие от азота до 1/40 от его начальной концентрации [8,11]: $\text{LCI} = \text{CEV}/\text{FOE}$, где CEV — суммарный выдыхаемый объем с коррекцией на мертвое пространство оборудования, представляющий собой общую сумму объемов выдоха при спокойном непрерывном дыхании во время проведения теста ВМД. Для каждого пациента регистрировали среднее значение не менее 3 повторных технически удовлетворительных измерений (разброс значений которых был менее 5%) [8]. Расчет верхней границы нормы (ВГН) для определения LCI определялся по формуле [10]:

$\text{ВГН}(\text{LCI}) = 0,0223 \times \text{A} + 5,82$, где A — возраст.

Статистический анализ и визуализация полученных данных проводились с использованием среды для статистических вычислений R 4.3.1 (R Foundation for Statistical Computing, Вена, Австрия).

Описательные статистики представлены в виде абсолютной и относительной частот для категориальных переменных и медианы (1-й и 3-й квартили) — для количественных. Для сравнения групп в отношении количественных показателей использовались тест Краскела–Уоллиса и тест Данна, в отношении категориальных —

точный тест Фишера, при проведении множественных сравнений применялась поправка Холма. Для сравнения показателей в динамике (сравнения парных выборок) использовали тест Уилкоксона и тест МакНемара в случае количественных и категориальных переменных соответственно. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Результаты капнометрии (табл. 1). По результатам капнометрии при спокойном выдохе в 1-й группе отмечалось статистически значимое увеличение наклона альвеолярной фазы $\Delta P/\Delta t$ по сравнению с 3-й группой ($p < 0,001$) и 2-й группой ($p < 0,005$). После применения бронхолитика у 1-й группы отмечалось статистически значимое снижение уровня наклона альвеолярной фазы $\Delta P/\Delta t$ ($p < 0,001$). Различия в отношении наклона альвеолярной фазы между 3 и 2-й группами не были статистически значимыми ($p = 0,155$).

Наклон альвеолярной фазы на глубоком выдохе у 1-й группы был статистически значимо выше по сравнению с 3-й группой ($p < 0,001$) и 2-й группой ($p < 0,005$). После применения бронхолитика у пациентов с ХОБЛ отмечалось статистически значимое снижение наклона альвеолярной фазы $\Delta P/\Delta t$ ($p < 0,001$). Было зафиксировано, что как до, так и после применения бронхолитика 2-я группа имела более высокие значения уровня наклона альвеолярной фазы на выдохе по сравнению с контролем ($p = 0,016$).

Значения индекса Tulou были статистически значимо выше у 1-й группы по сравнению со 2-й ($p = 0,005$) и 3-й группами ($p < 0,001$). После применения бронхолитика было отмечено статистически значимое снижение индекса Tulou у пациентов с ХОБЛ ($p < 0,001$). При сравнении 1-й и 2-й групп после применения бронхолитика различия не были статистически значимыми ($p = 0,123$), но значения индекса Tulou у 2-й группы были несколько выше по сравнению с 3-й группой ($p = 0,071$).

Было отмечено статистически значимое снижение показателя PetCO_2 у пациентов с ХОБЛ после применения бронхолитика, $p = 0,001$.

Как видно из таблицы, показатели капнометрии в группе курящих лиц имели промежуточные значения между группой с ХОБЛ и группой контроля, что может косвенно говорить о начальных нарушениях у них респираторной функции легких.

Результаты спирометрии (табл. 2). При проведении спирометрии в 1-й группе значения ОФВ_1 как до, так и после применения бронхолитика были статистически значимо ниже по сравнению с 3 и 2-й группами ($p < 0,001$). Различия в отношении ОФВ_1 между 3-й группой и 2-й группой не были статистически значимыми ($p = 0,364$). Как до, так и после применения бронхолитика у обследуемых 1-й группы значения ФЖЕЛ были статистически значимо ниже по сравнению с 3-й контрольной группой и 2-й группой курящих лиц ($p < 0,001$). Различия в отношении данного показателя между 3-й и 2-й группами не были статистически значимыми ($p = 0,878$).

Соотношение ОФВ1/ФЖЕЛ у обследуемых 1-й группы было статистически значимо ниже по сравнению с 3-й контрольной группой и 2-й группой ($p < 0,001$). Соотношение значения ОФВ1/ФЖЕЛ более 70% было в группе курящих у всех обследуемых

Как видно из таблицы, у пациентов с ХОБЛ регистрировались признаки бронхиальной обструкции средней степени тяжести, в то время как в группе курящих лиц показатели спирометрии достоверно не отличались от группы контроля.

Таблица 1. Сравнения показателей капнометрии у пациентов с ХОБЛ до и после применения бронхолитика с группой курящих лиц и контрольной группы. Ме [Q1;Q3]: медиана, нижний квартиль (Q1); верхний квартиль (Q3)

Table 1. Comparison of capnometry indicators in patients with COPD before and after bronchodilator use within a group of smokers and a control group. Median [Q1;Q3]: median, lower quartile (Q1); upper quartile (Q3)

Показатель Indicator		1-я группа Group I (n = 30)	2-я группа Group II (n = 30)	3-я группа Group III (n = 30)	p
$\Delta P/\Delta t$ спокойный выдох (мм рт. ст./с) $\Delta P/\Delta t$ calm exhalation (mm Hg/s)	до/before	2,35 [2,01; 3,31]	1,40 [1,25; 2]	1,19 [1,04; 1,71]	$p_{1-2} < 0,005$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,155$
	после/after	1,99 [1,74; 2,3]	1,40 [1,25; 2]	1,19 [1,04; 1,71]	$p^* < 0,001$
$\Delta P/\Delta t$ глубокий выдох (мм рт. ст./с) $\Delta P/\Delta t$ deep exhalation (mm Hg/s)	до/before	1,68 [1,1; 2,1]	0,89 [0,66; 1,30]	0,55 [0,43; 0,79]	$p_{1-2} < 0,005$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,016$
	после/after	1,43 [0,97; 1,86]	0,89 [0,66; 1,30]	0,55 [0,43; 0,79]	$p^* < 0,001$
Индекс Tulou (мм рт. ст.) Tulou index (mm Hg)	до/before	4,55 [3,63; 6,12]	3,1 [2,76; 4]	2,2 [1,76; 3,85]	$p_{1-2} < 0,005$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,155$
	после/after	3,95 [2,84; 5,03]	3,1 [2,76; 4]	2,2 [1,76; 3,85]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,123$ $p_{2-3} < 0,071$
End tidal CO_2 (мм рт. ст.) End tidal CO_2 (mm Hg)	до/before	28,30 [24,88; 30,3]	31,1 [28,9; 33,9]	28,7 [26,7; 32,3]	$p_{1-2} < 0,101$ $p_{1-3} < 0,402$ $p_{2-3} < 0,071$
	после/after	26,75 [25,13; 29]	31,1 [28,9; 33,9]	31,1 [28,9; 33,9]	$p^* < 0,001$

Примечание: $\Delta P/\Delta t$ — наклон альвеолярной фазы при спокойном выдохе и при глубоком выдохе; PetCO₂ — конечно-экспираторное парциальное давление CO₂; индекс Tulou — разница PetCO₂ в конце глубокого и спокойного выдоха; p — уровень значимости различия показателей между группами; p* — различия у пациентов с ХОБЛ до и после бронхолитика.

Note: $\Delta P/\Delta t$ — slope of the alveolar phase during calm and deep exhalation; PetCO₂ — end-tidal partial pressure of CO₂; Tulou index — difference in PetCO₂ at the end of deep and calm exhalation; p — level of significance of differences between groups; p* — differences in patients with COPD before and after bronchodilator.

Таблица 2. Показатели спирометрии у пациентов с ХОБЛ, курящих лиц и контрольной групп. Медиана Ме [Q1;Q3], нижний квартиль (Q1), верхний квартиль (Q3)

Table 2. Spirometry indicators in patients with COPD, smokers and a control group. Median [Q1;Q3], lower quartile (Q1); upper quartile (Q3)

Показатель Indicator		1-я группа Group I (n = 30)	2-я группа Group II (n = 30)	3-я группа Group III (n = 30)	p
ОФВ1 (% к долж.) FEV1 (% of normal)	до/before	54,5 [45; 68,3]	94 [83; 109]	101 [90; 108]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,364$
	после/after	60,5 [47,5; 73,8]	94 [83; 109]	101 [90; 108]	$p^* < 0,001$ $p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$
ФЖЕЛ (% к долж.) FVC (% of normal)	до/before	79 [67; 85]	97 [90; 114]	102 [95; 110]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,878$
	после/after	83 [70; 92]	97 [90; 114]	102 [95; 110]	$p^* < 0,001$ $p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$
ОФВ1/ФЖЕЛ (% к долж.) FEV1/FVC (% of normal)	до/before	56,7 [44,1; 67,8]	80,5 [74,8; 82,5]	82 [80,5; 86]	$p_{1-2} < 0,001$
	после/after	59,2 [7,2; 69]	80,5 [74,8; 82,5]	82 [80,5; 86]	$p^* < 0,009$

Примечание: p — различия между группами; p* — различия у пациентов с ХОБЛ до и после бронхолитика.

Note: p — differences between groups; p* — differences in patients with COPD before and after bronchodilator.

Результаты диффузионного теста (табл. 3). При сравнительном анализе показателей диффузионной способности легких значения DLCOc и KCO были статистически значимо выше в 3-й контрольной группе по сравнению со 2-й группой ($p = 0,003$) и 1-й группой ($p < 0,001$). Все группы достоверно различались по сравнению с пациентами с ХОБЛ ($p < 0,001$ и $p = 0,031$). Доля пациентов с DLCOc $< 80\%$ была статистически значимо ниже в группе курящих по сравнению с пациентами с ХОБЛ ($p = 0,007$).

Как видно, показатель диффузионной способности легких имел более низкие значения в группе ХОБЛ, а также в группе курящих лиц по сравнению с контрольной группой, что может свидетельствовать о нарушении респираторной функции легких в обеих этих группах.

Результаты метода вымывания азота (табл. 4). По результатам метода ВМД значения LCI и CEV были статистически значимо выше у обследуемых 1-й группы

Таблица 3. Результаты оценки диффузионного теста в исследованных группах: медиана Me [Q1–Q3], нижний квартиль (Q1), верхний квартиль (Q3)

Table 3. Results of the diffusion test in the groups under study: median Me [Q1–Q3], lower quartile (Q1), upper quartile (Q3)

Показатель Indicator	1-я группа Group I (n = 30)	2-я группа Group II (n = 30)	3-я группа Group III (n = 30)	p
DLCOc (% к долж.) (% of normal)	64,5 [49,3; 73]	79 [72; 86]	88 [85; 95]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,003$
KCO (% к долж.) KSO (% of normal)	73 [52,3; 87]	86 [81; 95]	101 [91; 107]	$p_{1-2} < 0,031$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,003$

Примечание: DLCOc — диффузионная способность легких с коррекцией по концентрации гемоглобина; KCO=DLCO/VA; p — различия между группами.

Note: DLCOc — diffusion capacity of the lungs, corrected by hemoglobin concentration; KSO=DLCO/VA; p — differences between groups.

Таблица 4. Результаты метода вымывания азота при множественном дыхании в исследованных группах: медиана Me [Q1–Q3], нижний квартиль (Q1), верхний квартиль (Q3)

Table 4. Results of the nitrogen washout method during multiple respiration of the studied groups: median Me [Q1–Q3], lower quartile (Q1), upper quartile (Q3)

Показатель Indicator	1-я группа Group I (n = 30)	2-я группа Group II (n = 30)	3-я группа Group III (n = 30)	p
LCI, л (L)	8,39 [6,85; 10,08]	6,58 [5,71; 7,56]	6,52 [5,91; 6,85]	$p_{1-2} < 0,001$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,628$
CEV, л (L)	30,2 [23,7; 44]	22,9 [18,9; 29,4]	19,6 [17,4; 23,7]	$p_{1-2} < 0,015$ $p_{1-3} < 0,001$ $p_{2-3} < 0,105$

Примечание: LCI — индекс легочного клиренса; ВГН — верхняя граница нормы; CEV — суммарный выдыхаемый объем; p — различия между группами ХОБЛ, «курильщики» и контрольной.

Note: LCI — pulmonary clearance index; ULN — upper limit of normal; MEFV — Maximum Expiratory Flow Volume; p — differences between the COPD, "smokers" and control groups.

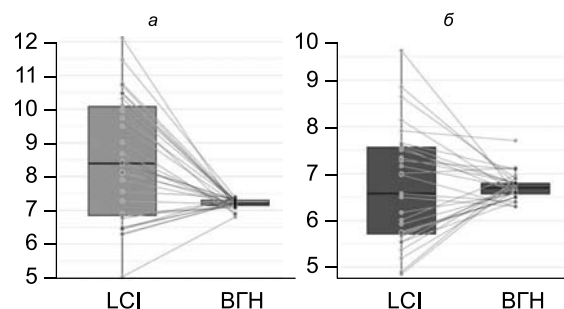


Рис. 1. Значения показателя LCI и ВГН: а — у пациентов с ХОБЛ; б — у «курящих лиц»

Fig. 1. LCI and ULN values: а — in patients with COPD; б — in "smokers"

по сравнению со 2-й группой ($p < 0,001$ и $0,015$ соответственно) и 3-й группой ($p < 0,001$), различия в отношении указанных показателей между 2-й группой и 3-й группой не были статистически значимыми ($p = 0,628$ и $0,105$ соответственно).

Также было зафиксировано, что у пациентов с ХОБЛ показатель LCI был статистически значимо выше ВГН ($p = 0,002$), среди курящих лиц статистически значимых отличий между LCI и ВГН выявлено не было ($p = 0,737$) (см. рисунок).

Как видно из результатов исследования, метод вымывания азота у пациентов с ХОБЛ выявил неравномерность легочной вентиляции, чего не было отмечено в группах курящих и контрольной.

Таким образом, проанализировав все выполненные методы в отношении пациентов с ХОБЛ, а также группы курящих лиц, можно отметить, что для пациентов с ХОБЛ все методы явились информативными, тогда как в группе курящих лиц при нормальных показателях спирометрии показательными и достоверными методами явились капнометрия и диффузионный тест. И хотя метод спирометрии является «золотым стандартом» для определения обструктивных нарушений, он не может точно оценить проходимость дистальных дыхательных путей и состояние респираторной зоны легких. Поэтому для раннего выявления нарушений проходимости дыхательных путей целесообразно использовать иные подходы, которые выявляют нарушения распределения вентиляционно-перфузионных соотношений и газообменной функции.

На наш взгляд, полученные результаты оценки газообмена в легких и равномерности распределения вентиляционно-перфузионных соотношений позволяют повысить точность выявления патологических изменений в респираторной зоне легких у курящих лиц.

Выводы

1. Методы оценки диффузионной способности легких и распределения равномерности вентиляционно-перфузионных соотношений у курящих лиц выявляют нарушения функции легких даже при нормальных показателях спирометрии.

2. У больных ХОБЛ среднетяжелого течения помимо спирометрии нарушения выявляются всеми перечисленными методами, что отражает неравномерность венти-

ляции и распределения вентиляционно-перфузионных соотношений у этих больных.

3. Метод капнометрии как наименее трудозатратный и наиболее дешевый может быть рекомендован для оценки функционального состояния легких у больных с ХОБЛ среднетяжелого течения и курящих лиц, выявляя нарушения состояния респираторной зоны легких даже при нормальных показателях спирометрии.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Hanlon P., Guo X., McGhee E., Lewsey J., McAllister D., Mair F.S. Systematic review and meta-analysis of prevalence, trajectories, and clinical outcomes for frailty in COPD. *NPJ Prim. Care Respir. Med.* 2023;33(1):1. DOI: 10.1038/s41533-022-00324-5
- Yang I.A., Jenkins Ch.R., Salvi S.S. Obstructive pulmonary disease in never-smokers: risk factors, pathogenesis, and implications for prevention and treatment. *Lancet Respir. Med.* 2022;10(5):497–511. PMID: 35427530 DOI: 10.1016/S2213-2600(21)00506-3
- Lamprecht B., McBurnie M.A., Vollmer W.M. et al. BOLD Collaborative Research Group: COPD in never smokers: results form the population-based burden of obstructive lung disease study. *Chest.* 2011;139:752–763.
- Стручков П.В. Капнометрия. В кн.: Легочные функциональные тесты от теории к практике. Под редакцией О.И. Савушкиной и А.В. Черняка, М., ООО «Фирма Стром», 2017:181–186. [Struchkov P.V. Capnometry. The book: Pulmonary function tests from theory to practice. Edited by O.I. Savushkina and A.V. Chernyak, M., LLC "Firm Strom", 2017:181–186. (In Russian)].
- Неклюдова Г. В., Черняк А. В. Диагностические возможности исследования диффузионной способности легких. *Медицинский алфавит.* 2020;(25):22–25. [Neklyudova G.V., Chernyak A.V. Diagnostic features of the measuring the lung diffusion capacity. *Medical alphabet.* 2020;(25):22–25. (In Russian)]. DOI: 10.33667/2078-5631-2020-25-22-25
- Graham B.L., Brusasco V., Burgos F., Cooper B.G., Jensen R., Kendrick A., MacIntyre N.R., Thompson B.R., Wanger J. 2017 ERS/ATS standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur. Respir. J.* 2017;49(1):1600016. DOI: 10.1183/13993003.00016-2016
- Каменева М.Ю., Черняк А.В., Айсанов З.Р., Авдеев С.Н., Бабак С.Л., Белевский А.С. и др. Спирометрия: методическое руководство по проведению исследования и интерпретации результатов. *Пульмонология.* 2023;33(3):07–340. [Kameneva M.Yu., Chernyak A.V., Aisanov Z.R., Avdeev S.N., Babak S.L., Belevskiy A.S. et al. Spirometry: national guidelines for the testing and interpretation of results. *Pulmonology.* 2023;33(3):07–340. (In Russian)]. DOI: 10.18093/08690189-2023-33-3-307-340
- Robinson P.D., Latzin Ph., Verbanck S., Hall G.L., Horsley A., Gappa M. et al. Consensus statement for inert gas washout measurement using multiple- and single-breath tests. *The European Respiratory Journal.* 2013;41(3):507–22.
- Stanojevic S., Kaminsky D.A., Miller M., Thompson B., Aliverti A., Barjaktarevic I. et al. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur. Respir. J.* 2022;60(1):2101499. DOI: 10.1183/13993003.01499-2021
- Савушкина О.И., Черняк А.В. Методы диагностики дисфункции мелких дыхательных путей и равномерности вентиляции легких: их применение после перенесенной новой коронавирусной инфекции. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания.* 2022;84:137–143. [Savushkina O.I., Cherniak A.V. Methods for diagnosing dysfunction of small airways and uniformity of lung ventilation: their use after a novel coronavirus infection. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration.* 2022;1(84):137–143. (In Russian)]. DOI: 10.36604/1998-5029-2022-84-137-143
- Неклюдова Г.В., Черняк А.В. Метод вымывания азота при множественном дыхании у здоровых людей. *Практическая пульмонология.* 2019;4. [Neklyudova G.V., Chernyak A.V. Method of nitrogen leaching during multiple respirations in healthy people. *Practical Pulmonology.* 2019;4. (In Russian)].
- Quanjer P.H., Tammeling G.J., Cotes J.E., Pedersen O.F., Peslin R., Yernault J.C. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *The European Respiratory Journal. Supplement.* 1993;16:5–40.

Поступила 01.12.2023

Принята в печать 19.12.2023

Информация об авторах

Михайловичева Анна Игоревна — врач функциональной диагностики, аспирантка 3-го года кафедры «Внутренние болезни» АПО ФНКЦ ФМБА России, ELibrary SPIN: 1503-1221

Смирнов Владимир Вячеславович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой внутренних болезней ФНКЦ ФМБА России
Стручков Петр Владимирович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой клинической физиологии и функциональной диагностики ФНКЦ ФМБА России, заместитель руководителя диагностической службы ФГБУЗ «Клиническая больница № 85» ФМБА России, ELibrary SPIN:6093–0782, <https://orcid.org/0000-0002-8203-5121>

Носенко Наталья Сергеевна — канд. мед. наук, доцент кафедры рентгенологии и ультразвуковой диагностики ФНКЦ ФМБА России, руководитель центра ультразвуковых и функциональных методов исследований ФГБУ ФНКЦ ФМБА России, <https://orcid.org/0000-0001-7071-3741>

Сотникова Анна Геннадиевна — канд. мед. наук, заведующая пульмонологическим отделением ФНКЦ ФМБА России

Дьячкова Елизавета Олеговна — врач-пульмонолог ФНКЦ ФМБА России

Дивакова Татьяна Ильинична — врач-пульмонолог ФНКЦ ФМБА России

Баженова-Бессонова Юлия Александровна — заведующая отделением функциональной диагностики ФГБУЗ «Клиническая больница № 85» ФМБА России

Маничев Игорь Александрович — канд. физ.-мат. наук, руководитель ООО «Белинтелмед»

Information about the authors

Anna I. Mikhailovicheva — specialist of functional diagnostics department of Department of Functional and Ultrasound Diagnostics Academy of Postgraduate Education under Federal Scientific Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology FMBA of Russia, ELibrary SPIN: 1503-1221

Vladimir V. Smirnov — Dr of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Therapy of the Academy of Postgraduate Education Academy of Postgraduate Education under Federal Scientific Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology FMBA of Russia.

Petr V. Struchkov — Dr of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics of the Academy of Postgraduate Education under Federal Scientific Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology FMBA of Russia, Deputy Head of Diagnostic Department Clinical Hospital No.85 of FMBA of Russia, Electronic library SPIN: 6093–0782. <http://orcid.org/0000000282035121>

Natalia S. Nosenko — Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Functional and Ultrasound Diagnostics Federal Scientific Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology FMBA of Russia, Associate Professor of the Department of Radiology and Ultrasound Diagnostics Academy of Postgraduate Education under Federal Scientific Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology FMBA of Russia, <http://orcid.org/0000-0001-7071-3741>

Anna G. Sotnikova — Cand. of Sci. (Med.), Head of Pulmonology Department Federal Scientific Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology FMBA of Russia.

Elizaveta O. Dyachkova — pulmonologist Federal Scientific Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology FMBA of Russia

Tatiana I. Divakova — pulmonologist Federal Scientific Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technology FMBA of Russia

Yulia A. Bazhenova-Bessonova — Head of the department of functional diagnostics Clinical Hospital No.85 of FMBA of Russia

Igor A. Manichev — Cand. of Sci. (Fiz.-Mat.), Head of Belintelmed LLC