

КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

УДК 616.248-008:612.233

DOI 10.34014/2227-1848-2026-1-31-40

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ И КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКЦИИ ОКИСИ УГЛЕРОДА В ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ У НЕКУРЯЩИХ БОЛЬНЫХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ

В.В. Гноевых¹, А.Ю. Смирнова¹, Е.А. Земсков¹, Н.Г. Чернова¹,
М.В. Крестьянинов¹, Ю.Б. Келин²

¹ ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Россия;

² ГУЗ «Центральная клиническая медико-санитарная часть имени заслуженного врача России
В.А. Егорова», г. Ульяновск, Россия

Согласно рекомендациям экспертов GINA (2006–2011 гг.) содержание окиси углерода в выдыхаемом воздухе (FeCO) у больных бронхиальной астмой (БА) рассматривалось в качестве одного из возможных маркеров воспаления дыхательных путей.

Цель. Оценка клинической и функциональной значимости определения фракции окиси углерода в выдыхаемом воздухе у некурящих больных БА.

Материалы и методы. Было обследовано 77 некурящих больных БА. В зависимости от концентрации окиси углерода в выдыхаемом воздухе пациентов разделили на основную (ОГ, FeCO \geq 4 ppm) и контрольную (КГ, FeCO $<$ 4 ppm) группы. Группу сравнения (ГС) составили 35 здоровых некурящих лиц. С помощью Asthma Control Scoring System были проанализированы степень тяжести БА, состояние легочной вентиляции и оксигенации крови, выраженность эозинофилии стимулированной мокроты и различные виды контроля БА (функциональный, клинический, патофизиологический и обций), а также оценивался уровень контроля заболевания.

Результаты. Более высокое содержание окиси углерода в выдыхаемом воздухе у некурящих больных бронхиальной астмой ассоциировалось с ухудшением легочной вентиляции, снижением оксигенации крови и уровня контроля астмы в сочетании с более тяжелым течением заболевания. Выявлено снижение патофизиологического контроля БА и степень эозинофилии индуцированной мокроты в основной и контрольной группах статистически значимо не различались.

Ключевые слова: окись углерода в выдыхаемом воздухе, некурящие больные бронхиальной астмой, оксигенация крови, клинический, функциональный, патофизиологический и обций контроль бронхиальной астмы.

Введение. Согласно данным литературы у больных бронхиальной астмой (БА) в альвеолярных макрофагах повышена экспрессия изоформы фермента гемоксигеназы, под воздействием которого происходит распад гемоглобина с образованием эндогенной окиси углерода [1, 2]. При этом повышается уровень окиси углерода в выдыхаемом воздухе [1–5]. В связи с этим эксперты GINA в 2006–2011 гг.

предлагали в качестве неинвазивного маркера воспаления дыхательных путей у некурящих больных БА использовать не только концентрацию окиси азота в выдыхаемом воздухе (FeNO), но и содержание окиси углерода (FeCO [6, 7]. В настоящее время общепринятым методом оценки интенсивности воспаления дыхательных путей является определение FeNO [8–10].

В 2010 г. были опубликованы итоги мета-анализа клинического значения уровня выдыхаемой окиси углерода у больных бронхиальной астмой [11]. Авторы изучили результаты 644 работ, опубликованных в базах Medline, Embase, Cochrane. Далее было отобрано 18 оригинальных исследований, в 11 из которых проводилось сравнение уровня FeCO у больных БА и здоровых лиц, в 3 изучалось влияние стероидной терапии на уровень окиси углерода в выдыхаемом воздухе и в 4 были затронуты обе клинические проблемы. Были продемонстрированы:

- достоверно более высокий уровень FeCO у больных БА по сравнению со здоровыми лицами (среднее различие – 1,25 ppm с 95 % доверительным интервалом 0,92–1,58);

- достоверно более высокая концентрация FeCO у больных, как получавших (среднее различие – 0,79 ppm с 95 % доверительным интервалом 0,35–1,23), так и не получавших стероиды (среднее различие – 1,39 ppm с 95 % доверительным интервалом 0,82–1,95), по сравнению со здоровыми; при этом у пациентов, получавших стероиды, была выявлена тенденция к более низкому уровню окиси углерода в выдыхаемом воздухе по сравнению с больными БА, не получавшими стероиды ($p > 0,05$);

- достоверно более высокое содержание FeCO у лиц с легкой, среднетяжелой и тяжелой персистирующей БА в отличие от больных интермиттирующей бронхиальной астмой;

- достоверный положительный эффект применения стероидов (среднее снижение FeCO – 1,95 ppm с 95 % доверительным интервалом 0,53–3,43).

Результаты указанного метаанализа, а также результаты других исследований [12] позволили в качестве разделительного признака у некурящих больных бронхиальной астмой выбрать фракцию CO в выдыхаемом воздухе [13–16].

Цель исследования. Оценка клинической и функциональной значимости определения фракции окиси углерода в выдыхаемом воздухе у некурящих больных БА.

Материалы и методы. Обследовано 77 некурящих больных БА. Диагностику и ле-

чение заболевания проводили согласно общепринятым российским клиническим рекомендациям [8].

Критериями исключения из исследования являлись обострение бронхиальной астмы с необходимостью госпитализации, пневмония, ОРВИ, бронхоэктатическая болезнь, хроническая обструктивная болезнь легких, острый и хронический бронхит, приобретенные и врожденные пороки сердца, сахарный диабет с нецелевыми уровнями глюкозы и гликированного гемоглобина, артериальная гипертония с некорригированным уровнем артериального давления, миокардит, гемодинамически значимые аритмии.

У всех участников измерялось содержание окиси углерода в выдыхаемом воздухе с помощью газоанализатора Micro CO-monitor (Великобритания). После умеренного вдоха и 10-секундной задержки дыхания пациент с постоянной скоростью (5–6 л/мин) за 20–30 с (для стандартизации уровня выдыхаемого потока и минимизации влияния потока на конечную концентрацию выдыхаемого CO) производил выдох через анализатор прибора.

В зависимости от концентрации окиси углерода в выдыхаемом воздухе пациентов разделили на основную (ОГ, FeCO \geq 4 ppm, n=31) и контрольную (КГ, FeCO $<$ 4 ppm, n=46) группы. Группу сравнения (ГС) составили 35 здоровых некурящих лиц.

Были проанализированы степень тяжести БА, состояние легочной вентиляции, оксигенация крови, оцененная с помощью транскутанной двухволновой пульсоксиметрии (Spirodos SpO₂, Италия), и выраженность эозинофилии стимулированной мокроты. Кроме того, тремя независимыми методами: согласно критериям GINA, с помощью Asthma Control Test [17–19] и Asthma Control Scoring System (ACSS) [20] – определялся уровень контроля заболевания.

Исследование проводилось в соответствии с принципами международной этики и положениями Хельсинкской декларации об этических принципах медицинских исследований, утвержденной Всемирной медицинской ассоциацией.

Для статистического анализа применяли сертифицированную программу StatTech (версия 4.1.7, ООО «Статтех», Россия). Тип распределения количественных признаков оценивали с помощью критерия Шапиро – Уилка. При нормальном распределении количественные признаки представляли в виде среднего значения со стандартным отклонением – М (SD), в остальных случаях – в виде медианы (Me) с квартилями [IQR]. Категориальные признаки описывали с помощью расчета процентных долей.

Для сравнения 2 групп по количественным показателям с нормальным распределением применяли Т-тест, для групп с распределением, отличным от нормального, – U-критерий Манна – Уитни. Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия χ^2 Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10) или точного критерия Фишера (при значениях ожидаемого явления менее 10).

Результаты и обсуждение. По возрасту и индексу массы тела группы были сопоставимы. Минимальное значение FeCO во всей выборке больных бронхиальной астмой составило 2 ppm, максимальное – 5 ppm, медиана равнялась 3,00 [3,00; 4,00] ppm. Медианные значения FeCO в контрольной (3,00 [2,00; 3,00] ppm) и основной (4,00 [4,00; 5,00] ppm) группах были достоверно выше, чем у здоровых лиц из группы сравнения (2,00 [1,00; 3,00] ppm), что согласуется с результатами приведенного выше метаанализа.

Легкое персистирующее течение БА было выявлено у 63,6 % пациентов, персистирующее течение БА средней степени тяжести – у 35,1 %, тяжелое персистирующее течение БА – у 1,3 % больных обследованной выборки.

Подробная клинико-функциональная характеристика основной, контрольной групп и группы сравнения представлена в табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Функциональные и клинические показатели в изученных группах
Functional and clinical parameters in the study groups

Показатель Parameter	КГ (FeCO<4 ppm), n=46 Control group (FeCO<4 ppm), n=46	ОГ (FeCO≥4 ppm), n=31 Main group (FeCO≥4 ppm), n=31	ГС, n=35 Comparison group, n=35	p
Возраст, лет Age, years	18,0 [18,0; 22,0]	20,0 [19,0; 22,0]	20,0 [20,0; 21,1]	>0,05
ИМТ, кг/м ² BMI, kg/m ²	21,7 [19,9; 22,7]	22,2 [19,7; 26,7]	20,9 [20,1; 23,3]	0,167
FeCO, ppm	3,00 [2,00; 3,00]	4,00 [4,00; 5,00]*	2,00 [1,00; 3,00]	<0,001
HbCO, %	0,48 [0,32; 0,48]**	0,64 [0,64; 0,80]*	0,32 [0,16; 0,38]	<0,001
ЭИМ, % ISEC, %	3,00 [2,00; 4,00]	2,00 [1,75; 7,40]	-	0,855
Состояние легочной вентиляции по данным спирометрии Spirometry lung function parameters				
ЖЕЛ, % VC, %	96,02 (14,14)	87,96 (19,84)*	103,7 (12,42)	0,053
ФЖЕЛ, % FVC, %	92,48 (16,39)	77,11 (21,58)*	100,20 (9,70)	0,001
ОФВ₁, % FEV₁, %	94,07 (18,21)	78,15 (21,42)*	101,40 (12,51)	0,001

Распространенность ОФВ ₁ ≤60 %, (%) FEV ₁ ≤60 % frequency, %	2,2 %	22,2 %	-	0,013
ОФВ ₁ /ЖЕЛ, % FEV ₁ /VC, %	84,50 [76,66; 88,79]	73,94 [69,16; 83,87]	86,00 [79,20; 88,70]	0,007
ПСВ, % PEF, %	80,00 [68,00; 92,00]	72,50 [52,75; 92,00]*	88,00 [75,00; 92,00]	0,188
МОС ₂₅₋₇₅ , % FEF ₂₅₋₇₅ , %	90,0 [66,0; 116,0]	57,0 [50,0; 72,0]*	107,0 [93,0; 125,0]	0,124
Состояние оксигенации крови по данным транскутанной двухволновой пульсоксиметрии Oxygenation status by pulse oximetry				
SpO ₂ сред, % SpO ₂ mean, %	97,68 [96,52; 98,52]**	97,20 [95,28; 97,36]*	99,71 [97,57; 98,86]	< 0,001
SpO ₂ макс, % SpO ₂ max, %	98,52 [98,52; 98,68]	97,36 [97,20; 98,28]*	98,71 [98,57; 98,86]	< 0,001
SpO ₂ мин, % SpO ₂ min, %	95,52 [94,52; 96,68]	94,36 [93,70; 95,36]	94,42 [92,71; 96,86]	< 0,001
Распространенность SpO ₂ ≤95 %, % SpO ₂ ≤95 % frequency, %	2,2	22,6	-	0,007
Тяжесть течения бронхиальной астмы Asthma severity				
ЛПБА, % МА, %	82,6	35,5	-	<0,001
СПБА, % МоА, %	17,4	61,3	-	<0,001
ТПБА, % СА, %	0	3,2	-	0,403

Примечание. * – $p < 0,05$ при сравнении параметров ОГ с ГС; ** – $p < 0,05$ при сравнении параметров КГ с ГС; ИМТ – индекс массы тела; FeCO – экспираторный уровень окиси углерода; HbCO – карбоксигемоглобин; ЭИМ – эозинофилы в индуцированной мокроте; ЖЕЛ – жизненная емкость легких; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ – объем форсированного выдоха за 1 с; ПСВ – пиковая скорость выдоха; МОС₂₅₋₇₅ – мгновенные объемные скорости (25 и 75 % ФЖЕЛ); SpO₂ – сатурация кислорода; ЛПБА, СПБА, ТПБА – легкая, среднетяжелая и тяжелая персистирующая бронхиальная астма.

Note. * – the differences are significant when comparing the parameters between the main group and the comparison group ($p < 0,05$); ** – the differences are significant when comparing the parameters between the comparison group and the control group ($p < 0,05$); BMI – body mass index; FeCO – fractional exhaled carbon monoxide; HbCO – carboxyhemoglobin; ISEC – induced sputum eosinophils count; VC – vital capacity; FVC – forced vital capacity; FEV₁ – forced expiratory volume in 1 second; PEF – peak expiratory flow; FEF₂₅₋₇₅ – forced expiratory flow (25-75 % of FVC); SpO₂ – oxygen saturation; MA, MoA, SA – mild, moderate, and severe persistent asthma.

Анализ среднего, минимального и максимального уровней SpO₂ (с коррекцией на карбоксигемоглобин) не выявил снижения оксигенации крови ниже физиологической нормы (95 %) ни в контрольной, ни в основной группах.

Однако при этом среднее насыщение гемоглобина кислородом в группе сравнения составило 99,71 [97,57; 98,86] %, достоверно

превысив уровень SpO₂ как в контрольной (97,68 [96,52; 98,52] %), так и в основной (97,20 [95,28; 97,36] %) группах. В ОГ оксигенация крови была достоверно ниже, чем в КГ.

Распространенность снижения SpO₂ до уровня менее 95 % в основной группе составила 22,6 %, а в контрольной – лишь 2,2 %. Таким образом, усиление эндогенной выработки

оксида углерода при потере или снижении контроля над заболеванием у некурящих больных БА достоверно ухудшает не только легочную вентиляцию, но и оксигенацию крови.

Выраженность эозинофилии мокроты в основной и контрольной группах не различалась ($p=0,855$).

Уровни клинического и функционального контроля БА в ОГ были снижены до 50 % и 40 % соответственно, а в КГ – лишь до 89,5 % и 90 % от максимально возможных значений ($p=0,001$). При этом степень патофизиологи-

ческого контроля в указанных группах не различалась. Симптомы неконтролируемой БА по опроснику GINA значительно преобладали у больных основной группы ($p<0,001$). При этом значение Asthma Control Test менее 20 баллов было выявлено у 93,5 % больных ОГ и лишь у 15,2 % пациентов КГ. Подробная сравнительная характеристика больных бронхиальной астмой основной и контрольной групп в зависимости от трех независимых методов оценки контроля заболевания представлена в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Клиническая характеристика выборки больных бронхиальной астмой в зависимости от степени контроля заболевания

Clinical characteristics of the asthma patients by level of disease control

Показатель Parameter	КГ (FeCO ₂ <4 ppm), n=46 Control group (FeCO ₂ <4 ppm), n=46	ОГ (FeCO ₂ ≥4 ppm), n=31 Main group (FeCO ₂ ≥4 ppm), n=31	p
Степень контроля БА согласно Asthma Control Scoring System Asthma control level according to the Asthma Control Scoring System (ACSS)			
Шкала клинического контроля, % Clinical ACSS score, %	89,50 [83,75; 96,25]	50,00 [42,50; 62,50]	<0,001
Шкала функционального контроля, % Functional ACSS score, %	90,00 [80,00; 92,00]	40,00 [30,00; 60,00]	0,001
Шкала патофизиологического контроля, % Pathophysiological ACSS score, %	60,00 [60,00; 80,00]	80,00 [40,00; 100,00]	0,917
Общая шкала контроля, % Total ACSS score, %	77,86 (11,80)	54,40 (18,76)	0,001
Степень контроля БА согласно рекомендациям GINA Asthma control level according to GINA guidelines			
Неконтролируемая БА, % Uncontrolled asthma, %	4,4	80,7	<0,001
Частично контролируемая БА, % Partly controlled asthma, %	141,3	16,1	0,019
Контролируемая БА, % Well-controlled asthma, %	54,3	3,2	<0,001
Степень контроля согласно Asthma Control Test Asthma control level according to the Asthma Control Test (ACT)			
Средний балл по АСТ ACT mean score	0,75	1,04	<0,001
20–24 балла, % 20–24 points, %	85,7	6,5	<0,001
<20 баллов, % <20 points, %	15,2	93,5	<0,001

Сопоставление в КГ и ОГ уровней клинического, функционального, патофизиологического и общего контроля БА по ACSS со степенями контроля астмы по GINA и с результатами Asthma Control Test выявило существенное снижение контроля БА даже при небольшом увеличении эндогенной выработки окиси углерода. Значительно ухудшились все виды контроля БА (клинический, общий и функциональный) за исключением патофизиологического, который в равной степени снизился, как в контрольной, так и в основной группах.

Заключение. По нашим данным, более высокий уровень FeCO у некурящих больных БА ассоциирован с ухудшением легочной вентилиации, снижением оксигенации крови и сте-

пени контроля астмы в сочетании с более тяжелым течением заболевания. Выраженность снижения патофизиологического контроля бронхиальной астмы и уровень эозинофилии индуцированной мокроты в основной и контрольной группах достоверно не различались. Следует отметить, что исследование связи уровня FeCO с состоянием оксигенации крови и различными видами контроля у некурящих больных БА проведено впервые.

К ограничениям исследования следует отнести то, что сравнение уровней окиси углерода до и на фоне применения глюкокортикостероидов не проводилось, так как пациенты уже получали данный вид лечения. Также не проводилось сравнение уровней FeCO и FeNO.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн исследования: Гноевых В.В., Смирнова А.Ю.

Литературный поиск, участие в исследовании, обработка материала: Гноевых В.В.,

Смирнова А.Ю., Чернова Н.Г., Земсков Е.А., Крестьянинов М.В., Келин Ю.Б.

Статистическая обработка данных: Гноевых В.В., Смирнова А.Ю.

Анализ и интерпретация данных: Гноевых В.В., Смирнова А.Ю.

Написание и редактирование текста: Гноевых В.В., Крестьянинов М.В.

Литература

1. *Horvath I., Donnelly L.E., Kiss A., Paredi P., Kharitonov S.A., Barnes P.J.* Raised levels of exhaled carbon monoxide are associated with an increased expression of heme oxygenase-1 in airway macrophages in asthma: a new marker of oxidative stress. *Thorax*. 1998; 53 (8): 668–672. DOI: 10.1136/thx.53.8.668.
2. *Harju T., Soini Y., Paakko R., Kinnula V.L.* Up-regulation of heme oxygenase-I in alveolar macrophages of newly diagnosed asthmatics. *Respir Med*. 2002; 96 (6): 418–423.
3. *Kharitonov S.A., Yates D., Robbins R.A., Logan-Sinclair R., Shinebourne E.A., Barnes P.J.* Increased nitric oxide in exhaled air of asthmatic patients. *Lancet*. 1994; 343 (8890): 133–135.
4. *Persson M.G., Zetterstrom O., Agrenius V., Ihre E., Gustafsson L.E.* Single-breath nitric oxide measurements in asthmatic patients and smokers. *Lancet*. 1994; 343 (8890): 146–147.
5. *Habib S.S.* Elevated exhaled nitric oxide (NO) in asymptomatic asthmatics taking bronchodilators on demand with controlled body composition. *J Pak Med Assoc*. 2009; 59 (3): 147–150.
6. GINA. Global Initiative for Asthma; 2011. URL: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2019/01/2011-GINA.pdf> (дата обращения: 21.01.2025).
7. *Deveci S., Erhan, Deveci Figen, Açik Yasemin, Ozan A. Tefvik.* The measurement of exhaled carbon monoxide in healthy smokers and non-smokers. *Respiratory Medicine*. 2004; 98: 551–556.
8. Клинические рекомендации. Бронхиальная астма; 2021. URL: https://spulmo.ru/upload/kr/BA_2021.pdf?ysclid=m66s4nkje8187932391 (дата обращения: 21.01.2025)
9. Global Strategy for Asthma Management and Prevention; 2024. URL: <https://www.guidelinecentral.com/guideline/41774/#section-anchor-2776274> (дата обращения: 21.01.2025).
10. *Kharitonov S.A., Barnes P.* Exhaled markers of pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2001; 163 (7): 1693–1722.
11. *Jingying Zhang, Xin Yao, Rongbin Yu, Jianling Bai, Yun Sun, Mao Huang, Ian M. Adcock, Peter J. Barnes.* Exhaled carbon monoxide in asthmatics: a meta-analysis. *Respir Res*. 2010; 11 (1): 50. DOI: 10.1186/1465-9921-11-50.

12. Middleton E.T., Morice A.H. Breath carbon monoxide as an indication of smoking habit. *Chest*. 2000; 117 (3): 758–763.
13. Sato S., Nishimura K., Koyama H., Tsukino M., Oga T., Hajiro T., Mishima M. Optimal Cutoff Level of Breath Carbon Monoxide for Assessing Smoking Status in Patients with Asthma and COPD. *Chest*. 2003; 124 (5): 1749–1754.
14. Khatri S.B., Ozkan M., McCarthy K., Laskowski D., Hammel J., Dweik R.A., Erzurum S.C. Alterations in exhaled gas profile during allergen-induced asthmatic response. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2001; 164 (10 Pt 1): 1844–1848.
15. Yamaya M., Hosoda M., Ishizuka S., Monma M., Matsui T., Suzuki T., Sekizawa K., Sasaki H. Relation between exhaled carbon monoxide levels and clinical severity of asthma. *Clinical and Experimental Allergy*. 2001; 31 (3): 417–422.
16. Nathan R.A., Sorkness C.A., Kosinski M. Development of the asthma control test: a survey for assessing asthma control. *J Allergy Clin Immunol*. 2004; 113: 59–65.
17. Juniper E.F., Bousquet J., Abetz L. Identifying “well-controlled” and “not well-controlled” asthma using the Asthma Control Questionnaire. *Respir Med*. 2006; 100: 616–621.
18. Khalili B., Boggs P.B., Shi R. Discrepancy between clinical asthma control assessment tools and fractional exhaled nitric oxide. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2008; 101: 124–129.
19. Xavier Soler, Janet T. Holbrook, Lynn B. Gerald, Cristine E. Berry, Joy Saams, Robert J. Henderson, Elizabeth Sugar, Robert A. Wise, Joe W. Ramsdell. Validity of the Asthma Control Test Questionnaire Among Smoking Asthmatics. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*. 2018; 6 (1): 151–158.
20. LeBlanc A., Robichaud P., Lacasse Y., Boulet L.P. Quantification of asthma control: Validation of the Asthma Control Scoring System. *Allergy*. 2007; 62 (2): 120–125. DOI: 10.1111/j.1398-9995.2006.01194.x.

Поступила в редакцию 22.11.2025; принята 31.01.2026.

Авторский коллектив

Гноевых Валерий Викторович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: valvik@inbox.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-0557>.

Смирнова Анна Юрьевна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: arximed4@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8175-5867>.

Земсков Евгений Анатольевич – ассистент кафедры пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: sauro@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-2176-8169>.

Чернова Надежда Георгиевна – старший преподаватель кафедры пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: chernovanadezhda@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1781-6968>.

Крестьянинов Максим Вячеславович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». 432017, Россия, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, 42; e-mail: sgd44rf@yahoo.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3616-7246>.

Келин Юрий Борисович – главный врач, ГУЗ «Центральная клиническая медико-санитарная часть имени заслуженного врача России В.А. Егорова». 432008, г. Ульяновск, ул. Лихачева, 12; e-mail: ckmsch@mz73.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-6283-819X>.

Образец цитирования

Гноевых В.В., Смирнова А.Ю., Земсков Е.А., Чернова Н.Г., Крестьянинов М.В., Келин Ю.Б. Функциональное и клиническое значение определения фракции окиси углерода в выдыхаемом воздухе у некурящих больных бронхиальной астмой. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2026; 1: 31–40. DOI: 10.34014/2227-1848-2026-1-31-40.

FUNCTIONAL AND CLINICAL SIGNIFICANCE OF MEASURING EXHALED CARBON MONOXIDE CONCENTRATION IN NON-SMOKING ASTHMA PATIENTS

V.V. Gnoevykh ¹, A.Yu. Smirnova ¹, E.A. Zemskov ¹, N.G. Chernova ¹,
M.V. Krest'yaninov ¹, Yu.B. Kelin ²

¹ Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russia;

² Central Clinical Medical and Sanitary Unit named after Honored Doctor of Russia V.A. Egorov, Ulyanovsk, Russia

Peritoneal dissemination is one of the most frequent metastatic pattern of advanced gastric cancer. According to the GINA expert guidelines (2006–2011), the fraction of exhaled carbon monoxide (FeCO) in patients with asthma was considered a potential marker of airway inflammation.

Objective. The aim of the study is to assess the clinical and functional value of measuring exhaled carbon monoxide levels in non-smoking asthma patients.

Materials and Methods. The study included 77 non-smoking patients with asthma. Based on the concentration of exhaled carbon monoxide (FeCO), patients were divided into the main group (MG FeCO \geq 4 ppm) and the control group (CG; FeCO $<$ 4 ppm). The comparison group (CG) consisted of 35 healthy non-smokers. Using the Asthma Control Scoring System (ACSS), we analyzed asthma severity, pulmonary ventilation, and blood oxygenation status. The severity of induced sputum eosinophilia and various types of asthma control (functional, clinical, pathophysiological, and total) were also evaluated, along with the overall level of disease control.

Results. Higher levels of exhaled carbon monoxide in non-smoking asthma patients were associated with impaired pulmonary ventilation, decreased blood oxygenation, reduced asthma control, and increased disease severity. No statistically significant differences were observed between the main and control groups regarding the reduction in pathophysiological asthma control or the severity of induced sputum eosinophilia.

Key words: exhaled carbon monoxide; non-smoking asthma patients; blood oxygenation; clinical, functional, pathophysiological, and total asthma control.

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

Author contributions

Research concept and design: Gnoevykh V.V., Smirnova A.Yu.

Literature search, participation in the study, data processing: Gnoevykh V.V.,

Smirnova A.Yu., Chernova N.G., Zemskov E.A., Krest'yaninov M.V., Kelin Yu.B.

Statistical data processing: Gnoevykh V.V., Smirnova A.Yu.

Data analysis and interpretation: Gnoevykh V.V., Smirnova A.Yu.

Text writing and editing: Gnoevykh V.V., Krest'yaninov M.V.

References

1. Horvath I., Donnelly L.E., Kiss A., Paredi P., Kharitonov S.A., Barnes P.J. Raised levels of exhaled carbon monoxide are associated with an increased expression of heme oxygenase-1 in airway macrophages in asthma: a new marker of oxidative stress. *Thorax*. 1998; 53 (8): 668–672. DOI: 10.1136/thx.53.8.668.
2. Harju T., Soini Y., Paakko R., Kinnula V.L. Up-regulation of heme oxygenase-I in alveolar macrophages of newly diagnosed asthmatics. *Respir Med*. 2002; 96 (6): 418–423.
3. Kharitonov S.A., Yates D., Robbins R.A., Logan-Sinclair R., Shinebourne E.A., Barnes P.J. Increased nitric oxide in exhaled air of asthmatic patients. *Lancet*. 1994; 343 (8890): 133–135.
4. Persson M.G., Zetterstrom O., Agrenius V., Ihre E., Gustafsson L.E. Single-breath nitric oxide measurements in asthmatic patients and smokers. *Lancet*. 1994; 343 (8890): 146–147.
5. Habib S.S. Elevated exhaled nitric oxide (NO) in asymptomatic asthmatics taking bronchodilators on demand with controlled body composition. *J Pak Med Assoc*. 2009; 59 (3): 147–150.

6. GINA. *Global Initiative for Asthma*; 2011. Available at: <https://ginasthma.org/wp-content/uploads/2019/01/2011-GINA.pdf> (accessed: January 21, 2025).
7. Deveci S. Erhan, Deveci Figen, Açık Yasemin, Ozan A. Tevfik. The measurement of exhaled carbon monoxide in healthy smokers and non-smokers. *Respiratory Medicine*. 2004; 98: 551–556.
8. *Clinical guidelines. Bronchial asthma*; 2021. Available at: https://spulmo.ru/upload/kr/BA_2021.pdf?ysclid=m66s4nkje8187932391 (accessed: January 21, 2025) (in Russian).
9. *Global Strategy for Asthma Management and Prevention*; 2024. Available at: <https://www.guidelinecentral.com/guideline/41774/#section-anchor-2776274> (accessed: January 21, 2025).
10. Kharitonov S.A., Barnes P. Exhaled markers of pulmonary disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2001; 163 (7): 1693–1722.
11. Jingying Zhang, Xin Yao, Rongbin Yu, Jianling Bai, Yun Sun, Mao Huang, Ian M. Adcock, Peter J. Barnes. Exhaled carbon monoxide in asthmatics: a meta-analysis. *Respir Res*. 2010; 11 (1): 50. DOI: 10.1186/1465-9921-11-50.
12. Middleton E.T., Morice A.H. Breath carbon monoxide as an indication of smoking habit. *Chest*. 2000; 117 (3): 758–763.
13. Sato S., Nishimura K., Koyama H., Tsukino M., Oga T., Hajiro T., Mishima M. Optimal Cutoff Level of Breath Carbon Monoxide for Assessing Smoking Status in Patients with Asthma and COPD. *Chest*. 2003; 124 (5): 1749–1754.
14. Khatri S.B., Ozkan M., McCarthy K., Laskowski D., Hammel J., Dweik R.A., Erzurum S.C. Alterations in exhaled gas profile during allergen-induced asthmatic response. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2001; 164 (10 Pt 1): 1844–1848.
15. Yamaya M., Hosoda M., Ishizuka S., Monma M., Matsui T., Suzuki T., Sekizawa K., Sasaki H. Relation between exhaled carbon monoxide levels and clinical severity of asthma. *Clinical and Experimental Allergy*. 2001; 31 (3): 417–422.
16. Nathan R.A., Sorkness C.A., Kosinski M. Development of the asthma control test: a survey for assessing asthma control. *J Allergy Clin Immunol*. 2004; 113: 59–65.
17. Juniper E.F., Bousquet J., Abetz L. Identifying “well-controlled” and “not well-controlled” asthma using the Asthma Control Questionnaire. *Respir Med*. 2006; 100: 616–621.
18. Khalili B., Boggs P.B., Shi R. Discrepancy between clinical asthma control assessment tools and fractional exhaled nitric oxide. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2008; 101: 124–129.
19. Xavier Soler, Janet T. Holbrook, Lynn B. Gerald, Cristine E. Berry, Joy Saams, Robert J. Henderson, Elizabeth Sugar, Robert A. Wise, Joe W. Ramsdell. Validity of the Asthma Control Test Questionnaire Among Smoking Asthmatics. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*. 2018; 6 (1): 151–158.
20. LeBlanc A., Robichaud P., Lacasse Y., Boulet L.P. Quantification of asthma control: Validation of the Asthma Control Scoring System. *Allergy*. 2007; 62 (2): 120–125. DOI: 10.1111/j.1398-9995.2006.01194.x.

Received November 22, 2025; accepted January 31, 2026.

Information about the authors

Gnoevykh Valeriy Viktorovich, Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Head of the Chair of Internal Disease Propaedeutics, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: valvik@inbox.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-0557>.

Smirnova Anna Yurevna, Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Internal Disease Propaedeutics, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: arximed4@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8175-5867>.

Zemskov Evgeniy Anatolevich, Teaching Assistant, Chair of Internal Disease Propaedeutics, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: cauro@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-2176-8169>.

Chernova Nadezhda Georgiyevna, Senior Lecturer, Chair of Internal Disease Propaedeutics, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: chernovanadezhda@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1781-6968>.

Krest'yaninov Maksim Vyacheslavovich, Candidate of Sciences (Medicine), Associate Professor, Chair of Internal Disease Propaedeutics, Ulyanovsk State University. 432017, Russia, Ulyanovsk, L. Tolstoy St., 42; e-mail: sdg44rf@yahoo.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3616-7246>.

Kelin Yuriy Borisovich, Chief Physician, Central Clinical Medical and Sanitary Unit named after Honored Doctor of Russia V.A. Egorov. 432008, Russia, Ulyanovsk, Likhacheva St., 12; e-mail: ckmsch@mz73.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-6283-819X>.

For citation

Gnoevykh V.V., Smirnova A.Yu., Zemskov E.A., Chernova N.G., Krest'yaninov M.V., Kelin Yu.B. Funktsional'noye i klinicheskoye znachenie opredeleniya fraktsii okisi ugleroda v vydykhaemom vozdukh'e u nekuryashchikh bol'nykh bronkhial'noy astmoy [Functional and clinical significance of measuring exhaled carbon monoxide concentration in non-smoking asthma patients]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal*. 2026; 1: 31–40. DOI: 10.34014/2227-1848-2026-1-31-40 (in Russian).