

УДК 616.24-007.271-036.12:613.84+546.26+546.172.6-31

ВЛИЯНИЕ КУРЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ОКИСИ УГЛЕРОДА И ОКСИДА АЗОТА В ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ

Моногарова Надежда Егоровна^{AD}, доктор медицинских наук, зав. кафедрой факультетской терапии им. А.Я. Губергрица. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации. ORCID: 0009-0004-3634-6895. Email: monogarowa.nadezhda@yandex.ru

Бородий Ксения Николаевна^{ACD}, кандидат медицинских наук, доцент кафедры факультетской терапии им. А.Я. Губергрица. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации. ORCID: 0000-0001-5585-1572. Email: ksunka0101@yandex.ru

Шалаева Ирина Владимировна^{BC}, кандидат медицинских наук, доцент кафедры факультетской терапии им. А.Я. Губергрица. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации. ORCID: 0009-0004-9937-1246. Email: irshala@yandex.com

Семендяева Елена Васильевна^{BC}, кандидат медицинских наук, доцент кафедры факультетской терапии им. А.Я. Губергрица. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Email: olena.var@gmail.com

Вклад авторов:

A-Дизайн исследования, изучение проблемы

B-Математическая и статистическая обработка полученных данных

C-Сбор клинично-anamnestических данных, проведение исследований

D-Подготовка, создание и оформление рукописи

EFFECT OF SMOKING ON EXHALED CARBON MONOXIDE AND NITRIC OXIDE IN PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

Monogarova Nadezhda Yegorovna^{AD}, Doctor of Medical Sciences, Head. Department of Faculty Therapy named after A.Y. Gubergritsa. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Donetsk State Medical University named after M. Gorky" of the Ministry of Health of the Russian Federation. ORCID: 0009-0004-3634-6895. Email: monogarowa.nadezhda@yandex.ru

Borodiy Ksenia Nikolaevna^{ACD}, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Faculty Therapy named after A.Y. Gubergritsa. Federal State Budgetary Educational

Institution of Higher Education "Donetsk State Medical University named after M. Gorky" of the Ministry of Health of the Russian Federation. ORCID: 0000-0001-5585-1572. Email: ksunka0101@yandex.ru

Shalaeva Irina Vladimirovna^{BC}, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Faculty Therapy named after A.Y. Gubergritsa. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Donetsk State Medical University named after M. Gorky" of the Ministry of Health of the Russian Federation. ORCID: 0009-0004-9937-1246. Email: irshala@yandex.com

Semendyaeva Elena Vasilievna^{BC}, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Faculty Therapy named after A.Y. Gubergritsa. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Donetsk State Medical University named after M. Gorky" of the Ministry of Health of the Russian Federation. Email: olena.var@gmail.com

Authors' contribution:

A-Research design, problem study

B-Mathematical and statistical processing of the obtained data

C-Collecting clinical and anamnestic data, conducting research

D-Preparation, creation and execution of the manuscript

Аннотация. На сегодняшний день точки зрения в отношении влияния курения на показатели выдыхаемого воздуха весьма противоречивы, особенно в отношении обследования больных хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), страдающих табачной зависимостью. В основном сравнительный анализ проводится исследователями исключительно по факту наличия табачной зависимости без учета показателя индекса курения (ИК), как такового, либо сопоставляются данные, полученные при обследовании курящих больных ХОБЛ и здоровых добровольцев.

Цель исследования: оценить изменение концентрации монооксида углерода (СО), монооксида азота (NO) и карбоксигемоглобина (СОHb) в выдыхаемом воздухе у больных с ХОБЛ в зависимости от статуса курения и ИК.

Материал и методы исследования. Обследованы 96 больных ХОБЛ, средний возраст которых составил $54,6 \pm 5,9$ г., длительность течения заболевания – $15 \pm 4,8$ г. 70 пациентов (72,9%), участвовавших в исследовании, страдали от табачной зависимости, при этом ИК ≤ 10 пачка/лет был отмечен у 2,8% из них, 11-20 пачка/лет – у 42,9%, 21-30 пачка/лет – у 40,0% и >30 пачка/лет – у 14,3%. Всем пациентам в рамках комплексного обследования осуществлялось определение СО (ppm) и СОHb (%) в выдыхаемом воздухе с помощью прибора MicroCO (Micro medica, Великобритания) и оценивался уровень оксида азота (NO) с использованием анализатора Niox Mino (Aerocline, Швеция).

Результаты исследования. В ходе анализа полученных данных нами было отмечено увеличение средней концентрации СО в выдыхаемом воздухе у всех курящих пациентов, при этом рост показателя был прямо пропорционален ИК. Аналогичная картина наблюдалась и в отношении уровня СОHb. Концентрация NO в выдыхаемом воздухе, напротив, показала тенденцию к снижению по мере увеличения ИК. Был проведен сравнительный анализ полученных данных в трех группах: I – некурящие больные с ХОБЛ (n=26), II – пациенты с

ХОБЛ, имеющие ИК 11-20 пачка/лет (n=30) и III – пациенты с ХОБЛ с ИК 21-30 пачка/лет (n=28). По показателю сатурации периферической крови достоверные различия по сравнению с группой некурящих выявлены у пациентов с ИК 11-20 пачка/лет и с ИК 21-30 пачка/лет, при этом статистически значимых различий между этими группами курящих пациентов не было. Уровень СО у курящих пациентов независимо от ИК был достоверно выше, чем у некурящих, при этом у больных ХОБЛ с ИК 21-30 пачка/лет он был также достоверно выше, чем у пациентов с ИК 11-20 пачка/лет. Показатель СОHb у курящих пациентов с ХОБЛ также был достоверно выше, чем у некурящих, но при сравнении данных в группе с ИК 11-20 пачка/лет и ИК 21-30 пачка/лет статистически значимых различий обнаружено не было. По показателю NO в выдыхаемом воздухе были отмечены статистически значимые различия при сравнении данных в группе некурящих больных с ХОБЛ с результатами, полученными в группах пациентов с ИК 11-20 пачка/лет и с ИК 21-30 пачка/лет, а также при сравнении данных в этих группах курильщиков между собой.

Выводы. В ходе проведенного исследования было выявлено статистически значимое повышение уровня СО в выдыхаемом воздухе в зависимости от статуса курения и ИК. Определено, что фактор курения у больных ХОБЛ оказывает влияние на уровень NO в выдыхаемом воздухе, обуславливая его достоверное снижение у больных ХОБЛ с ИК >10 пачка/лет по сравнению с показателями у некурящих пациентов с ХОБЛ.

Ключевые слова: оксид азота, оксид углерода, выдыхаемый воздух, курение, хроническая обструктивная болезнь легких.

Abstract. To date, points of view regarding the effect of smoking on the indicators of exhaled air are very contradictory, especially with regard to the examination of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) suffering from tobacco dependence. Basically, a comparative analysis is carried out by researchers solely on the fact of the presence of tobacco dependence, without taking into account the indicator of the smoking index (CI), as such, or the data obtained from the examination of smoking COPD patients and healthy volunteers are compared.

Objective: to evaluate the change in the concentration of carbon monoxide (CO), nitric monoxide (NO) and carboxyhemoglobin (COHb) in the exhaled air of patients with COPD, depending on the status of smoking and CI.

Material and research methods. 96 patients with COPD were examined, the average age of which was 54.6 ± 5.9 years, the duration of the disease was 15 ± 4.8 years. 70 patients (72.9%) who participated in the study suffered from tobacco dependence, while $CI \leq 10$ pack-year was observed in 2.8% of them, 11-20 pack-year in 42.9%, 21-30 pack-year in 40.0% and >30 pack-year in 14.3%. As part of a comprehensive examination, all patients underwent determination of CO (ppm) and COHb (%) in exhaled air using the MicroCO device (Micro medica, UK) and the level of NO was assessed using the Niox Mino analyzer (Aerocline, Sweden).

The results of the study. During the analysis of the obtained data, we noted an increase in the average concentration of CO in the exhaled air in all smoking patients, while the increase in the indicator was directly proportional to the CI. A similar picture was observed with respect to the COHb level. The concentration of NO in the exhaled air, on the contrary, showed a tendency to decrease with increasing CI. A comparative analysis of the obtained data was carried out in three groups: I - non-smoking patients with COPD (n=26), II - patients with COPD with an IC of 11-20 pack-years (n=30) and III – patients with COPD with an IC of 21-30 pack-years (n=28). In terms of peripheral blood saturation, significant differences compared with the group of non-smokers were found in patients with IC 11-20 pack-years and with IC 21-30 pack-years, while there were no statistically

significant differences between these groups of smoking patients. The CO level in smokers, regardless of CI, was significantly higher than in non-smokers, while in COPD patients with CI 21-30 pack-year it was also significantly higher than in patients with CI 11-20 pack-year. The COHb index in smokers with COPD was also significantly higher than in non-smokers, but when comparing data in the group with IC 11-20 pack-years and IC 21-30 pack-years, no statistically significant differences were found. In terms of NO in exhaled air, statistically significant differences were noted when comparing data in the group of non-smoking patients with COPD with the results obtained in groups of patients with IC 11-20 pack-years and with IC 21-30 pack-years, as well as when comparing data in these groups of smokers among themselves.

Conclusions. The study revealed a statistically significant increase in the level of CO in the exhaled air, depending on the status of smoking and CI. It was determined that the smoking factor in COPD patients affects the level of NO in the exhaled air, causing its significant decrease in COPD patients with CI >10 pack-year compared to non-smoking COPD patients.

Key words: nitric oxide, carbon monoxide, exhaled air, smoking, chronic obstructive pulmonary disease.

Введение. В античные времена воздух, наряду с землей, огнем и водой, был определен как одна из важнейших стихий мироздания. Древнегреческий философ Анаксимен, живший в VI в. до н. э., утверждал, что именно воздух является первома́терией и объемлет собой весь мир, будучи источником жизни и дыхания всех живых существ (Hobza, 2020). Долгое время воздух считали простым элементарным веществом, неразрушимым и неизменным. Лишь в VIII в. н. э., стали появляться первые предположения о том, что его основой могут служить химические элементы, которые были открыты только через несколько веков благодаря совместной работе целого ряда ученых.

В начале XVII в. фламандский химик Ян Баптиста ван Гельмонт (*Jan Baptista Van Helmont*) заметил, что газ (от греч. χάος – пустота или нем. *gäsen* – призраки), выделяемый при сжигании древесного угля, такой же, как и при брожении виноградного сока, и назвал его «*spiritus silvestre*» («дикий дух»). В свою очередь шотландский ученый Джозеф Блэк (*Joseph Black*) в 1754 г. получил этот же газ при нагревании карбоната кальция, назвав его «неподвижным воздухом», который впоследствии оказался ничем иным, как углекислый газ (Anderson Robert, 2023). В 1771 г. шведский химик-фармацевт Карл Вильгельм Шееле (*Carl Wilhelm Scheele*) экспериментально изучая состав воздуха, определил, что тот состоит из двух основных газов. Одним из них был «огненный воздух», который, как отметил Шееле, не имеет запаха, вкуса и поддерживает горение свечи лучше, чем воздух в целом (West, 2014). В 1774 г. этот газ в чистом виде получил английский химик Джозеф Пристли (*Joseph Priestley*): нагревая оксид ртути, он выделил «дефлогистированный» воздух. Название «кислород» (*Oxygenium*, франц. *oxigène*, от др.-греч. ὀξύς – кислый, острый и γένος – рождение) появилось уже в 1775 г. благодаря выдающемуся французскому естествоиспытателю, одному из основателей современной химии Антуану-Лорану де Лавуазье (*Antoine-Laurent de Lavoisier*) (West, 2015). В 1779 г. он также дал название «водород» (*Hydrogène* – от др.-греч. ὕδωρ – вода и γεννάω – рождаю) легковоспламеняющемуся веществу, которое произвел в 1766 г. английский химик и физик Генри Кавендиш (*Henry Cavendish*) (Donovan, 2023).

Что касается открытия «вредного воздуха», который мы сейчас называем азотом, оно связано с именами нескольких ученых. В 1756 г. шотландский химик Дэниел Резерфорд (*Daniel Rutherford*), ученик и последователь Джозефа Блэка, впервые получил этот газ. Результаты своих опытов в виде диссертационной работы Резерфорд официально

опубликовал только в 1772 г. В том же году Генри Кавендиш, экспериментируя с воздухом, также получил азот, но описал его как некий мепфитический (от англ. *mephitic* – вредный) воздух, не увидев в нем нового химического элемента. Кавендиш официально не представил данные о проведенных им экспериментах, но сообщил о них в письме своему соотечественнику Джозефу Пристли, который тоже занимался проблемой выделения азота, но будучи ярким приверженцем теории флогистона, неверно интерпретировал полученные им результаты, полагая, что выделил флогистированный воздух (Рулев, 2019). Кроме того, соавтором открытия азота можно по праву считать и Шееле: за несколько месяцев до того, как Резерфорд представил свою диссертацию, он получил азот по методу Кавендиша, но статья о проведенных им экспериментах появилась лишь пять лет спустя (Рулев, 2019; West, 2014). Своим же названием азот (от др.-греч. ἀζωτικός – без жизни) вновь обязан Лавуазье, который в 1787 г. предложил этот термин, так как считал, что он наиболее точно отражает основное свойство этого атмосферного газа – его непригодность для жизни.

К слову, именно Лавуазье первым в истории занялся вплотную вопросом изучения состава выдыхаемого воздуха. Он вместе с известным математиком и физиком Пьером-Симоном де Лапласом (*Pierre-Simon de Laplace*), выполнив анализ дыхания у морских свинок, обнаружил, что содержание кислорода в замкнутом пространстве, в которое были помещены лабораторные животные, уменьшается, а количество диоксида углерода увеличивается. Лавуазье не только провел анализ воздуха, но и осуществил его синтез, смешивая азот с искусственно полученным из оксида ртути кислородом. 13 ноября 1790 г. он представил Академии наук мемуары об исследованиях дыхания, проведенных им на морских свинках и на человеке (Veretta, 2012).

Таким образом, пришел к завершению длительный период, на протяжении которого анализ выдыхаемого воздуха носил сугубо субъективный, описательный характер, и началась новая эра исследований в этой сфере. Количество работ, посвященных изучению состава выдыхаемого воздуха, резко возросло в конце XIX в. – в начале XX в. Успешно были внедрены методы масс-спектрографии и хроматографии, анализ летучих веществ выдыхаемого воздуха стал иметь не только научный и теоретический интерес, но и приобрел важное практическое значение. В 70-х гг. XX в. лауреат Нобелевской премии по химии Лайнус Карл Полинг (*Linus Carl Pauling*) предложил новый метод изучения выдыхаемого воздуха по анализу его конденсата, доказав, что в нем содержатся молекулы-метаболиты, по которым можно оценивать состояние здоровья человека. С помощью технологии микроконцентрирования Полингу уже в то время удалось обнаружить около 250 соединений (Pauling et al., 1971). Исследования Полинга продолжил целый ряд ученых, и на сегодняшний день мы располагаем данными о том, что состав выдыхаемого воздуха зависит от целого ряда факторов и может изменяться на фоне имеющейся у человека патологии пульмонологического, кардиологического, гастроэнтерологического профиля, а также многих других заболеваний (Stepanov, 2007).

Большой интерес представляет изучение выдыхаемого воздуха у лиц с табачной зависимостью, особенно принимая во внимание тот факт, что табачная эпидемия признана мировым медицинским сообществом одной из наиболее угрожающих для человечества. В Российской Федерации среди предотвратимых причин смертности курение занимает первое место, являясь основной причиной развития и прогрессирования хронических неинфекционных заболеваний, на долю которых приходится около 75-80% всех летальных исходов в нашей стране (Заридзе, Мукерия, 2020). Неоспорим также и тот факт, что именно курение – основной модифицируемый фактор риска развития хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), распространенность которой среди взрослого населения в Российской

Федерации продолжает неуклонно увеличиваться и в настоящее время составляет свыше 15% (Смирнова, Антипушина, Курехян, 2020). Установлено, что в сигаретном дыме содержится более 8700 химических веществ (Perfetti, Rodgman, 2011), включая монооксид углерода, формальдегид, акролеин, цианистый водород, метанол, 1,3-бутадиен, бензол, мышьяк, кадмий и др. (Wei, 2005).

Точки зрения в отношении влияния курения на показатели выдыхаемого воздуха на сегодняшний день весьма противоречивы, особенно в отношении обследования больных ХОБЛ. В основном сравнительный анализ проводится исследователями исключительно по факту наличия табачной зависимости без учета показателя индекса курения (ИК), как такового.

Цель исследования. Оценить изменение концентрации монооксида углерода (СО), монооксида азота (NO) и карбоксигемоглобина (СОHb) в выдыхаемом воздухе у больных с ХОБЛ в зависимости от статуса курения и ИК.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 96 пациентов с ХОБЛ, находившиеся на стационарном лечении в пульмонологическом отделении Донецкого клинического территориального медицинского объединения, которое является базовым отделением кафедры факультетской терапии им. А.Я. Губергрица ФГБОУ ВО ДонГМУ МЗ РФ. Исследование проводили с соблюдением стандартов и принципов Хельсинской Декларации (1975 г. с поправками 2013 г.), от всех его участников было получено добровольное письменное информированное согласие.

Средний возраст пациентов, в числе которых было 81 мужчина (84,9%) и 15 женщин (15,6%), составил $54,6 \pm 5,9$ г., длительность течения заболевания – $15 \pm 4,8$ г. Распределение по клиническим группам GOLD 2021/22 выглядело следующим образом: группа А – 6,6% больных, В – 13,0%, С – 28,3%, D – 52,1% (на сегодняшний день, согласно стратегии GOLD 2023, группы С и D объединены в единую группу E) (GOLD, 2023). Каждым из участников исследования собственноручно была заполнена анкета, описывающая его текущий статус курения: активный курильщик, бывший курильщик, некурящий. Согласно обработанным данным, 70 пациентов (72,9%), участвовавших в исследовании, страдали от табачной зависимости, при этом ИК (отношение произведения количества выкуриваемых в день сигарет и стажа курения в годах к количеству сигарет в одной пачке, т. е. к 20) ≤ 10 пачка/лет был отмечен у 2,8% из них, 11-20 пачка/лет – у 42,9%, 21-30 пачка/лет – у 40,0% и > 30 пачка/лет – у 14,3%.

Всем пациентам в рамках комплексного обследования осуществлялось определение СО (ppm) и СОHb (%) в выдыхаемом воздухе с помощью прибора MicroCO (Micro medica, Великобритания) и оценивался уровень NO в выдыхаемом воздухе с использованием анализатора Niox Mino (Aerocline, Швеция). Исследование проводилось натощак либо спустя 3-5 ч после приема пищи и не ранее, чем через 6 ч после курения табака.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась на персональном компьютере с использованием стандартных пакетов программ «Microsoft Excel» и «Statistica» (пакет Mathcad 7 Professional, MathSoft Inc. 1997). Вычислялись средняя величина (M) и ее ошибка (m). Достоверность полученных данных оценивалась с помощью U-критерия Mann-Whitney, с учетом которого вероятность (p) составляла не менее, чем 95%.

Результаты. В ходе анализа полученных данных (табл. 1) нами было отмечено увеличение средней концентрации СО в выдыхаемом воздухе у всех курящих пациентов, при этом рост показателя был прямо пропорционален ИК. Аналогичная картина наблюдалась и в отношении уровня СОHb. Что же касается концентрации NO в выдыхаемом воздухе, она, напротив, показала тенденцию к снижению по мере увеличения ИК.

Таблица 1. Результаты анализа выдыхаемого воздуха и показатели SaO₂ у пациентов с ХОБЛ в зависимости от статуса курения (M±m)

Показатели	Группа некурящих	Индекс курения			
		≤ 10 пачка/лет	11-20 пачка/лет	21-30 пачка/лет	>30 пачка/лет
SaO ₂ (%)	95,15±1,7	96,31±2,4	93,07±2,7	92,14±2,8	90,52±1,3
CO (ppm)	2,2±1,3	5,4±2,2	12,5±1,3	15,3±2,4	21,0±3
COHb (%)	0,49±0,4	1,48±0,7	1,98±1,1	2,56±1,3	3,2±1,1
NO (ppb)	27,3±3,5	27,6±2,5	25,4±3,4	20,1±1,8	19,0±3,2

Для получения статистически значимых результатов нами был проведен сравнительный анализ полученных данных в трех группах: I – некурящие больные с ХОБЛ (n=26), II – пациенты с ХОБЛ, имеющие ИК 11-20 пачка/лет (n=30) и III – пациенты с ХОБЛ с ИК 21-30 пачка/лет (n=28). По показателю сатурации периферической крови достоверные различия (p < 0,05) по сравнению с группой некурящих были выявлены у пациентов с ИК 11-20 пачка/лет, и с ИК 21-30 пачка/лет, при этом статистически значимых различий между этими группами курящих пациентов не было (p=0,61). Уровень CO у курящих пациентов независимо от ИК был достоверно выше, чем у некурящих (p < 0,05), при этом у больных ХОБЛ с ИК 21-30 пачка/лет он был также достоверно выше (p=0,001), чем у пациентов с ИК 11-20 пачка/лет (рис. 1). Показатель COHb у курящих пациентов с ХОБЛ также был достоверно выше (p < 0,05), чем у некурящих, но при сравнении данных в группе с ИК 11-20 пачка/лет и ИК 21-30 пачка/лет статистически значимых различий обнаружено не было (p=0,87).

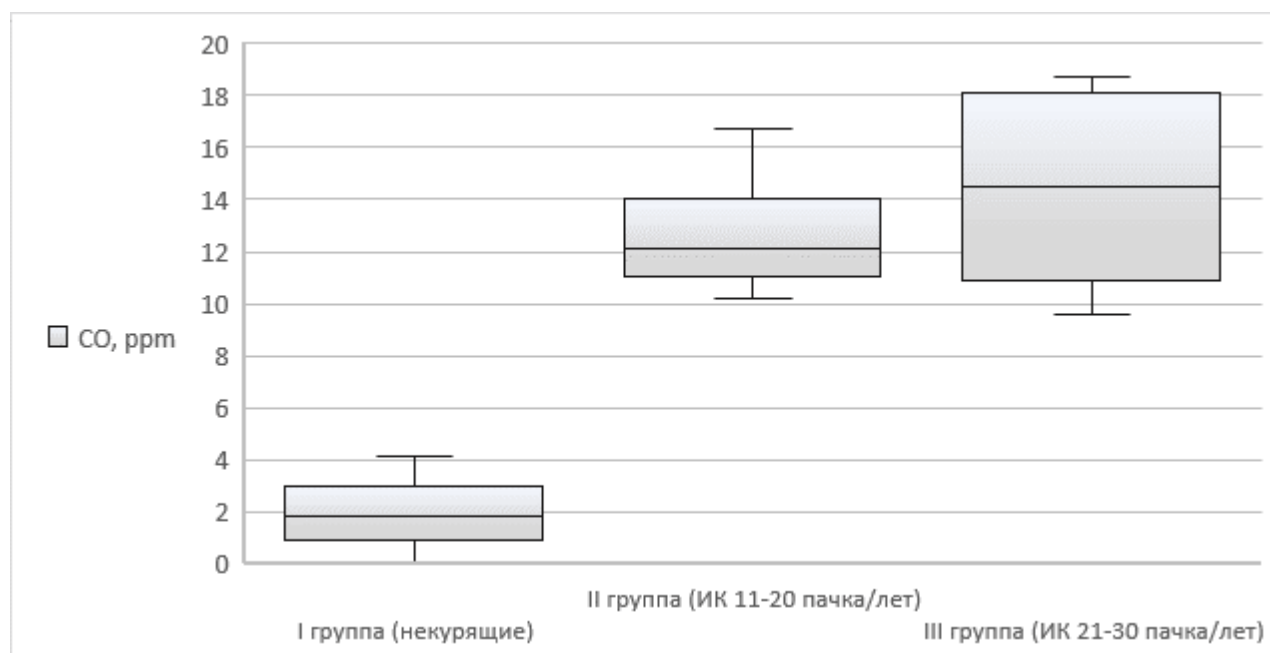


Рисунок 1. Показатель СО в выдыхаемом воздухе у обследованных по группам (ppm)

По показателю NO в выдыхаемом воздухе были отмечены статистически значимые различия ($p < 0,05$) при сравнении данных в группе некурящих больных с ХОБЛ с результатами, полученными в группах пациентов с ИК 11-20 пачка/лет и с ИК 21-30 пачка/лет, а также при сравнении данных в этих группах курильщиков между собой. Таким образом, было отмечено статистически значимое снижение концентрации NO в выдыхаемом воздухе в зависимости от статуса курения и ИК (рис. 2).

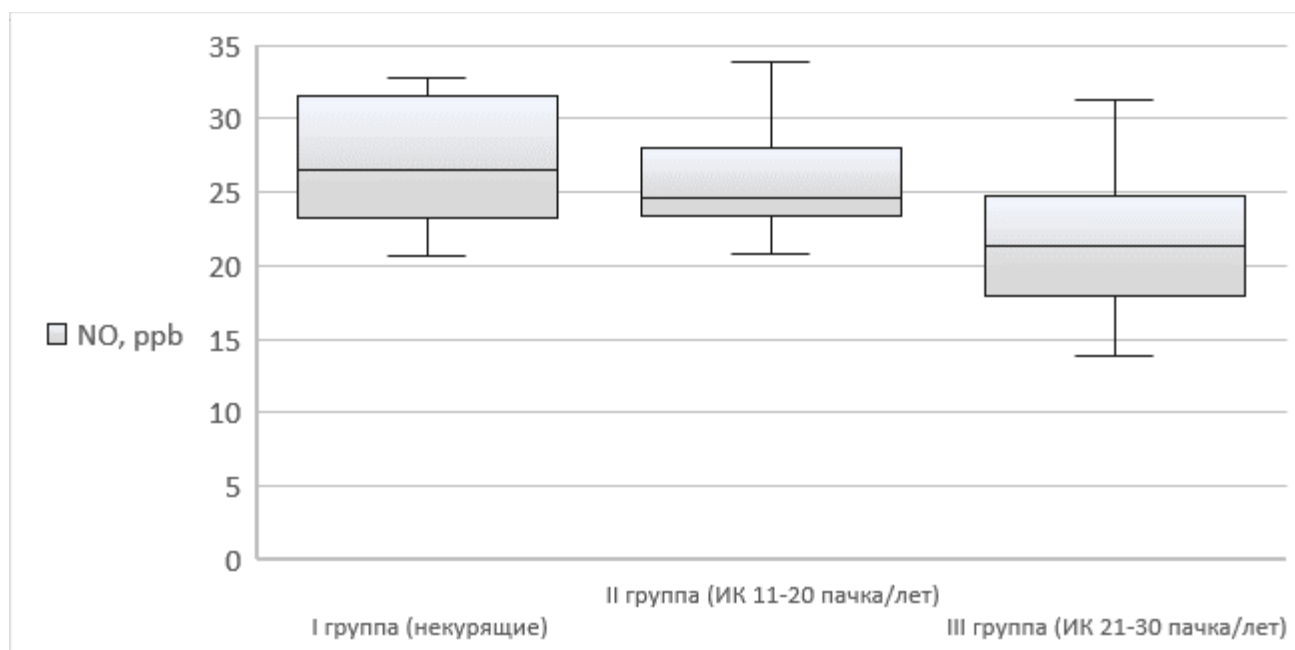


Рисунок 2. Показатель NO в выдыхаемом воздухе у обследованных по группам (ppb)

Обсуждение. В ходе проведенного исследования выявлено статистически значимое повышение уровня СО в выдыхаемом воздухе в зависимости от статуса курения и ИК, что соответствует современным представлениям об увеличении этого показателя при вдыхании СО, в т. ч. содержащегося в табачном дыме, и, в целом, коррелирует с изменением уровня СОНб (Herath et al., 2021).

Влияние фактора курения на уровень NO в выдыхаемом воздухе в виде его достоверного снижения у больных ХОБЛ с ИК >10 пачка/лет по сравнению с показателями у некурящих пациентов с ХОБЛ, вероятно, сопряжено с ингибированием продукции эндогенного NO по механизму обратной связи за счет того, что табачный дым сам по себе содержит высокие концентрации NO (Noboru, Hiroshi, 2010; Wei, 2005), а также с развитием и прогрессированием на фоне курения эндотелиальной дисфункции, сопровождающейся угнетением активности эндотелиальной NO-синтазы. Также в этом плане необходимо учесть, что активные формы кислорода, которые входят в состав многих соединений, содержащихся в табачном дыме, вступают в реакцию с NO, что ведет к образованию пероксинитрита, являющегося мощным ингибитором сигнальной функции NO и простаглицлина и способного вызвать разрушение эндотелиальной NO-синтазы, в результате чего этот фермент начинает способствовать продукции супероксида вместо NO (Chelchowska et al., 2018; Wei, 2005). Эту

теорию подтверждает факт обнаружения нами статистически значимых различий в группах обследованных больных ХОБЛ с разным ИК.

Выводы. В ходе проведенного исследования выявлено статистически значимое повышение уровня СО в выдыхаемом воздухе в зависимости от статуса курения и ИК. Определено, что фактор курения у больных ХОБЛ оказывает влияние на уровень NO в выдыхаемом воздухе, обуславливая его достоверное снижение у больных ХОБЛ с ИК >10 пачка/лет по сравнению с показателями у некурящих пациентов с ХОБЛ.

Библиографический список

Заридзе Д. Г., Мукерия А.Ф. Профилактика ассоциированных с курением форм рака: концепция снижения вреда // Практическая онкология. 2020. Т. 21, № 3. С. 197–229. Doi: 10.31917/2103197.

Рулев А. Парадоксальный тривиальный азот // Наука и жизнь. 2019. № 3. С.40-43.

Смирнова М. И., Антипушина Д. Н., Курехян А. С. Хроническая обструктивная болезнь легких и COVID-19: данные к лету 2020 года, подходы к оказанию медицинской помощи и профилактике // Профилактическая медицина. 2020. № 23 (8). С. 37-44. Doi: 10.17116/profmed20202308137.

Anderson Robert G. W. Joseph Black // Encyclopedia Britannica, 13 Apr. 2023, URL: <https://www.britannica.com/biography/Joseph-Black> (Accessed 31 May 2023)

Beretta, M. Imaging the Experiments on Respiration and Transpiration of Lavoisier and Seguin: Two Unknown Drawings by Madame Lavoisier // Nuncius. Istituto e museo di storia della scienza. 2012. Vol. 27 (1). P. 163-191. Doi:10.1163/182539112X637200.

Chelchowska M., Ambroszkiewicz J., Gajewska J., Mazur J., Lewandowski L., Resko-Zachara M., Maciejewski T. M. Influence of Active Exposure to Tobacco Smoke on Nitric Oxide Status of Pregnant Women // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018 Vol. 15. P. 2719. Doi: 10.3390/ijerph15122719.

Donovan A. L. Antoine Lavoisier // Encyclopedia Britannica, 4 May. 2023, URL: <https://www.britannica.com/biography/Antoine-Lavoisier> (Accessed 31 May 2023).

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 2023 Report. URL: <https://goldcopd.org/2023-gold-report-2/> (Accessed 31 May 2023).

Herath P., Wimalasekera S., Amarasekara T., Fernando M, Turale S. Adverse effects of cigarette smoking on exhaled breath carbon monoxide, blood carboxyhemoglobin, and hematological parameters amongst Sri Lankan adult tobacco smokers: A descriptive study // Population Medicine. 2021. Vol. 3. P. 1-10. Doi: 10.18332/popmed/143076.

Hobza P. Anaximenes' ἀήρ as Generating Mist and Generated Air // Apeiron. 2020. Vol. 53, №. 2. P. 97-122. doi: 10.1515/apeiron-2018-0058.

Noboru T., Hiroshi T. Nitric oxide-mediated blood flow regulation as affected by smoking and nicotine // European Journal of Pharmacology. 2010. Vol. 649. P. 1-13.

Pauling L., Robinson A. B., Teranishi R., Cary P. Quantitative analysis of urine vapor and breath by gas-liquid partition chromatography // Proc. Natl. Acad. Sci. U S A. 1971. Vol. 68 (10). P. 2374-6. Doi: 10.1073/pnas.68.10.2374.

Perfetti T., Rodgman A. The complexity of tobacco and tobacco smoke // Beitr. Tabak for sch. Int. 2011. Vol. 24. P. 17.

Stepanov E. V. Methods of highly sensitive gas analysis of molecular biomarkers in study of exhaled air // *Physics of Wave Phenomena*. 2007. Vol. 15 (3). P. 149-181. Doi:10.3103/S1541308X0703003X.

Wei X. M., Kim H. S., Kumar, R. K. et al. Effects of cigarette smoke on degranulation and NO production by mast cells and epithelial cells // *Respir. Res.* 2005. Vol. 6. P. 108. Doi: 10.1186/1465-9921-6-108.

West J. B. Carl Wilhelm Scheele, the discoverer of oxygen, and a very productive chemist // *American journal of physiology. Lung cellular and molecular physiology*. 2014. Vol. 307 (11). P. L811-6.

West J. B. The Collaboration of Antoine and Marie-Anne Lavoisier and the First Measurements of Human Oxygen Consumption // *Essays on the History of Respiratory Physiology. Perspectives in Physiology*. Springer, New York, NY. 2015. doi: 10.1007/978-1-4939-2362-5_12.

References

Zaridze D. G., Mukeria A. F. Profilaktika assotsirovannykh s kureniyem form raka: kontseptsiya snizheniya vreda [Prevention of smoking-associated cancers: the concept of harm reduction] // *Prakticheskaya onkologiya [Practical Oncology]*. 2020. Vol. 21, № 3. P. 197–229 (In Russian). Doi: 10.31917/2103197.

Rulev A. Paradoksal'nyy trivial'nyy azot [Paradoxical trivial nitrogen] // *Nauka i zhizn' [Science and life]*. 2019. № 3. P.40-43 (In Russian).

Smirnova M. I., Antipushina D. N., Kurekhyan A. S. Khronicheskaya obstruktivnaya bolezn' legkikh i COVID-19: dannyye k letu 2020 goda, podkhody k okazaniyu meditsinskoy pomoshchi i profilaktike [Chronic obstructive pulmonary disease and COVID-19: data by summer 2020, approaches to health care and prevention] // *Profilakticheskaya Meditsina [Preventive Medicine]*. 2020. Vol. 23 (8). P. 37-44. (In Russian). Doi: 10.17116/profmed20202308137.

Anderson Robert G. W. Joseph Black // *Encyclopedia Britannica*, 13 Apr. 2023, URL: <https://www.britannica.com/biography/Joseph-Black> (Accessed 31 May 2023)

Beretta, M. Imaging the Experiments on Respiration and Transpiration of Lavoisier and Seguin: Two Unknown Drawings by Madame Lavoisier // *Nuncius. Istituto e museo di storia della scienza*. 2012. Vol. 27 (1). P. 163-191. Doi:10.1163/182539112X637200.

Chelchowska M., Ambroszkiewicz J., Gajewska J., Mazur J., Lewandowski L., Resko-Zachara M., Maciejewski T.M. Influence of Active Exposure to Tobacco Smoke on Nitric Oxide Status of Pregnant Women // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018 Vol. 15. P. 2719. Doi: 10.3390/ijerph15122719.

Donovan A. L. Antoine Lavoisier // *Encyclopedia Britannica*, 4 May. 2023, URL: <https://www.britannica.com/biography/Antoine-Lavoisier> (Accessed 31 May 2023).

Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. 2023 Report. URL: <https://goldcopd.org/2023-gold-report-2/> (Accessed 31 May 2023).

Herath P., Wimalasekera S., Amarasekara T., Fernando M, Turale S. Adverse effects of cigarette smoking on exhaled breath carbon monoxide, blood carboxyhemoglobin, and hematological parameters amongst Sri Lankan adult tobacco smokers: A descriptive study // *Population Medicine*. 2021. Vol. 3. P. 1-10. Doi: 10.18332/popmed/143076.

Hobza P. Anaximenes' ἀήρ as Generating Mist and Generated Air // *Apeiron*. 2020. Vol. 53, №. 2. P. 97-122. doi: 10.1515/apeiron-2018-0058.

Noboru T., Hiroshi T. Nitric oxide-mediated blood flow regulation as affected by smoking and nicotine // *European Journal of Pharmacology*. 2010. Vol. 649. P. 1-13.

Pauling L., Robinson A. B., Teranishi R., Cary P. Quantitative analysis of urine vapor and breath by gas-liquid partition chromatography // *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*. 1971. Vol. 68 (10). P. 2374-6. Doi: 10.1073/pnas.68.10.2374.

Perfetti T., Rodgman A. The complexity of tobacco and tobacco smoke // *Beitr. Tabak for sch. Int.* 2011. Vol. 24. P. 17.

Stepanov E. V. Methods of highly sensitive gas analysis of molecular biomarkers in study of exhaled air // *Physics of Wave Phenomena*. 2007. Vol. 15 (3). P. 149-181. Doi:10.3103/S1541308X0703003X.

Wei X. M., Kim H. S., Kumar, R. K. et al. Effects of cigarette smoke on degranulation and NO production by mast cells and epithelial cells // *Respir. Res.* 2005. Vol. 6. P. 108. Doi: 10.1186/1465-9921-6-108.

West J. B. Carl Wilhelm Scheele, the discoverer of oxygen, and a very productive chemist // *American journal of physiology. Lung cellular and molecular physiology*. 2014. Vol. 307 (11). P. L811-6.

West J. B. The Collaboration of Antoine and Marie-Anne Lavoisier and the First Measurements of Human Oxygen Consumption // *Essays on the History of Respiratory Physiology. Perspectives in Physiology*. Springer, New York, NY. 2015. doi: 10.1007/978-1-4939-2362-5_12.