



Возможности метода капнометрии в диагностике постковидных нарушений

Михайловичева А. И.¹, Стручков П. В.^{1,2}, Носенко Н. С.¹

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

² ФГБУЗ КБ №85 ФМБА России, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. В работе представлены диагностические возможности методов капнометрии и спирометрии у лиц, перенёсших инфекцию COVID-19 в лёгкой форме.

Цель исследования: оценка изменений показателей внешнего дыхания у пациентов, перенёсших инфекцию COVID-19.

Материалы и методы. Были проанализированы результаты обследования 2 групп пациентов. Группа 1 включала 30 обследуемых после перенесённой в лёгкой форме инфекции COVID-19 10 мужчин и 20 женщин, средний возраст $56,3 \pm 4,2$ года. Группа также была разделена по 10 человек в зависимости от периода после перенесённой инфекции 3 месяца, 6 месяцев и 9–10 месяцев. Группа 2 включала 30 здоровых добровольцев: 16 мужчин и 14 женщин, средний возраст $45,6 \pm 2,4$ года.

Результаты. Обследованы 2 группы пациентов: I — обследуемых, перенёсших COVID-19, II — 30 здоровых добровольцев. При капнометрии было отмечено статистически значимое увеличение наклона альвеолярной фазы у лиц, перенёсших инфекцию COVID-19 по отношению к контрольной группе при спокойном дыхании и глубоком выдохе, а также выявлены статистические различия показателей индекса Touloukian. По данным спирометрии статистическая разница в показателях ОФВ₁, ФЖЕЛ и соотношения ОФВ₁/ФЖЕЛ не была обнаружена.

Заключение. Метод капнометрии выявляет нарушения вентиляционно-перфузионных отношений в течение 10 месяцев после перенесённой инфекции COVID-19 в лёгкой форме. Изменений спирометрических показателей после перенесённой инфекции COVID-19 в лёгкой форме не отмечено. Метод капнометрии может быть рекомендован для выявления сохраняющихся нарушений у обследуемых, перенёсших COVID-19 в лёгкой форме.

Ключевые слова: капнометрия; спирометрия; COVID-19; функциональная диагностика

Для цитирования: Михайловичева А. И., Стручков П. В., Носенко Н. С. Возможности метода капнометрии в диагностике постковидных нарушений. *Качественная клиническая практика*. 2025;(1):35–38. <https://doi.org/10.37489/2588-0519-2025-1-35-38>. EDN: KUBNOQ

Поступила: 16.02.2024. В доработанном виде: 17.03.2024. Принята к печати: 27.03.2025. Опубликовано: 31.03.2025

Possibilities of the capnometry method in the diagnosis of post-COVID-19 disorders

Anna I. Mikhailovicheva, Petr V. Struchkov, Natalia S. Nosenko

¹ Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Types of Medical Care and Medical Technologies FMBA, Moscow, Russian Federation

² Clinical Hospital No. 85 of the FMBA of Russia, Moscow, Russian Federation

Abstract

Relevance. This work presents the diagnostic capabilities of the capnometry and spirometry methods in individuals with a mild form of COVID-19 infection.

Objective. To assess changes in external respiration parameters in patients with a mild form of COVID-19 infection.

Materials and methods. The results of examination of 2 groups of patients were analyzed. Group 1 included 30 subjects after a mild form of COVID-19 infection, 10 men and 20 women, average age 56.3 ± 4.2 years. The group was also divided into 10 people depending on the period after the infection: 3 months, 6 months and 9–10 months. Group 2 included 30 healthy volunteers: 16 men and 14 women, average age 45.6 ± 2.4 years.

Results. Two groups of patients were examined: Group I — subjects who had COVID-19, Group II — 30 healthy volunteers. Capnometry revealed a statistically significant increase in the alveolar phase slope in subjects who had COVID-19 infection com-

pared with the control group during quiet breathing and deep exhalation, and statistical differences in the Toulou index were also revealed. According to the spirometry data, no statistical difference was found in the FEV₁, FVC, and FEV₁/FVC ratio.

Conclusion. The capnometry method revealed ventilation-perfusion disturbances for 10 months after mild COVID-19 infection. No changes in spirometric parameters were noted after mild COVID-19 infection. The capnometry method can be recommended to identify persistent disturbances in subjects who have had mild COVID-19.

Keywords: capnometry; spirometry; COVID-19; functional diagnostics

For citation: Mikhailovicheva AI, Struchkov PV, Nosenko NS. Possibilities of the capnometry method in the diagnosis of post-COVID-19 disorders. *Kachestvennaya klinicheskaya praktika = Good Clinical Practice*. 2025;(1):35–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.37489/2588-0519-2025-1-35-38>. EDN: KUBNOQ

Received: 16.02.2024. **Revision received:** 17.03.2024. **Accepted:** 27.03.2025. **Published:** 31.03.2025.

Введение / Introduction

В течение последних лет пандемия вируса COVID-19 затронула все сферы деятельности человека. Однако именно на медицинскую службу легло тяжёлое бремя понимания патогенеза, диагностики, лечения и восстановления после перенесённой инфекции COVID-19. В настоящий период количество случаев заражения значительно уменьшилось, тем не менее последствия перенесённой инфекции могут оставаться у переболевших длительное время [1]. Известно, что основным механизмом инфицирования является воздушно-капельный путь, таким образом, дыхательная система претерпевает наибольшее патогенное воздействие [2], поэтому в периоде реконвалесценции и восстановления у переболевших могут сохраняться нарушения функции внешнего дыхания. Золотым стандартом является спирометрия, но порой её информативность не велика и не отражает нарушений в респираторной зоне лёгких [3, 4]. Одним из альтернативных методов диагностики является капнометрия, характеризующая взаимоотношения вентиляции и перфузии в лёгких [5].

Цель / Objective

Целью данного исследования явилась оценка изменений показателей внешнего дыхания у пациентов, перенёвших инфекцию COVID-19.

Материалы и методы / Materials and Methods

Исследование являлось наблюдательным поперечным. Были проанализированы результаты обследования 2 групп пациентов. Группа 1 включала 30 обследуемых после перенесённой в лёгкой форме инфекции COVID-19 (10 мужчин (33,3%) и 20 женщин (66,7%), средний возраст 56,3±4,2 года). Группа также была разделена по 10 человек в зависимости от периода после перенесённой инфекции 3 месяца,

6 месяцев и 9–10 месяцев. Группа 2 включала 30 здоровых добровольцев (16 мужчин (53,4%), 14 женщин (46,6%), средний возраст 45,6±2,4 года).

Исследования функции внешнего дыхания (ФВД) включали капнометрию и спирометрию. Спирометрию проводили с помощью диагностической системы Power Cube Diffusion HansHorn (Германия) 2022 г. выпуска, метод капнометрии — с помощью спирометризатора 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 на проведение исследования.

При выполнении форсированной спирометрии измеряли форсированную жизненную ёмкость лёгких (ФЖЕЛ), объём форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ₁) и отношение ОФВ₁/ФЖЕЛ. Измерение показателей спирометрии проводили в соответствии с Методическими рекомендациями Российского респираторного общества [6], Российской ассоциации специалистов функциональной диагностики и Российского научного медицинского общества терапевтов 2023 г. Должные значения параметров спирометрии были рассчитаны в соответствии с рекомендациями Европейского объединения угля и стали (ECSC — European Coal and Steel Community) — 1993 г. для взрослых [7].

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 CO₂ в альвеолярную фазу, Δt — продолжительность альвеолярной фазы; PetCO₂ — парциальное давление CO₂ в конце выдоха; индекс Tuloou — разница PetCO₂ в конце глубокого и спокойного выдоха [8].

Статистический анализ проводился с использованием среды для статистических вычислений SPSS Statistic. Проверка данных на нормальность распределения признака методом квантиль-квантиль

плот (Q-Q plot) показала отсутствие нормальности распределения. Для сравнения групп в отношении количественных показателей использовался тест Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты / Results

По данным капнометрии при спокойном выдохе у обследуемых после перенесённой инфекции COVID-19 значения наклона альвеолярной фазы $\Delta P/\Delta t$ были статистически значимо выше по сравнению с контрольной группой ($p < 0,005$). Схожая картина была отмечена и при сравнительном анализе значений $\Delta P/\Delta t$ на глубоком выдохе ($p < 0,005$) (рис. 1 и 2).

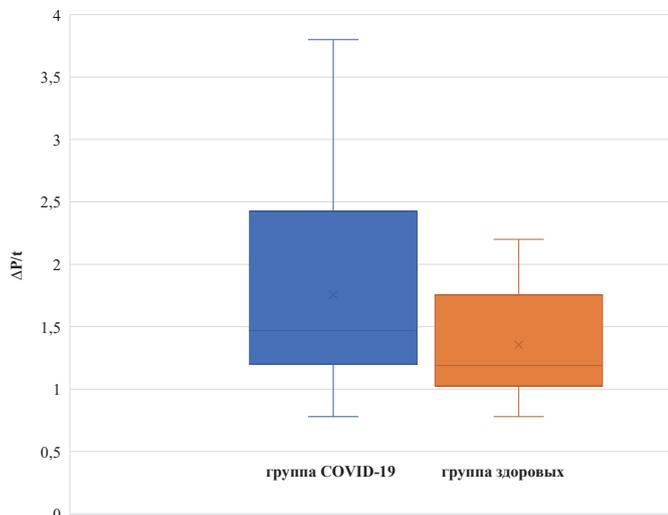


Рис. 1. Капнограмма на спокойном выдохе; $p < 0,005$
Fig. 1. Capnogram on a calm exhale; $p < 0.005$

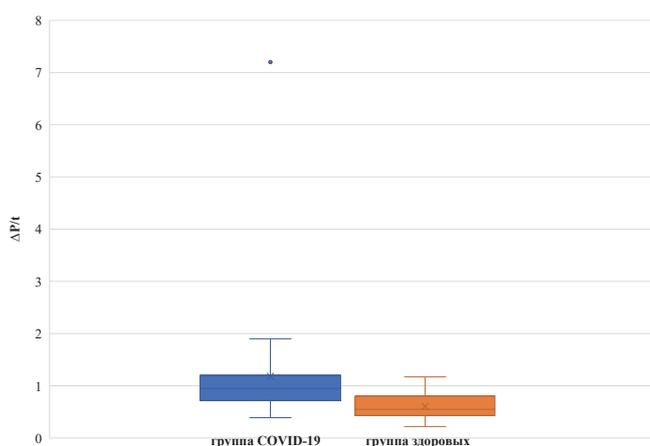


Рис. 2. Капнограмма на глубоком выдохе; $p < 0,005$
Fig. 2. Capnogram on deep exhalation; $p < 0.005$

Значения индекса Tulouo были статистически значимо выше у обследуемых, перенёвших COVID-19 по сравнению с контрольной группой ($p < 0,005$).

Статистически значимых отличий между группой, перенёвшей COVID-19, и контрольной группой по показателю $P_{et}CO_2$ выявлено не было ($p > 0,005$). Значения показателей $P_{et}CO_2$ отражали наличие альвеолярной гипервентиляции в обеих группах 30,8 мм рт. ст. и 28,4 мм рт. ст. соответственно. Проанализировав статистические различия между каждой подгруппами у обследуемых, перенёвших инфекцию COVID-19, в зависимости от давности, достоверных различий выявлено не было.

По данным спирометрии значения показателей ФЖЕЛ, ОФВ₁ и ОФВ₁/ФЖЕЛ статистически значимо не различались между группой, перенёвшей инфекцию COVID-19 и группой здоровых добровольцев ($p > 0,005$).

Обсуждения / Discussions

Инфекция COVID-19 продолжает оставаться на сегодняшний момент одной из важных проблем медицины. Учитывая сильное влияние инфекции на респираторную систему с поражением респираторной зоны лёгких, можно с уверенностью сказать, что диагностика поражения системы дыхания остаётся одной из важных задач. Однако не все методы достаточно хорошо отражают нарушения, которые могут оставаться после перенесённого заболевания. В данной работе был сделан акцент на выявлении возможных нарушений при использовании двух методов диагностики функции внешнего дыхания после перенесённой инфекции COVID-19 протекавшей в лёгкой форме, а также проведён сравнительный анализ показателей со здоровыми обследуемыми. По результатам капнометрии была выявлена статистическая разница между группами, даже при нормальных показателях спирометрии. Спирометрия не показала достоверного статистического различия между группами.

Выводы / Conclusions

1. Метод капнометрии выявляет нарушения вентиляционно-перфузионных отношений в течение 10 месяцев после перенесённой инфекции COVID-19 в лёгкой форме.
2. Изменений спирометрических показателей после перенесённой инфекции COVID-19 в лёгкой форме не отмечено.
3. Метод капнометрии может быть рекомендован для выявления сохраняющихся нарушений у обследуемых перенёвших COVID-19 в лёгкой форме.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Михайловичева Анна Игоревна — врач функциональной диагностики, старший преподаватель кафедры клинической физиологии и функциональной диагностики Академии постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА», Москва, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку

e-mail: princess_anna_7@mail.ru

РИНЦ SPIN-код: 1503–1221

Стручков Петр Владимирович — д. м. н., профессор, зав. кафедрой клинической физиологии и функциональной диагностики Академии постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА»; зав. отделением функциональной диагностики ФГБУЗ КБ № 85 ФМБА России, Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2218-7529>

Носенко Наталья Сергеевна — к. м. н., доцент кафедры рентгенологии и ультразвуковой диагностики Академии постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий ФМБА», Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7071-3741>

ADDITIONAL INFORMATION

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interest.

ABOUT THE AUTHORS

Anna I. Mikhailovicheva — Doctor of Functional Diagnostics, Senior lecturer at the Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics of the Academy of Postgraduate Education Federal Scientific Clinical Center of the specialized types of medical care and medical technology» FMBA, Moscow, Russian Federation

Corresponding author

e-mail: princess_anna_7@mail.ru

RSCI SPIN code: 1503–1221

Petr V. Struchkov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Clinical Physiology and Functional Diagnostics of the Academy of Postgraduate Education Federal Scientific Clinical Center of the specialized types of medical care and medical technology» FMBA; Head of the Department of Functional Diagnostics Clinical Hospital No. 85 of the FMBA of Russia, Moscow, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2218-7529>

Natalia S. Nosenko — PhD, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Functional and Ultrasound Diagnostics, Federal Scientific Clinical Center of the specialized types of medical care and medical technology FMBA of Russia; Associate Professor of the Department of Radiology and Ultrasound Diagnostics of the Academy of Postgraduate Education FMBA, Moscow, Russian Federation
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7071-3741>

Список литературы / References

1. Mehandru S, Merad M. Pathological sequelae of long-haul COVID. *Nat Immunol.* 2022 Feb;23(2):194-202. <https://doi.org/10.1038/s41590-021-01104-y>.
2. Rasool G, Khan WA, Khan AM, et al. COVID-19: A threat to the respiratory system. *Int J Immunopathol Pharmacol.* 2024 Jan-Dec;38:3946320241310307. <https://doi.org/10.1177/03946320241310307>.
3. Михайловичева А.И., Смирнов В.В., Стручков П.В., и др. Исследование респираторной функции легких у больных бронхиальной астмой. *Медицинский алфавит.* 2023;(32):14-18. [Mikhailovicheva AI, Smirnov VV, Struchkov PV, et al. The study of respiratory function of the lungs in patients with Bronchial Asthma. *Medical alphabet.* 2023;(32):14-18. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-32-14-18>.
4. Стручков П.В., Каменева М.Ю., Маничев И.А., и др. Подходы к ранней диагностике бронхиальной обструкции. *Медицинский алфавит.* 2018;4(36):23-28. [Struchkov PV, Kameneva MYu, Manichev IA, et al. Methodical approaches to the early diagnosis of bronchial obstruction. *Medical alphabet.* 2018;4(36):23-28.
5. Стручков П.В. Борисова О.Е., Цека О.С., и др. Применение капнометрии в пульмонологической практике. *Практическая пульмонология.* 2016;(3):62-66. [Struchkov PV, Borisova OE, Tseka OS, et al. The Use of Capnometry in Pulmonology. *Practical pulmonology.* 2016;(3):62-66. (In Russ.)].
6. Каменева М.Ю., Черняк А.В., Айсанов З.Р., и др. Спирометрия: методическое руководство по проведению исследования и интерпретации результатов. *Пульмонология.* 2023;33(3):307-340. [Kameneva MYu, Cherniak AV, Aisanov ZR, et al. Spirometry: national guidelines for the testing and interpretation of results. *Pul'monologiya.* 2023;33(3):307-340. (In Russ.)]. <http://doi.org/10.18093/0869-0189-2023-33-3-307-340>.
7. Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, et al. 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. *Eur Respir J Suppl.* 1993 Mar;16:5-40.
8. Стручков П. В. Капнометрия. Легочные функциональные тесты: от теории к практике. Под ред. Савушкиной О. И., Черняка А. В. — М.: ООО «Фирма СТРОМ», 2017. — С. 181-186. [Struchkov PV. Capnometry. Pulmonary functional tests: from theory to practice. Ed by Savushkina OI, Chernyak AV. Moscow: LLC "Firm STROM", 2017. p. 181-186. (In Russ.)]. ISBN 978-5-900094-53-3.