

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

© Пономарева И.Б., Субботин С.В., 2016
УДК 616.24-008-073.173

**ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ОБЪЕМНОЙ КАПНОГРАФИИ
В ИЗУЧЕНИИ ЛЕГОЧНЫХ ФУНКЦИЙ У БОЛЬНЫХ ХОБЛ**

И.Б. ПОНОМАРЕВА, С.В. СУББОТИН

Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, г. Рязань

**POSSIBILITIES OF VOLUMETRIC CAPNOGRAPHY METHOD
IN THE STUDY OF PULMONARY FUNCTIONS IN PATIENTS WITH COPD**

I.B. PONOMAREVA, S.V. SUBBOTIN

Ryazan State Medical University, Ryazan

Спирометрия и капнография – методы, позволяющие оценить легочные функции у пациентов с заболеваниями органов дыхания. Капноволюмометрия – методика, которая совмещает диагностические возможности как спирометрии, так и капнографии, позволяет выявлять зависимость концентрации углекислого газа от объема выдыхаемого воздуха. Цель настоящей работы – определить дополнительные возможности метода объемной капнографии в изучении легочных функций у больных с ХОБЛ. Обследовано 77 лиц мужского пола, из которых – 40 пациентов с ХОБЛ. Каждому пациенту проведена спирометрия и объемная капнография с использованием ультразвукового компьютерного спирографа SpiroScout (Ganshorn, Германия). Проанализированы параметры спирометрии, VD-threshold, VD-Bohr, VD-Bohr/VT, VD-Fowler, VT, dMM/dV2, dMM/dV3, Alpha s2s3, VD-threshold выд., VD-Bohr выд., VD-Fowler выд, dMM/dV2 выд., dMM/dV3 выд, dMM/dV4 выд., V Cap. Полученные результаты показали достоверные различия между пациентами с ХОБЛ и контрольной группой по параметрам, отражающим форму капнографической кривой: dMM/dV2, dMM/dV3, dMM/dV2 выд., dMM/dV3 выд. Таким образом, методика объемной капнографии позволяет расширить представления об изменениях легочных функций у больных с ХОБЛ.

Ключевые слова: капноволюмометрия, ХОБЛ, мертвое пространство, спирометрия, капнография.

Spirometry and capnography are the methods, allowing to assess lung functions in patients with respiratory diseases. Capnovolumetry is a technique that combines the diagnostic capabilities of both spirometry and capnography, it can detect carbon dioxide concentration dependence on the volume of exhaled air. The purpose of this work is to identify additional opportunities of volumetric capnography method in the study of pulmonary

functions in patients with COPD. The study involved 77 males, of which 40 patients are with COPD. Spirometry and volumetric capnography using an ultrasound computer spirometer SpiroScout (Ganshorn, Germany) are performed in each patient. Parameters of spirometry were analyzed, VD-threshold, VD-Bohr, VD-Bohr/VT, VD-Fowler, VT, dMM/dV2, dMM/dV3, Alpha s2s3, VD-threshold exh., VD-Bohr exh., VD-Fowler exh., dMM/dV2 exh., dMM/dV3 exh, dMM/dV4 exh., V Cap. The obtained results showed significant differences among patients with COPD and the control group according to the parameters reflecting the shape of capnography curve: dMM/dV2, dMM /dV3, dMM/dV2 exh., DMM/dV3 exh. In this way, the technique of volumetric capnography allows to expand understanding of lung functions changes in patients with COPD.

Keywords: capnovolumetry, COPD, dead space, spirometry, capnography.

В последние годы отмечается рост числа заболеваний органов дыхания, среди которых особое место занимает хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), представляющая значительную медицинскую проблему [2, 4].

Для ХОБЛ характерна гетерогенность симптомов и других клинических проявлений. Эти различия между пациентами с ХОБЛ чрезвычайно важно дифференцировать, так как они определяют выбор тактики лечения [2].

Спирометрия является основным методом оценки изменений функции внешнего дыхания при ХОБЛ. На основании показателей спирометрии создана классификация ХОБЛ по степени выраженности обструктивных нарушений вентиляции [7].

Однако правильный дыхательный маневр при выполнении спирометрии не всегда осуществим в связи с необходимостью сотрудничества врача и пациента и клиническими ограничениями. Возможно возникновение трудностей при выполнении этой процедуры у пациентов детского и старческого возраста. Также существует ряд клинических ситуаций, которые делают маневр форсированного выдоха болезненным или даже исключают его проведение (боль в груди при ишемической болезни сердца, одышка при минимальном усилии и т.д.). В таких случаях спирометрия является не самым подходящим методом для оценки функции внешнего дыхания.

Другим методом изучения параметров дыхания и газообмена является метод капнографии, который заключается в измере-

нии и графическом отображении в виде кривой концентрации или парциального давления углекислого газа во вдыхаемом и выдыхаемом газе во время дыхательного цикла пациента [1]. В методе капнографии является важным как количественный анализ $P_{et}CO_2$ для выявления гипо- и гиперкапнических нарушений, так и анализ капнографической кривой для выявления функциональных нарушений дыхания [3, 5].

В настоящее время особое внимание уделяется методу капноволуометрии (объемной капнографии), представляющему собой измерение и графического отображение концентрации углекислого газа в выдыхаемом воздухе, при котором исследуется зависимость концентрации углекислого газа от объема выдыхаемого воздуха. Эта методика также позволяет провести оценку объема смеси газов дыхательных путей (объема анатомического и физиологического «мёртвого» пространства), изменение концентрации углекислого газа в течение выдоха, дыхательного объема, частоты дыхательных движений, альвеолярной вентиляции [6, 12].

Согласно современным данным, метод объемной капнографии предлагается как альтернатива золотому стандарту диагностики легочных функций при ХОБЛ. Так, Pablo V. Romero с соавторами при обследовании 84 пациентов с ХОБЛ было продемонстрировано, что изменения показателей объемной капнографии согласуются со степенью тяжести обструктивных нарушений. Таким образом, авторы пришли к выводу, что метод объемной

капнографии может быть использован в качестве альтернативного теста для определения тяжести функциональных нарушений у этих пациентов [11].

J.S. Gravenstein (Кембриджский университет) в своей книге «Capnography» отметил, что метод объемной капнографии является более удобной альтернативой спирометрии, не требующей большой кооперации с пациентом, вместе с тем дает дополнительное представление об альвеолярной вентиляции [8].

Guang-Sheng Q. с соавторами в исследовании 66 пациентов с ХОБЛ показал корреляционную зависимость показателей спирометрии и объемной капнографии, что позволило ему сделать выводы: объемная капнография является количествен-

ным методом оценки тяжести обструкции дыхательных путей [9].

В настоящей работе проведен детальный анализ показателей объемной капнографии у пациентов с ХОБЛ в сравнении с контрольной группой.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 77 лиц мужского пола, из них 40 пациентов с ХОБЛ (возраст $65.18 \pm 8,7$ лет) и 37 пациентов контрольной группы (возраст $58,8 \pm 9,09$ лет).

Исследование функции внешнего дыхания проводилось с помощью ультразвукового компьютерного спирографа SpiroScout (Ganshorn, Германия), оснащенного функцией объемной капнографии (рис. 2) в соответствии со стандартами ATS/ERS.



Рис. 2. Ультразвуковой компьютерный спирограф Spiro Scout

Все пациенты группы ХОБЛ перед исследованием воздержались от приема короткодействующих бронходилататоров в течение 6 часов и длительнодействующих бронходилататоров в течение 12 часов.

Получены достоверные различия ($p < 0,05$) в группе пациентов с ХОБЛ в сравнении с контрольной группой по показателям $ОФВ_1$ и $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика обследуемых пациентов

Параметр	Единицы измерения	Группа ХОБЛ (n=40)	Контрольная группа (n=37)
Возраст	лет	$65.18 \pm 8,7$	$58,8 \pm 9,09$
$ОФВ_1$	% от долж.	$43,3 \pm 11,6^*$	$84,4 \pm 9,5$
$ОФВ_1/ФЖЕЛ$	%	$47,6 \pm 14,8^*$	$79,9 \pm 8,6$
ИМТ	кг/м ²	$25,6 \pm 5,1$	$27,1 \pm 4,37$

Сокращения: ИМТ- индекс массы тела, $ОФВ_1$ –объем форсированного выдоха за первую секунду, $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ –отношение объема форсированного выдоха за первую секунду к форсированной жизненной емкости легких.

* $p < 0,05$ в сравнении с результатами контрольной группы

Результаты представлены в виде: среднее \pm стандартное отклонение

Форма кривой объемной капнограммы непосредственно отображает газообмен в легких. Дополнительные диагно-

стические возможности предоставляет анализ фаз II и III. Структура объемной капнограммы представлена на рисунке 3.

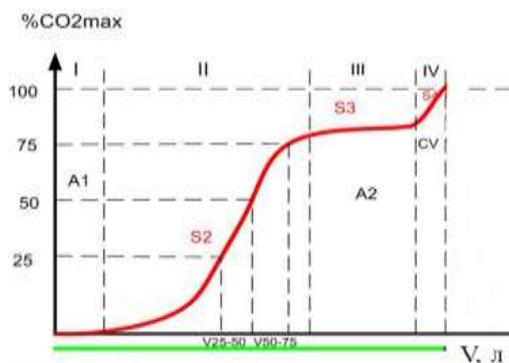


Рис. 3. Структура объемной капнограммы

Деструкция альвеолярно-капиллярной стенки при эмфиземе вызывает расширение терминальных и респираторных бронхиол и альвеолярных ходов. Объем смешанного воздуха при этом увеличивается; на капнограмме регистрируется изменение наклона второй фазы (dMM/dV_2) и угла альфа между фазами 2 и 3 (Alpha s2s3) (рис. 4).

Измерить объем физиологического мёртвого пространства возможно методом Bohr, Fowler и пороговым методом.

Для определения содержания дыхательного газа в альвеолярной смеси газов используется методика Бора. Расчет производится по формуле:

$$V_d = V_e \cdot (P_{ACO_2} - P_{eCO_2}) / P_{ACO_2},$$
 где: V_e – объем выдохнутой смеси газов, P_{ACO_2} – парциальное давление CO_2 в альвеолярной смеси газов, P_{eCO_2} – парциальное давление CO_2 в выдыхаемой смеси газов.

Ранее и в настоящее время (без использования метода капноволуометрии) объем функционального мёртвого пространства рассчитывался на основании разницы между значениями pCO_2 в выдыхаемом альвеолярном воздухе и капиллярной (артериальной) крови (точнее, крови конечных отрезков лёгочных капилляров). При увеличении физиологического мёртвого пространства (т.е. отно-

шения V_d/V_t) pCO_2 в выдыхаемом воздухе (P_{ECO_2}) будет ниже, чем pCO_2 в артериальной крови. На этом принципе основано уравнение Бора, применяемое для расчёта отношения V_d/V_t :

$$V_d/V_t = (P_{aCO_2} - P_{eCO_2}) / P_{aCO_2}.$$

Ультразвуковой компьютерный спирограф SpiroScout, оснащенный функцией объемной капнографии позволяет анализировать этот показатель без определения уровня углекислого газа, содержащегося в артериальной крови. В норме отношение $V_d/V_t = 0,3$ [8,10].

У здорового человека анатомическое и физиологическое пространства почти равны, но в определенных ситуациях, объем физиологического мертвого пространства может оказаться в 10 раз больше анатомического, т.е. 1-2 л, что является важным фактом в диагностике заболеваний органов дыхания, в т.ч. ХОБЛ.

Статистическая обработка результатов производилась при помощи пакета прикладных программ «Statistica for Windows» фирмы StatSoft Inc. Версия 10.0». Данные описательной статистики представлены как выборочное среднее \pm стандартное отклонение. Различия считались статистически достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

По результатам анализа показателей объемной капнографии было показано

достоверное различие ($p < 0,05$) отношения VD-Bohr/VT ($0,4 \pm 0,09$) в группе пациен-

тов с ХОБЛ в сравнении с контрольной группой ($0,28 \pm 0,06$) (табл. 2).

Таблица 2

Показатели объемной капнографии

Параметр	Единицы измерения	Группа ХОБЛ (n=40)	Контрольная группа (n=37)
VD-threshold	мл	98,4±24,7	92,7±12,4
VD-Bohr	мл	401,1±144,2*	327,2±87,2
VD-Bohr/VT		0,4±0,09*	0,28±0,06
VD-Fowler	мл	157,4±38,2*	123,4±21,4
VT	л	0,85±0,2	0,89±0,3
dMM/dV2	г/моль*л	2,2±0,68*	3,64±0,74
dMM/dV3	г/моль*л	0,38±0,12*	0,21±0,17
Alpha s2s3	°	137,6±8,1	126,6±5,6
VD-threshold выд.	мл	110,1±304,8	92,7±132,2
VD-Bohr выд.	мл	647,6±13,5*	555,5±14,6
VD-Fowler выд.	мл	213,5±22,9	116,5±22,9
dMM/dV2 выд.	г/моль*л	3,3±6,1*	6,46±4,2
dMM/dV3 выд.	г/моль*л	0,3±0,12	0,23±0,11
dMM/dV4 выд.	г/моль*л	0,71±0,23	0,75±0,32
V Cap	г/моль	0,42±0,06	0,41±0,3

Результаты представлены в виде: среднее ± стандартное отклонение

Сокращения: VD-threshold – объем мертвого пространства, определенный в соответствии с пороговым методом, VD-Bohr – объем мертвого пространства по Бору, VD-Bohr/VT- отношение объем мертвого пространства по Бору к дыхательному объему, VD-Fowler- объем мертвого пространства по Fowler, VT- дыхательный объем, dMM/dV2- угол наклона фазы 2, dMM/dV3 – угол наклона фазы 3, Alpha s2s3 – угол альфа между фазами 2 и 3, VD-threshold выд. – объем мертвого пространства, определенный в соответствии с пороговым методом на выдохе, VD-Bohr выд.- объем мертвого пространства по Бору на выдохе, VD-Fowler выд. – объем мертвого пространства по Fowler на выдохе, dMM/dV2 выд. – угол наклона фазы 2 на выдохе, dMM/dV3 выд. – угол наклона фазы 3 на выдохе, dMM/dV4 выд. – угол наклона фазы 4 на выдохе, V Cap – объем CO₂

* $p < 0,05$ в сравнении с результатами контрольной группы

С другой стороны, достоверных различий по V Cap между группами продемонстрировано не было: этот показатель составил $0,42 \pm 0,06$ в группе больных ХОБЛ и $0,41 \pm 0,3$ в контрольной группе соответственно. Однако при сравнении показателей, отражающих форму капнографической кривой получены следующие достоверные ($p < 0,05$) различия: у пациентов с ХОБЛ отмечено увеличение dMM/dV3 – угла наклона фазы 3 ($0,38 \pm 0,12$) в сравнении с контрольной группой ($0,21 \pm 0,17$)/ dMM/dV3 выд. составил $0,3 \pm 0,12$ % и $0,23 \pm 0,11$ у пациентов ХОБЛ и в контрольной группе соответственно, а также показано снижение dMM/dV2- угла наклона фазы 2 у пациентов

с ХОБЛ этот показатель составил $2,2 \pm 0,68$, в то время как в контрольной группе $3,64 \pm 0,74$; dMM/dV2 выд. составил $3,3 \pm 6,1$ и $6,46 \pm 4,2$ у пациентов в группе ХОБЛ и в контрольной группе соответственно.

Выводы

Капноволюмометрия является простой и информативной методикой, позволяющей расширить представление о легочных функциях пациентов с ХОБЛ.

Литература

1. Абросимов В.Н. Капнография в диагностике функциональных нарушений дыхания у больных нейроциркуляторной дистонией // Пульмонология. – 1998. – №3. – С. 55-58.

2. Абросимов В.Н. Хроническая обструктивная болезнь легких и пневмоклероз – еще один фенотип // Пульмонология. – 2012. – № 4. – С. 95-99.
3. Бяловский Ю.Ю. Капнография в общей врачебной практике / Ю.Ю. Бяловский, В.Н. Абросимов. – LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 136 с.
4. Данилов А.В. Сравнение заболеваемости ХОБЛ среди работников сельскохозяйственного предприятия, промышленного предприятия города Рязани и городским населением / А.В. Данилов // Наука молодых (Eruditio Juvenium). – 2014. – № 2. – С. 82-86.
5. Соловьева А.В. Изменение капнографических и спирометрических показателей при метаболическом синдроме / А.В. Соловьева, Ю.Ю. Бяловский, Д.Р. Ракита // Российский медико-биологический вестник им акад. И.П. Павлова. – 2009. – Вып. 3. – С. 1-5.
6. Fernando Suarez-Sipmann, Stephan H. Bohm, Gerardo Tusman. Volumetric capnography: the time has come // Curr Opin Crit Care. – 2014. – Vol. 20, №3. – P. 333-339.
7. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease // Revised. – 2014.
8. Gravenstein J.S. Capnography / J.S. Gravenstein MD [et al.] // Cambridge University Press. – Second Edition. – 2011. – 475 p.
9. Guang-Sheng Qi. The ability of volumetric capnography to distinguish between chronic obstructive pulmonary disease patients and normal subjects / Qi. Guang-Sheng [et al.] // Lung. – 2014. – Vol. 192, №5. – P. 661-668.
10. Mark S. Siobal RRT FAARC et al. Calculation of Physiologic Dead Space: Comparison of Ventilator Volumetric Capnography to Measurements by Metabolic Analyzer and Volumetric CO2 Monitor. // Respiratory Care. – 2013. – Vol. 58, №7. – P. 1143-1151.
11. Pablo V. Romero [et al.]. Volumetric capnography and chronic obstructive pulmonary disease staging // International Journal of COPD. – 2007. – Vol. 2, №3. – P. 381-391
12. Veronez L. [et al.]. Volumetric capnography for the evaluation of chronic airways diseases // Int J Chron Obstruct Pulmon Dis. – 2014. – P. 983-985.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Пономарева Ирина Борисовна – кафедра терапии ФДПО с курсом семейной медицины, ГБОУ ВПО РязГМУ Минздрава России, Рязань.

E-mail: docib@ya.ru

Субботин Сергей Викторович – кафедра терапии ФДПО с курсом семейной медицины, ГБОУ ВПО РязГМУ Минздрава России, Рязань.

E-mail: subbotinsv.89@mail.ru