




Можливості капнометрії в оцінці обструкції дрібних бронхів у хворих на бронхіальну астму

Ю. І. Феценко
Л. О. Яшина
К. В. Назаренко
С. Г. Опімах 
В. І. Ігнат'єва
М. О. Полянська
І. В. Зволь
С. М. Москаленко

*ДУ «Національний
інститут фтизіатрії
і пульмонології
ім. Ф. Г. Яновського
НАМН України»,
Київ 03038, Україна*

Опімах 
Світлана Генріхівна
sveta_infodoc@ukr.net

Патологія дрібних бронхів, зокрема їх обструкція та обмеження повітряного потоку в них, зумовлює тяжкий неконтрольований перебіг бронхіальної астми, що погано відповідає на стандартну терапію. Робота присвячена вивченню можливостей капнометрії в дослідженні обструкції дрібних бронхів у хворих на бронхіальну астму. Мета дослідження – удосконалити спосіб діагностики обструкції дрібних бронхів у хворих на бронхіальну астму шляхом використання методики капнометрії.

Матеріали і методи. Обстежено 30 хворих на бронхіальну астму, яким проводили спірометрію та капнометрію. Спірометрію проводили на апараті «Master Screen PFT» фірми «Cardinal Health» (Німеччина) за методикою фірми-виробника, капнометрію – на комплекті для дослідження кардіореспіраторної системи «Oxuscon Pro» фірми «Cardinal Health» (Німеччина). Повторюваність вимірювань показників капнометрії є задовільною, оскільки коефіцієнт варіації не виходить за межі 5 %. Відтворюваність вимірювань за методикою капнометрії у хворих на бронхіальну астму теж виявилась задовільною в межах від 1,9 до 4,8 %.

Результати. У хворих з обструкцією дрібних бронхів мало місце більш виражене порушення прохідності бронхів на рівні 50 та 25 % життєвої ємності легень, що залишилася до кінця видиху, порівняно з хворими без обструкції дрібних бронхів. Значення парціального тиску вуглекислого газу наприкінці видиху у хворих з обструкцією дрібних бронхів було статистично достовірно більшим, ніж у хворих без обструкції – $(4,78 \pm 0,14)$ та $(4,30 \pm 0,10)$ кПа відповідно, $p < 0,05$. У хворих з обструкцією дрібних бронхів також мало місце збільшення значення середнього парціального тиску CO_2 протягом видиху до $(3,29 \pm 0,10)$ кПа, тоді як у хворих без порушень прохідності дрібних бронхів цей показник складав $(2,85 \pm 0,11)$ кПа, $p < 0,05$.

Висновки. За даними капнометрії, зокрема шляхом визначення парціального тиску CO_2 наприкінці видиху й середнього парціального тиску CO_2 протягом видиху та при значенні парціального тиску CO_2 наприкінці видиху понад 4,50 кПа з одночасним підвищенням середнього парціального тиску CO_2 протягом видиху понад 3,07 кПа, діагностують обструкцію дрібних бронхів. Запропонований спосіб дозволяє підвищити точність діагностики бронхіальної астми при зменшенні складності її проведення.

Ключові слова: бронхіальна астма, обструкція дрібних бронхів, капнометрія

Для цитування: Феценко ЮІ, Яшина ЛО, Назаренко КВ, Опімах СГ, Ігнат'єва ВІ, Полянська МО, Зволь ІВ, Москаленко СМ. *Можливості капнометрії в оцінці обструкції дрібних бронхів у хворих на бронхіальну астму. Журнал Національної академії медичних наук України. 2019;25(2):163–8*

Стаття надійшла до редакції 20 травня 2019 року | Направлена на рецензування 12 червня 2019 року | Прийнята до друку 25 червня 2019 року

ВСТУП

Бронхіальна астма (БА) – гетерогенне захворювання, яке характеризується хронічним запаленням дихальних шляхів. При БА запальний процес може уражати будь-які ділянки бронхіального дерева від центральних до периферичних, зокрема дистальні або дрібні (діаметром до 2 мм) бронхи. Патологія дрібних бронхів, а саме їх обструкція та обмеження повітряного потоку в них, зумовлює тяжкий неконтрольований перебіг БА, що погано відповідає на стандартну терапію. Тяжка астма є особливою проблемою як для лікарів, так і для пацієнтів, членів їхніх сімей, суспільства в цілому та асоціюється з високим ризиком

тяжких, загрозливих для життя загострень і високою смертністю [1]. Для лікування цієї категорії хворих створюють нові форми інгаляційних лікарських засобів та доставкових пристроїв, а також розробляють нові способи їх застосування [2].

Оцінка обструкції дрібних бронхів при БА вкрай складна, адже регіон дихальних шляхів дрібного калібру відносно недосяжний для функціонального обстеження. На сьогодні в клінічній практиці відсутні методи оцінки обструкції дрібних бронхів, які б мали чіткі діагностичні критерії [3].

Серед методик оцінки бронхіальної прохідності в клінічній практиці найбільш доступною є спірометрія [4]. Критерієм обструкції дрібних бронхів є зменшення максимальної

миттєвої об'ємної швидкості форсованого видиху на рівні 25, 50, 75 % життєвої ємності легень, що залишилася до кінця видиху (MEF25, MEF50, MEF75, maximal instantaneous forced expiratory flow where 25 %, 50 %, 75 % of the FVC remains to be expired) зі значенням MEF75 нижчим, ніж 50 % від належних величин [5]. Проте спірометрія має ряд недоліків. Так, показники MEF25, MEF50 та MEF75 неможливо інтерпретувати у хворих з порушенням життєвої ємності легень (а при обструкції дрібних бронхів життєва ємність легень зазвичай знижується). Крім того, маневр форсованої спірометрії супроводжується компресією альвеолярного газу та зменшенням об'єму легень, а також звуженням калібру дихальних шляхів, що вносить похибку у значення MEF25, MEF50 та MEF75. При неповному експіраторному маневрі має місце значна переоцінка показників MEF25, MEF50 та MEF75. У цілому для зазначених параметрів відтворюваність вимірювань є недостатньою, особливо якщо пацієнт виконує субмаксимальний експіраторний маневр (коливання коефіцієнту варіації для показників MEF сягає 27–89 %) [6]. У хворих на БА трапляються випадки незадовільної переносимості процедури: у деяких пацієнтів повторні маневри форсованого видиху можуть спровокувати бронхоспазм. І загалом, результат спірометрії залежить від правильного виконання маневрів і розуміння інструкцій, зусиль, мотивації та співпраці пацієнта з дослідником [5].

Водночас в Україні все більше сучасних спірометрів, полісомнографів, комплексів кардіореспіраторної діагностики й систем моніторингу у відділеннях інтенсивної терапії обладнані модулями капнометрії. Капнометрія – це вимірювання й цифрове відображення концентрації або парціального тиску вуглекислого газу в повітрі, що вдихає або видихає пацієнт під час дихального циклу [7].

Капнометрія здобула «право на життя» в клінічній практиці декілька десятиріч тому [8]. Спеціалісти Американської асоціації з респіраторної терапії (American Association for Respiratory Care) зазначають, що капнометрія дозволяє ідентифікувати зміни в малому колі кровообігу й дихальному статусі раніше, ніж пульсоксиметрія, і рекомендують застосовувати цю методику для моніторингу коректного розташування інтубаційної трубки та зупинки серця, корекції режиму механічної вентиляції легень, під час транспортування хворих, яким проводять штучну вентиляцію легень, для контролю ефективності серцево-легеневої реанімації [9].

Процедура капнометрії є простою (повітря, що видихує пацієнт, скеровується із дихальних шляхів безпосередньо в аналізатор), фізіологічною (не потребує виконання складних маневрів), не залежить від фізичних можливостей хворого, розуміння інструкцій, зусиль, мотивації та співпраці пацієнта з дослідником, не має протипоказань і добре переноситься хворими. Методика капнометрії не потребує обладнання високої вартості не тільки тому, що капнометр є складовим модулем багатьох сучасних діагностичних комплексів, але й через те, що застосування інфрачервоного датчика не потребує додаткових витратних матеріалів, результати вимірювання відображаються на моніторі приладу в режимі реального часу.

Капнометрія може бути застосована для скринінгу гіперкапнії у хворих на ХОЗЛ [10]. Тому нас зацікавило

вивчення можливостей капнометрії в оцінці патогенетичних особливостей порушень функції зовнішнього дихання у хворих на бронхіальну астму.

Ця робота виконується з метою удосконалити спосіб діагностики обструкції дрібних бронхів у хворих на бронхіальну астму шляхом використання методики капнометрії.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Робота виконана за рахунок коштів державного бюджету України.

Дослідження було узгоджено з локальним комітетом з медичної етики Державної установи «Національний інститут фізіотерії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського НАМН України», учасники були ознайомлені з протоколом дослідження та підписали форму інформованої згоди на участь у ньому.

У дослідженні взяли участь 30 хворих на бронхіальну астму, яким проводили спірометрію та капнометрію.

Спірометрію проводили на апараті «Master Screen PFT» фірми «Cardinal Health» (Німеччина) за методикою фірми-виробника [4]. **Вивчали такі показники:**

- максимальна миттєва об'ємна швидкість форсованого видиху на рівні 25 % життєвої ємності легень, що залишилася до кінця видиху (MEF25),
- максимальна миттєва об'ємна швидкість форсованого видиху на рівні 50 % життєвої ємності легень, що залишилася до кінця видиху (MEF50),
- максимальна миттєва об'ємна швидкість форсованого видиху на рівні 75 % життєвої ємності легень, що залишилася до кінця видиху (MEF75).

Показники спірометрії оцінювали у відсотковому співвідношенні до стандартних величин, розроблених Європейським співтовариством вугілля та сталі [6].

До початку обстеження хворому роз'яснювали суть процедури. Під час процедури спірометрії пацієнт закриває ніс кліпсою та дихає через загубник пневмотахометра. Після рівномірного дихання (3–4 дихальних об'єми) пацієнт робить потужний максимальний вдих і різкий видих. Видих повинен тривати не менше 6 секунд або до досягнення плато. Необхідно зробити щонайменше 3 відтворені спроби (але не більше 8) і обрати найбільшу з них для інтерпретації даних [4].

Капнометрію проводили на комплекті для дослідження кардіореспіраторної системи «Oxuson Pro» фірми «Cardinal Health» (Німеччина) [11]. **Оцінювали такі показники:**

- парціальний тиск вуглекислого газу наприкінці видиху в повітрі, що видихується, кПа (PETCO₂, end-tidal CO₂ pressure, kPa),
- парціальний тиск вуглекислого газу протягом видиху в повітрі, що видихується, кПа (PECO₂, expired CO₂ pressure, kPa),

До початку обстеження хворому роз'яснювали суть процедури. Капнометрія проводиться в положенні сидячи, пацієнт дихає атмосферним повітрям протягом 5 хвилин через загубник з носовою кліпсою для того, щоб весь потік повітря, що вдихається або видихається, проходив через аналізатор. Після цього протягом 3 хвилин записуються

дані капнометрії. Капнометр реєструє, відображає та зберігає в базі приладу середню величину парціального тиску CO_2 наприкінці видиху й середню величину середнього парціального тиску CO_2 протягом видиху кожних із чотирьох послідовних дихальних циклів [12]. У роботі М. Lujan та співавторів [13] вивчався вплив дихальних маневрів на коректність вимірювання PETCO_2 і показано, що спокійне дихання має переваги перед маневром максимального видиху.

Перед проведенням основного етапу роботи нами було досліджено, чи відповідають правильність, повторюваність і відтворюваність вимірювань за методикою капнометрії вимогам, що висуваються до клінічних тестів і є основними показниками якості результатів обстеження. Правильність (точність) вимірювань характеризує достовірність методу у визначенні точного значення (істинної величини) досліджуваного показника. Точність вимірювань капнометрії контролюється за допомогою калібрування апарату газовою сумішшю, що містить 5,85 об'ємних відсотків CO_2 та 15 об'ємних відсотків кисню в азоті й надається виробником обладнання.

Повторюваність – це близькість результатів послідовних неодноразових вимірювань того самого показника протягом короткого часу, що здійснюються з урахуванням усіх зазначених умов: ті самі метод, дослідник, інструмент, місце, умови використання. Відтворюваність – це близькість результатів послідовних вимірювань того самого показника, де окремі вимірювання проводяться зі зміненими умовами, як-от: метод вимірювання, спостерігач, інструмент, місце, умови використання й часу. Для оцінки повторюваності та відтворюваності нами проводилося по 20 вимірювань показників капнометрії, після чого для кожного ряду вимірів ми розраховували середню величину й середнє квадратичне відхилення та визначали коефіцієнт варіації (CV) – стандартне відхилення, виражене у відсотках від середнього значення [14].

Для оцінки повторюваності нами проаналізовано результати капнометрії, які реєструвалися безперервно протягом трьох хвилин для одержання щонайменше 20 вимірів у постійних умовах (ті самі метод, дослідник, інструмент, місце, досліджуваний). Повторюваність результатів вивчено окремо для здорової особи, хворого на БА і трьох хворих на ХОЗЛ II, III та IV стадії відповідно до спірометричної класифікації GOLD [15]. Аналіз отриманих даних продемонстрував, що значення CV для показників капнометрії коливаються в межах від 1,8 до 4,9 % незалежно від нозології. Отже, повторюваність вимірювань показників капнометрії є задовільною, оскільки CV не виходить за межі 5 %. Відтворюваність вимірювань за методикою капнометрії у хворих на БА також виявилась задовільною в межах від 1,9 до 4,8 % [16].

Накопичення даних та їх математичне оброблення проведено за допомогою ліцензійних програмних продуктів, що входять у пакет Microsoft Office Professional 2007, ліцензія Russian Academic OPEN No Level № 43437596. Статистичне оброблення виконано за допомогою математичних і статистичних можливостей MS Excel, а також додаткових статистичних функцій, розроблених С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич [17]. Параметри, що вивчалися в цій праці, оцінювали за допомогою визначення середньої величини (M),

похибки середньої величини (m), стандартного відхилення (y), критерію достовірності (t), рівня значущості (p) з подальшим порівнянням з використанням t-критерію Стьюдента. Перевірку числових рядів на відповідність нормальному розподілу здійснювали за допомогою спеціальної функції NORMSAMP_1, розробленої для програми Excel [17].

Оцінку діагностичного тесту проводили шляхом побудови «латинського квадрату» або чотирипільної таблиці (табл. 1) [18].

ТАБЛИЦЯ 1
СПІВВІДНОШЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДІАГНОСТИЧНОГО ТЕСТУ ТА НАЯВНОСТІ ЗАХВОРЮВАННЯ

Тест	Захворювання			
	наявне		відсутнє	
Позитивний	Істинно позитивний	a	b	Хибнопозитивний
Негативний	Хибнонегативний	c	d	Істинно негативний

Точність тесту (accuracy, A) відображає частку істинних результатів тесту в загальній їх кількості: $A=(a+d)/(a+b+c+d)$.

Чутливість тесту (sensitivity, Se) – це частка істинних позитивних результатів у пацієнтів з певним захворюванням: $Se=a/(a+c)$.

Специфічність (specificity, Sp) – це частка істинних негативних результатів в осіб без захворювання: $Sp=d/(b+d)$.

Прогностична цінність позитивного результату (positive predictive value, +PV) – це ймовірність того, що пацієнт є хворим, якщо отримано позитивний результат діагностичного тесту: $+PV=a/(a+b)$.

Прогностична цінність негативного результату (negative predictive value, -PV) – це ймовірність відсутності захворювання за нормального результату тесту: $-PV=d/(c+d)$ [19].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для вирішення поставленого завдання було обстежено 30 хворих на бронхіальну астму, яким проведено спірометрію та капнометрію. За результатами спірометрії хворих було розподілено на дві групи – з обструкцією дрібних бронхів ($\text{MEF}_{75} < 50\%$ від належних величин) та без такої, після чого було проведено аналіз результатів капнометрії щодо обраних показників (табл. 2).

У хворих з обструкцією дрібних бронхів ($\text{MEF}_{75} < 50\%$) мало місце більш виражене порушення прохідності бронхів на рівні 50 та 25 % життєвої ємності легень, що залишилася до кінця видиху, порівняно з хворими без обструкції дрібних бронхів, $p < 0,05$. Значення PETCO_2 (парціального тиску CO_2 наприкінці видиху) у хворих з обструкцією дрібних бронхів було статистично достовірно більшим, ніж у хворих без обструкції – $(4,78 \pm 0,14)$ та $(4,30 \pm 0,10)$ кПа відповідно, $p < 0,05$. У хворих з обструкцією дрібних бронхів також мало місце збільшення PECO_2 , тобто значення середнього парціального тиску CO_2 протягом видиху, до $(3,29 \pm 0,10)$ кПа, тоді як у хворих без порушень прохідності дрібних бронхів цей показник складав $(2,85 \pm 0,11)$ кПа, $p < 0,05$.

ТАБЛИЦЯ 2

РЕЗУЛЬТАТИ СПІРОМЕТРІЇ ТА КАПНОМЕТРІЇ
У ХВОРИХ ЗАЛЕЖНО ВІД НАЯВНОСТІ ОБСТРУКЦІЇ ДРІБНИХ БРОНХІВ (М ± М)

Показник	Хворі з ME75 < 50 %, (n = 14)	Хворі з ME75 > 50 %, (n = 16)	t-критерій	p
ME75, %	35,8 ± 2,1	66,7 ± 3,4	7,64	< 0,0001*
ME50, %	25,5 ± 2,0	39,1 ± 2,5	4,26	0,0002*
ME25, %	17,3 ± 2,4	25,8 ± 2,4	2,48	0,021*
РЕТСО ₂ , кПа, М ± м	4,78 ± 0,14	4,30 ± 0,10	3,02	0,0053*
РЕТСО ₂ , кПа, 95 % ДІ#	4,51–5,06	4,10–4,49	–	–
РЕСО ₂ , кПа	3,29 ± 0,10	2,85 ± 0,11	2,75	0,0104*
РЕСО ₂ , кПа, 95 % ДІ#	3,11–3,47	2,64–3,05	–	–

Примітки: * – статистично достовірна різниця показників; # – 95 % довірчий інтервал

У 95 % випадків довірчі інтервали показників РЕТСО₂ та РЕСО₂ між групами також не перетиналися, що свідчить про статистичну достовірність відмінностей показників, а також про те, що 95 % результатів обстежень хворих у генеральній сукупності має перебувати у заданих інтервалах.

Отримані результати можна пояснити тим, що обмеження повітряного потоку на рівні дрібних бронхів призводить до порушення легеневої вентиляції та накопичення СО₂ в альвеолах, яке впливає на вміст СО₂ у повітрі, що видихує хворий. Установлено, що при значенні парціального тиску СО₂ наприкінці видиху (РЕТСО₂) понад 4,50 кПа з одночасним підвищенням середнього парціального тиску СО₂ протягом видиху (РЕСО₂) понад 3,07 кПа у хворих має місце обструкція дрібних бронхів.

Наводимо клінічний приклад проведеного обстеження. Хвора І., 60 років, амбулаторна карта № 12586, перебувала на амбулаторному лікуванні у відділенні диференційної діагностики туберкульозу та неспецифічних захворювань легень ДУ «Національний інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського НАМН України» з приводу загострення бронхіальної астми. Госпіталізована зі скаргами на напади ядухи, зокрема в нічні години, задишку при фізичному навантаженні, сухий кашель, свистяче дихання. Хворіє протягом 14 років, перебіг захворювання відбувається з частими загостреннями, а стандартна терапія не дозволяє досягти контролю над симптомами БА.

При огляді загальний стан задовільний. Шкіра та слизові оболонки бліді, без висипань. У легенях дихання послаблене везикулярне, при аускультатії прослуховуються розсіяні сухі хрипи справа та зліва. Тони серця звучні, ритмічні. Дослідження функції зовнішнього дихання виявило вентиляційні порушення за обструктивним типом (об'єм форсованого видиху за першу секунду дорівнював 62,4 % від належних величин), оборотність бронхообструкції складала 14,3 %, а показники прохідності дрібних бронхів становили: ME25 – 22,7 %, ME50 – 30,5 % та ME75 – 40,9 % від належних величин.

При проведенні капнометрії встановлено, що парціальний тиск СО₂ наприкінці видиху (РЕТСО₂) становить 5,74 кПа, а середній парціальний тиск СО₂ протягом видиху (РЕСО₂) – 3,64 кПа.

Таким чином, у хворі на БА виявлені клінічні ознаки бронхіальної обструкції та обмеження повітряного потоку на рівні дрібних бронхів (свистячі хрипи при аускультатії

легень), які були підтвержені як за допомогою спірометрії, так і за даними капнометрії: збільшення РЕТСО₂ понад 4,50 кПа і збільшення РЕСО₂ понад 3,07 кПа, що доводить наявність обструкції дрібних бронхів.

Після цього визначено характеристики капнометрії як діагностичного тесту обструкції дрібних бронхів за допомогою побудови «латинського квадрату» або чотирипільної таблиці [18]. Обрахунки проведені для всіх показників РЕТСО₂ (4,50 кПа) та РЕСО₂ (3,06; 3,07; 3,08; 3,09 та 3,10 кПа), що виходять за межі зазначених у таблиці 95% довірчих інтервалів цих параметрів. Як наслідок, встановлено, що саме при збільшенні РЕТСО₂ понад 4,50 кПа і збільшенні РЕСО₂ понад 3,07 кПа характеристики тесту є найоптимальнішими: точність тесту складає 86,7 %, чутливість – 78,6 %, специфічність – 93,7 %. Для діагностичних тестів не існує мінімально необхідних величин чутливості або специфічності, однак тести, чутливість і специфічність яких не досягає 50 %, є неприйнятними в клінічній практиці [20]. Чутливість і специфічність капнометрії достатньо високі, що надає можливість упровадити тест оцінки обструкції дрібних бронхів у клінічну практику.

Відомо, що вся діагностична діяльність спрямована на отримання прогностичної цінності тесту на рівні 80,0 % [21]. Прогностична цінність тесту за способом, використаним у нашому дослідженні, є високою як для позитивного результату – 91,7 %, так і негативного – 83,3 %. Таким чином, спосіб діагностики обструкції дрібних бронхів у хворих на бронхіальну астму має високі показники чутливості, специфічності та прогностичної цінності, які повністю відповідають вимогам до клінічних тестів.

ВИСНОВКИ

Через визначення парціального тиску СО₂ наприкінці видиху (РЕТСО₂) та середнього парціального тиску СО₂ протягом видиху (РЕСО₂) досягається підвищення точності діагностики обструкції дрібних бронхів щонайменше на 22,0 %, порівняно зі спірометрією, завдяки високій відтворюваності вимірювань, яка також забезпечується за допомогою калібрування апарату стандартною газовою сумішшю;

При значенні парціального тиску вуглекислого газу наприкінці видиху понад 4,50 кПа з одночасним підвищенням середнього парціального тиску вуглекислого газу протягом видиху понад 3,07 кПа діагностують обструкцію дрібних бронхів.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Фещенко ЮІ.* Оновлені 2014 року міжнародні документи по веденню хворих на бронхіальну астму. *Здоров'я України.* 2014;4(28):6–7. Доступно: <http://health-ua.com/article/6373-onovlen-2014-roku-mzhnarodn-dokumenti-po-vedennyu-hvorih-na-bronhalnu-astmu>.
2. *Scichilone N.* Small airways in asthma. *Europ Respir News.* 2013;81:71–9. Available from: <http://www.chiesifoundation.org/img/news/allegati/U3aOzWEjYHern-2-2013--2881-29.pdf#page=25>.
3. *Berge van den M, Ten Hacken NHT, Cohen J, Douma WR, Postma DS.* Small airway disease in asthma and COPD. *Chest.* 2011;139(2):412–23. DOI: 10.1378/chest.10-1210.
4. *Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al.* Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26:319–38. DOI: 10.1183/09031936.05.00034805.
5. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. American Thoracic Society. No authors listed. *Am Rev Respir Dis.* 1991;144(5):1202–18. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1952453>.
6. *Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC.* 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;16:5–40. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8499054>.
7. *Kupnik D, Skok P.* Capnometry in the prehospital setting: are we using its potential? *Emerg. Med. J.* 2007;24:614–17. DOI: 10.1136/emj.2006.044081.
8. *D'Mello J, Butani M.* Capnography. *Indian J Anaest.* 2002;46(4):269–78. Available from: <http://medind.nic.in/iad/t02/i4/iadt02i4p269.pdf>.
9. *Walsh BK, Crotwell DN, Restrepo RD.* Capnography/Capnometry during Mechanical Ventilation: 2011. AARC Clinical Practice Guideline. *Respiratory care.* 2011;56(4):503–9. DOI: 10.4187/respcare.01175.
10. *Фещенко ЮІ, Яшина ЛО, Ігнатієва ВІ, Опімак СГ, винахідники;* Державна установа “Національний інститут фізіотерії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського Національної академії медичних наук України”, патентовласник. Спосіб діагностики гіперкапнії у хворих на хронічне обструктивне захворювання легень. Патент Україна 92002, 2014. Доступно: <http://uapatents.com/7-92002-sposib-diagnostiki-giperkapni-u-khvorikh-na-khronichne-obstruktivne-zakhvoryuvannya-legen.html>.
11. *Yorba L.* Capnography handbook. CareFusion Corporation or one of its subsidiaries; 2010. 36 p. Available from: <https://faculty.mccneb.edu/tmchampion/RC1706-L3017-Capnography-Handbook.final.pdf>.
12. *Engoren M, Plewa M, O'Hara D, Kline JA.* Evaluation of capnography using a genetic algorithm to predict PaCO₂. *Chest.* 2005;127:579–84. Available from: [https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692\(15\)32598-8/fulltext](https://journal.chestnet.org/article/S0012-3692(15)32598-8/fulltext).
13. *Lujan M, Canturri E, Moreno A, Arranz M, Vigil L, Domingo C.* Capnometry in spontaneously breathing patients: the influence of chronic obstructive pulmonary disease and expiration maneuvers. *Med Sci Monit.* 2008;14(9):485–92. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18758420>.
14. *Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al.* General consideration for lung function testing. *Eur Respir J.* 2005;26:153–161. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15994402>.
15. Global initiative for chronic obstructive lung diseases (GOLD). Global strategy for diagnosis, management and prevention of chronic obstructive lung diseases. NHLB/WHO workshop report. Available from: <http://www.goldcopd.com> (Last accessed 06.02.2019).
16. *Іщук СГ.* Характеристика капнометрії як методу діагностики порушень газообміну у хворих на ХОЗЛ. Астма та алергія. 2012;3:28–33. Available from: <http://www.ifp.kiev.ua/doc/journals/aa/12/pdf12-3/28.pdf>.
17. *Лапач СН, Чубенко АВ, Бабич ПН.* Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. Киев: Морион; 2000. 320 с.
18. *Москаленко ВФ, Пузанова ОГ.* Методология діагностики та доказовий підхід, або доказова діагностика. *Терапія. Український медичний вісник.* 2011;6:20–6.
19. *Lalkhen AG, McCluskey A.* Clinical tests: sensitivity and specificity. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain.* 2008;8(6):221–23. Available from: <https://doi.org/10.1093/bjaceaccp/mkn041>.
20. *Wang N, Gates KL, Trejo H, Favoreto S Jr, Schleimer RP, Sznajder JJ, et al.* Elevated CO₂ selectively inhibits interleukin-6 and tumor necrosis factor expression and decreases phagocytosis in the macrophage. *FASEB J.* 2010;24:2178–90. DOI: 10.1096/fj.09-136895.
21. *Власов ВВ.* Изучение методов диагностики. *Международный журнал медицинской практики.* 2006;4:7–17. Доступно: http://morphology.dp.ua/_pub/sno/metodology/met08.pdf.



INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yurii I. Feshchenko, Dr. Sci. (Medicine), Prof., Full Member of the NAMS of Ukraine, Director, ORCID: 0000-0002-8650-0289

DEPARTMENT OF DIAGNOSTICS, THERAPY AND CLINICAL PHARMACOLOGY OF LUNG DISEASES

Luidmyla O. Yashyna, Dr. Sci. (Medicine), Prof., Head of the Department, ORCID: 0000-0002-4264-1207

Svitlana G. Opimakh, Cand. Sci. (Medicine), Senior Researcher, ORCID: 0000-0002-4631-2048

Viktoria I. Ignatieva, Cand. Sci. (Medicine), Senior Researcher, ORCID: 0000-0003-0604-4349

Maryna O. Polianska, Cand. Sci. (Medicine), Senior Researcher, ORCID: 0000-0003-0305-7988

Inna V. Zvol, Cand. Sci. (Medicine), Senior Researcher, ORCID: 0000-0001-8533-2618

Svitlana M. Moskalenko, Cand. Sci. (Medicine), Researcher, ORCID: 0000-0002-0364-2047

DEPARTMENT OF PULMONOLOGY

Kseniia V. Nazarenko, Cand. Sci. (Medicine), Senior Researcher, ORCID: 0000-0003-2116-2693

ISSN 2413-7944



ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Фещенко Юрій Іванович – директор інституту, д.м.н., проф., академік НАМН України, ORCID: 0000-0002-8650-0289

ВІДДІЛЕННЯ ДІАГНОСТИКИ, ТЕРАПІЇ ТА КЛІНІЧНОЇ ФАРМАКОЛОГІЇ ЗАХВОРЮВАНЬ ЛЕГЕНЬ

Яшина Людмила Олександрівна – завідувачка відділення, д.м.н., проф., ORCID: 0000-0002-4264-1207

Опімак Світлана Генріхівна – старший науковий співробітник, к.м.н., ORCID: 0000-0002-4631-2048

Ігнатієва Вікторія Ігорівна – старший науковий співробітник, к.м.н., ORCID: 0000-0003-0604-4349

Полянська Марина Олександрівна – старший науковий співробітник, к.м.н., ORCID: 0000-0003-0305-7988

Зволь Інна Володимирівна – старший науковий співробітник, к.м.н., ORCID: 0000-0001-8533-2618

Москаленко Світлана Михайлівна – науковий співробітник, к.м.н., ORCID: 0000-0002-0364-2047

ВІДДІЛЕННЯ ПУЛЬМОНОЛОГІЇ

Назаренко Ксенія Володимирівна – старший науковий співробітник, к.м.н., ORCID: 0000-0003-2116-2693

167



SUMMARY

Using capnometry to assess small airway obstruction in patients with bronchial asthma

Yurii I. Feshchenko, Luidmyla O. Iashyna, Kseniia V. Nazarenko, Svitlana H. Opimakh, Viktoria I. Ignatieva, Maryna O. Polianska, Inna V. Zvol, Svitlana M. Moskalenko

F. G. Yanovsky National Institute of Phthisiology and Pulmonology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine., NAMSU, 10 Amosova St., Kyiv 03038, Ukraine

The pathology of small airways, specifically obstruction and airflow-limitation, causes severe uncontrolled bouts of bronchial asthma, which responds poorly to available standard therapies. In this work we look at the capabilities of capnometry in assessing small airway obstruction in patients with bronchial asthma.

The **purpose** of this study is to improve the method used to diagnose small bronchi obstruction in patients with bronchial asthma by using the capnometry method.

Materials and methods: 30 patients with bronchial asthma were examined, and underwent spirometry and capnometry. Spirometry was performed on the "Master Screen PFT" apparatus of the firm "Cardinal Health" (Germany) according to the methods of the manufacturing firms. Capnometry was carried out on the set for the study of the cardiorespiratory system «Oxycon Pro» by the firm «Cardinal Health» (Germany). The reproducibility of measurements of indicators of capnometry was found to be satisfactory, coefficient of variation did not exceed 5%, it was found to be 1.9 to 4.8 %.

Results: patients with small bronchii obstruction had a more pronounced impairment of bronchial patency level of 50 and 25 % of the vital capacious lungs, remaining until the end of exhalation as compared to patients without small bronchii obstruction. The value of the partial pressure of carbon dioxide at the end of expiration in patients with obstruction of the small bronchi was statistically significantly higher than in patients without obstruction – (4.78 ± 0.14) and (4.30 ± 0.10) kPa, respectively, $p < 0,05$. In patients with obstruction of the small bronchi, there also was an increase in the value of the average partial pressure of carbon dioxide during expiration to (3.29 ± 0.10) kPa, while in patients without obstruction this indicator was $(2,85 \pm 0, 11)$ kPa, $p < 0,05$.

Conclusions: According to the capnometry, specifically by determining the partial CO_2 pressure at the end of the exhalation and the mean partial pressure of CO_2 during exhalation, and when the partial pressure of CO_2 at the end of the exhalation is more than 4,50 kPa with a simultaneous increase in the average partial pressure of CO_2 during exhalation of more than 3,07 kPa, a diagnosis confirming small airway obstruction can be rendered. The proposed method improves the accuracy of the diagnosis of bronchial asthma and reduces the complexity of its implementation.

Key words: bronchial asthma, small airways obstruction, capnometry.

For citation: Feshchenko YI, Iashyna LO, Nazarenko KV, Opimakh SG, Ignatieva VI, Polianska MO, Zvol IV, Moskalenko SM. Using capnometry to assess small airway obstruction in patients with bronchial asthma. *Journal of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine.* 2019;25(2):163–8

The article was received on May 20, 2019 | For review, June 12, 2019 | Accepted for publication on June 25, 2019



Svitlana H. Opimakh
sveta_infodoc@ukr.net



РЕЗЮМЕ

Возможности капнометрии в оценке обструкции мелких бронхов у больных бронхиальной астмой

Ю. И. Фещенко, Л. А. Яшина, К. В. Назаренко, С. Г. Опимах, В. И. Игнатъева, М. А. Полянская, И. В. Зволь, С. М. Москаленко

Государственное учреждение «Национальный институт фтизиатрии и пульмонологии им. Ф. Г. Яновского НАМН Украины», ул. Амосова, 10, Киев 03038, Украина

Патология мелких бронхов, а именно их обструкция и ограничение воздушного потока в них, обуславливает тяжелое неконтролируемое течение бронхиальной астмы, которое плохо отвечает на стандартную терапию. Работа посвящена изучению возможностей капнометрии в исследовании обструкции мелких бронхов у больных бронхиальной астмой.

Цель исследования – усовершенствовать способ диагностики обструкции мелких бронхов у больных бронхиальной астмой путем использования методики капнометрии.

Материалы и методы. Обследовано 30 больных бронхиальной астмой, которым проводились спирометрия и капнометрия. Спирометрия проводилась на аппарате «Master Screen PFT» фирмы «Cardinal Health» (Германия) согласно методике фирмы-производителя. Капнометрия проводилась на комплекте для исследования кардиореспираторной системы «Oxycon Pro» фирмы «Cardinal Health» (Германия). Повторяемость измерений показателей капнометрии была удовлетворительной, поскольку коэффициент вариации не выходил за пределы 5 %. Воспроизводимость измерений методики капнометрии у больных бронхиальной астмой также оказалась удовлетворительной в пределах от 1,9 до 4,8 %.

Результаты. У больных с обструкцией мелких бронхов имело место более выраженное нарушение проходимости бронхов на уровне 50 и 25 % жизненной емкости легких, оставшейся до конца выдоха, по сравнению с больными без обструкции мелких бронхов. Значение парциального давления углекислого газа в конце выдоха у больных с обструкцией мелких бронхов было статистически достоверно большим, чем у больных без обструкции – $(4,78 \pm 0,14)$ и $(4,30 \pm 0,10)$ кПа соответственно, $p < 0,05$. У больных с обструкцией мелких бронхов также имело место повышенное значения среднего парциального давления углекислого газа в течение выдоха до $(3,29 \pm 0,10)$ кПа, тогда как у больных без нарушений проходимости мелких бронхов этот показатель составлял $(2,85 \pm 0, 11)$ кПа, $p < 0,05$.

Выводы. По данным капнометрии, а именно: при определении парциального давления CO_2 в конце выдоха и среднего парциального давления CO_2 на протяжении выдоха, и при значении парциального давления CO_2 в конце выдоха более 4,50 кПа с одновременным повышением среднего парциального давления CO_2 на протяжении выдоха более 3,07 кПа, диагностируют обструкцию мелких бронхов. Предложенный способ позволяет повысить точность диагностики бронхиальной астмы и уменьшить сложность ее проведения.

Ключевые слова: бронхиальная астма, обструкция мелких бронхов, капнометрия.

Для цитирования: Фещенко ЮИ, Яшина ЛА, Назаренко КВ, Опимах СГ, Игнатъева ВИ, Полянская МА, Зволь ИВ, Москаленко СМ. Возможности капнометрии в оценке обструкции мелких бронхов у больных бронхиальной астмой. *Журнал Национальной академии медицинских наук Украины,* 2019;25(2):163–8

Статья поступила в редакцию 20 мая 2019 | Направлена на рецензирование 12 июня 2019 | Принята в печать 25 июня 2019