

УДК 616.24-007.272-036.12+616.248-07

С. Г. Ішук

ДУ «Національний інститут фізичної медицини та пульмонології імені Ф. Г. Яновського НАМН України», м. Київ

Характеристика капнометрії як методу діагностики порушень газообміну у хворих на ХОЗЛ

Ключові слова: хронічне обструктивне захворювання легень, порушення газообміну, капнометрія.

Капнометрія – це вимірювання і цифрове відображення концентрації або парціального тиску вуглекислого газу (CO_2) в повітрі, що вдихає або видихає пацієнт під час дихального циклу. Капнометр – прилад, що вимірює і відображує концентрацію CO_2 [6]. Капнографія – це графічне відображення цих самих показників відносно часу або дихального об'єму у вигляді кривої, а капнограф – прилад, що формує криву капнометрії. Ці два методи не еквівалентні один одному, хоча за умови, що капнографічна крива прокалібрована, капнографія містить в собі капнометрію [26].

Історія капнометрії розпочинається з 1943 року, коли Luft винайшов здатність вуглекислого газу поглинати інфрачервоне випромінювання з визначеною довжиною хвилі. Ера клінічного застосування капнометрії почалася в 1978 році в Голландії [16]. CO_2 – продукт клітинного аеробного метаболізму, його тканинний рівень – 50 мм рт. ст. CO_2 легко дифундує з клітин у кров та еритроцити, його рівень у венозній крові – 45 мм рт. ст. Приблизно 7 % CO_2 розчиняється в крові, 23 % – зв'язується з гемоглобіном і 70 % – формує вугільну кислоту при з'єднанні з водою [14]. Альвеолярний рівень CO_2 становить близько 40 мм рт. ст., а парціальний тиск вуглекислого газу в повітрі наприкінці видиху відображає метаболізм, циркуляцію та функцію дихальної системи [3, 33].

Проблема розладів газообміну у хворих на хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ) є надзвичайно актуальною. Це зумовлено прогресуючим перебігом захворювання, одним із основних ускладнень якого є легенева недостатність [2, 29]. Хворі на ХОЗЛ, що ускладнилося легеневою недостатністю, страждають від задишки та зниженої переносимості фізичного навантаження, а при пізніх стадіях ХОЗЛ – від драматичного погіршення якості життя, втрати здатності до самообслуговування, прикутості до ліжка [22].

Для ХОЗЛ притаманне значне порушення співвідношення альвеолярної вентиляції (V_a) до кровообігу (Q), одного із основних факторів підтримання нормальної концентрації газів артеріальної крові – V_a/Q стає нижчим з формуванням гіпоксемії та гіперкапнії [11]. Гіперкапнія (підвищення парціального тиску CO_2 у крові та тканинах) є фактором ризику смерті хворих на ХОЗЛ, гіперкапнічні хворі мають нижчий рівень парціальної напруги кисню в крові та вищі рівні гемоглобіну, поліцитемію, набряки, слабкість дихальних м'язів [19, 21]. Перебіг дихальної недостатності з гіперкапнією може мати ускладнення з боку центральної нервової системи: збільшення мозкового кровотоку з підвищенням внутрішньочерепного тиску, порушенням розумової діяльності та свідомості [12]. Гіперкапнія може підвищувати сприйнятливості до інфекційних ускладнень та погіршувати їх наслідки [7].

Гіперкапнія може виникати як наслідок кисневої терапії ХОЗЛ, тому контроль обміну CO_2 є дуже важливим при проведенні оксигенотерапії. Визначення вмісту CO_2 в крові також необхідне для призначення неінвазивної допоміжної вентиляції легень, яка показана хворим з гіперкапнією [5, 15].

«Золотим стандартом» діагностики гіперкапнії є визначення рівня CO_2 в артеріальній крові. Проте взяття артеріальної крові болісне, складне, утруднене у хворих з поганим судинним доступом. Кров – це жива тканина, в якій з моменту забору і до проведення аналізу продовжується клітинний метаболізм, що змінює результати аналізу – поглинається кисень, продукується CO_2 , водночас контакт з повітрям знижує вміст CO_2 у зразках, саме тому аналіз газів крові необхідно проводити негайно. Проведення аналізу газів крові потребує витратних матеріалів і є вартісним [1, 13, 18]. Саме тому нас зацікавила можливість неінвазивного визначення показників газообміну у хворих на ХОЗЛ за допомогою капнометрії.

Розробка нового діагностичного методу має на меті забезпечення певних переваг перед тими методами, що вже застосовуються. Це такі переваги, як, наприклад, більш рання, простіша для хворого, економна діагностика, сприяння покращенню результатів лікування. Капнометрія має численні переваги [8]:

- не має протипоказань;
- неінвазивне виконання;
- отримання результатів в режимі реального часу;
- не потребує витратних матеріалів;
- не потребує від пацієнтів виконання складних маневрів;
- візуалізація графічних трендів;
- може застосовуватися під час сну.

Капнометрія дозволяє відслідковувати функції дихальної та серцево-судинної систем, слідкувати за роботою анестезіологічного обладнання. В сучасній анестезіології капнометрія широко застосовується і вважається не менш важливою, ніж пульсоксиметрія [4, 24]. Щодо пульмонологічної практики взагалі і при веденні хворих на ХОЗЛ зокрема – можливості капнометрії з'ясовано недостатньо.

Хороший діагностичний тест має бути відтворюваним і точним, адже відтворюваність результатів інструментальних і тим більше – неінструментальних досліджень не така висока, як зазвичай вважається [28].

Відтворюваність та правильність є основними показниками якості результату лабораторного тесту. В літературі є дані щодо відтворюваності результатів визначення внутрішньоальвеолярного вмісту CO_2 (PACO_2), при якому коефіцієнт варіації становить близько 3 % [17].

Відомостей щодо відтворюваності даних капнометрії при обстеженні хворих на ХОЗЛ в доступній літературі нами не знайдено, тому метою даної роботи є визначення повторюваності та відтворюваності результатів капнометрії при обстеженні хворих на ХОЗЛ.

Матеріали та методи дослідження

Робота виконана за рахунок коштів державного бюджету України.

Дослідження було узгоджено з локальним комітетом з медичної етики НІФП НАМН, пацієнти були ознайомлені з протоколом дослідження та підписали форму інформованої згоди на участь у дослідженні.

Капнометрія проводилася на комплекті для дослідження кардіореспіраторної системи «Охусон Про» (Cardinal Health, Німеччина). Прилад дозволяє провести не тільки капнометрію, а й газоаналіз щодо обміну кисню, тому оцінювалися такі показники:

- PETCO_2 (End-tidal CO_2), kPa – парціальний тиск вуглекислого газу наприкінці видиху в повітрі, що видихується;
- PECO_2 , kPa – парціальний тиск вуглекислого газу протягом видиху в повітрі, що видихується;
- FETCO_2 , % – концентрація вуглекислого газу наприкінці видиху в повітрі, що видихується;
- FECO_2 , % – концентрація вуглекислого газу протягом видиху в повітрі, що видихується;

- PEO_2 (End-tidal O_2), kPa – парціальний тиск кисню наприкінці видиху в повітрі, що видихується;

- PEO_2 , kPa – парціальний тиск кисню протягом видиху в повітрі, що видихується;

- FETO_2 , % – концентрація кисню наприкінці видиху в повітрі, що видихується;

- FEO_2 , % – концентрація кисню протягом видиху в повітрі, що видихується.

Правильність (точність) методики характеризує достовірність методу у визначенні точного значення (істинної величини) досліджуваного показника. Для методів визначення хімічних речовин її визначають шляхом додавання в біологічну рідину точно зваженої кількості чистої досліджуваної речовини з подальшим її визначенням даним методом, а також референтним способом (порівняння з методом, правильність якого встановлена раніше) [32]. Точність 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, що надається виробником обладнання.

Повторюваність – це близькість результатів послідовних неодноразових вимірювань одного і того самого показника протягом короткого часу, що здійснюються з урахуванням всіх наступних умов: той самий метод, той самий дослідник, той самий інструмент, те саме місце, ті самі умови використання [9]. Відтворюваність – це близькість результатів послідовних вимірювань одного й того самого показника, де окремі вимірювання проводяться зі зміненими умовами, такими як: метод вимірювання, спостерігач, інструмент, місце, умови використання і часу. Відтворюваність вимірів характеризує наявність випадкових похибок [35]. Для оцінки повторюваності та відтворюваності достатньо 20 вимірювань [32]. Для кожного ряду вимірів розраховують середню величину та середнє квадратичне (стандартне) відхилення. Чим більше стандартне відхилення – тим більша випадкова помилка, тим гірша відтворюваність. Зазвичай відхилення при вимірах підпорядковуються закону Гауса, що свідчить про стабільність методу. Далі визначають коефіцієнт варіації (CV) – стандартне відхилення, виражене у відсотках від середнього значення обчислюваної величини: якщо він не перевищує 5 %, метод аналізу досліджуваної речовини вважають прийнятним. Для ферментів CV може сягати 10 %; а загалом, чим менший CV – тим краща відтворюваність [25, 30].

Результати та їх обговорення

Для оцінки повторюваності (близькості результатів послідовних неодноразових вимірювань) нами проаналізовано результати газоаналізу, що реєструвалися безперервно протягом 3 хвилин для одержання щонайменше 20 вимірів в постійних умовах (той самий метод, той самий дослідник, той самий інструмент, те саме місце, той самий досліджуваний). Повторюваність результатів вивчалася окремо для здорової особи, хворого на бронхіальну астму (БА) та трьох хворих на ХОЗЛ різного ступеня тяжкості (II, III та IV за спірометричною класифікацією GOLD [10]). Результати обчислень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники газоаналізу та їх коефіцієнт варіації при визначенні повторюваності результатів методики

Досліджуваний	Показник	РЕТСО ₂ , кПа	РЕСО ₂ , кПа	РЕТСО ₂ , %	РЕСО ₂ , %	РЕТО ₂ , кПа	РЕО ₂ , кПа	РЕТО ₂ , %	РЕО ₂ , %
Здорова особа	М	4,0	3,0	4,2	3,2	15,4	16,5	16,5	17,7
	σ	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
	CV, %	3,3	4,7	3,3	4,9	1,7	1,3	1,7	1,4
Хворий на БА	М	5,1	3,8	5,4	4,1	13,0	14,8	14,0	15,9
	σ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
	CV, %	1,8	2,4	1,8	2,4	1,7	1,2	1,7	1,2
Хворий на ХОЗЛ II ступеня	М	4,5	3,5	4,8	3,7	14,7	16,0	15,8	17,1
	σ	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3
	CV, %	4,0	4,7	4,0	4,6	2,3	1,7	2,3	1,7
Хворий на ХОЗЛ III ступеня	М	5,0	2,6	5,3	2,8	14,2	16,8	15,2	18,0
	σ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
	CV, %	1,9	4,8	1,9	4,9	0,9	1,0	0,9	1,0
Хворий на ХОЗЛ IV ступеня	М	5,1	3,2	5,5	3,4	14,2	16,3	15,2	17,5
	σ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
	CV, %	1,9	3,7	1,8	3,7	1,1	0,8	1,1	0,8

Примітки: М – середнє значення показника газоаналізу; σ – стандартне відхилення показника газоаналізу; CV – коефіцієнт варіації показника газоаналізу.

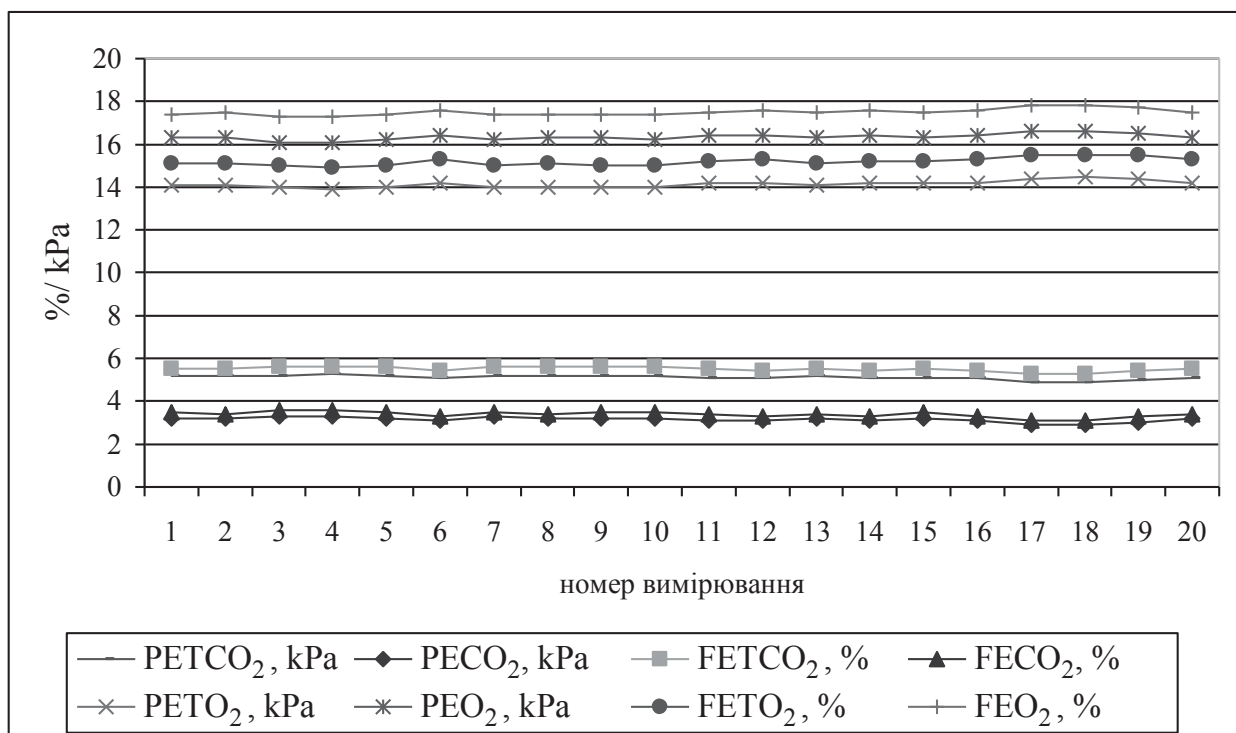


Рис. 1. Результати 20 вимірювань показників капнометрії хворого на ХОЗЛ IV ступеня

Наведені дані демонструють, що коефіцієнт варіації для показників капнометрії коливається в межах від 1,8 до 4,9 %, а для показників обміну кисню – від 0,8 до 2,3 % незалежно від нозології. Тобто повторюваність

результатів газоаналізу повітря, що видихує пацієнт, є задовільною, тому що коефіцієнт варіації не виходить за межі 5 %. Для ілюстрації наводимо діаграму, на якій продемонстровано результати 20 вимірювань показників

Таблиця 2

Коефіцієнт варіації показників газоаналізу при визначенні відтворюваності результатів методики, %

№ з/п	Діагноз	РЕТСO ₂	РЕСО ₂	FETSО ₂	FЕСO ₂	РЕТО ₂	РЕO ₂	FETO ₂	FEO ₂
1	Бронхіальна астма	1,9	4,8	2,6	6,2	2,1	2,6	1,3	1,6
2	Бронхіальна астма	3,6	3,0	4,0	3,2	2,5	1,5	2,2	1,4
3	Здорова особа	4,9	5,2	4,7	4,7	3,9	2,0	3,0	2,2
4	ХОЗЛ, II ступеня	2,4	2,7	2,4	3,2	1,3	1,0	1,2	1,0
5	ХОЗЛ, III ступеня	3,8	6,1	3,8	5,6	1,6	1,0	1,6	1,0
6	ХОЗЛ, III ступеня	3,8	4,4	3,8	4,4	1,9	1,2	1,9	1,2
7	ХОЗЛ, III ступеня	1,5	3,7	1,5	5,6	1,3	0,9	1,3	1,4
8	ХОЗЛ, III ступеня	3,1	3,3	3,1	2,9	0,8	0,7	0,8	0,4
9	ХОЗЛ, III ступеня	2,2	4,1	2,2	4,0	1,2	0,9	1,2	1,4
10	ХОЗЛ, III ступеня	1,6	5,7	1,6	5,8	1,0	1,1	1,0	1,0
11	ХОЗЛ, III ступеня	2,5	5,8	2,5	6,0	2,2	1,3	2,2	1,3
12	ХОЗЛ, III ступеня	2,5	4,9	2,5	4,9	1,7	0,9	1,6	0,9
13	ХОЗЛ, III ступеня	3,7	4,6	3,6	4,8	6,0	3,1	6,2	1,8
14	ХОЗЛ, III ступеня	1,9	3,6	1,9	3,6	1,1	0,7	1,2	0,8
15	ХОЗЛ, IV ступеня	1,8	5,5	1,8	5,5	0,9	0,9	1,0	0,9
16	ХОЗЛ, IV ступеня	2,9	3,4	2,2	4,0	1,1	1,6	0,9	1,0
17	ХОЗЛ, IV ступеня	1,4	4,2	1,4	4,3	1,1	1,0	1,1	1,0
18	ХОЗЛ, IV ступеня	2,8	2,7	2,8	3,3	1,6	1,9	1,6	1,7
19	ХОЗЛ, IV ступеня	4,5	4,8	4,8	4,0	1,1	1,7	1,1	1,3
20	ХОЗЛ, IV ступеня	2,4	3,7	2,4	3,0	1,2	1,1	1,2	0,8
Мінімальне значення CV		1,4	2,7	1,4	2,9	0,8	0,7	0,8	0,4
Максимальне значення CV		4,9	6,1	4,8	6,2	6,0	3,1	6,2	2,2
Середнє значення CV		2,8	4,3	2,8	4,4	1,8	1,4	1,7	1,2

Таблиця 3

Інтерпретація значень коефіцієнта варіації досліджуваних ознак

Значення CV	CV < 10%	10% < CV < 12%	12% < CV < 20%	20% < CV < 33%	CV > 33%
Інтерпретація значень CV	Варіаційний ряд вважається незмінним	Варіаційний ряд середньо мінливий	Варіаційний ряд мінливий	Варіаційний ряд вважається сильно мінливим	Різномірність варіаційного ряду

капнометрії хворого на ХОЗЛ IV ступеня. Майже лінійний характер трендів свідчить про високу повторюваність результатів (рис. 1).

Для оцінки відтворюваності (близькості результатів послідовних вимірювань одного й того самого показника зі зміненими умовами виконання) нами проаналізовано результати газоаналізу у 20 досліджуваних осіб, що рееструвалися двічі при повторних обстеженнях пацієнтів для одержання щонайменше 20 вимірів (по 10 при кожному обстеженні) при зміні часу виконання

процедури та дослідника. В обстеження для обчислення відтворюваності методики було залучено хворих на БА та ХОЗЛ різного ступеня тяжкості, а також одну здорову особу. Результати обчислення отриманих даних наведено в таблиці 2.

Отримано такі результати оцінки відтворюваності: показники коефіцієнту варіації для капнометрії коливаються в межах від 1,4 до 6,2 %, а для показників обміну кисню – від 0,7 до 6,2 % незалежно від нозології. Вимоги для відтворюваності клінічних тестів становлять 6–9 %

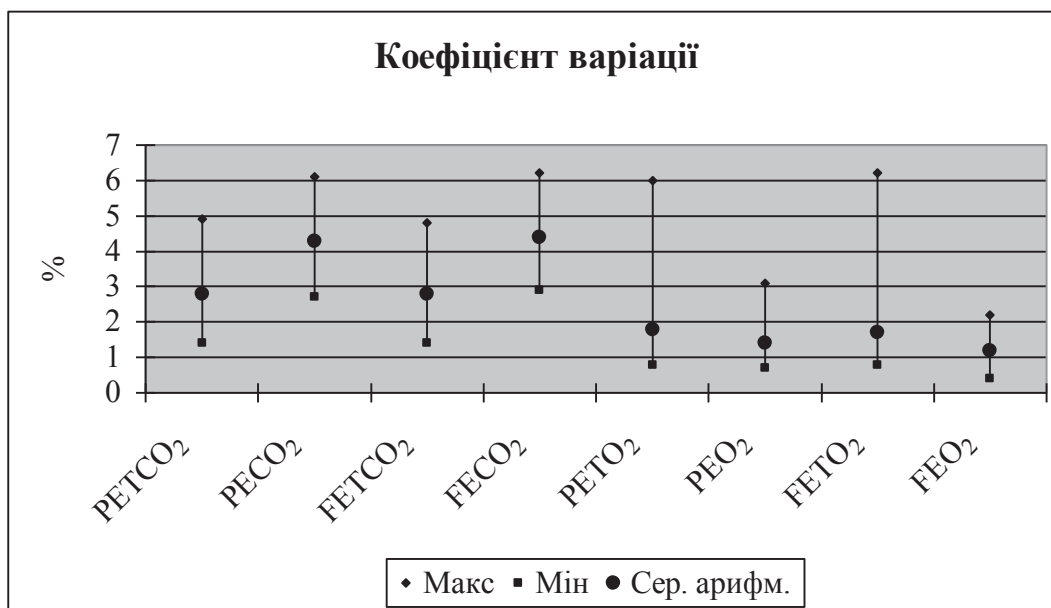


Рис. 2. Розмах коливань коефіцієнта варіації для досліджуваних показників

для коефіцієнту варіації [20]. Для лабораторного використання реагентів оптимальними прийнято значення CV до 8 % [31] та 9,3 % [34].

Значення CV до 10 % вказує на стабільність варіаційного ряду в економічних розрахунках (табл. 3) [27].

Таким чином, розрахунки відтворюваності результатів капнометрії свідчать про стабільність варіаційного ряду отриманих нами даних, відповідають вимогам CV для відтворюваних клінічних тестів (6–9 %), а для половини показників (PETCO₂, FETCO₂, PEO₂, FEO₂) максимальне значення CV не перевищує 5 %. Середні значення CV для 20 обстежених осіб становлять від 1,2 до 4,4 % з більш низькими результатами для показників обміну кисню, що свідчить про високу відтворюваність результатів газоаналізу повітря, що видихує пацієнт. На рисунку 2 проілюстровано розмах коливань коефіцієнта варіації для кожного з досліджуваних показників.

Якщо дискутувати про порівняння відтворюваності результатів капнометрії та спірометрії (наприклад, щодо визначення ОФВ₁), можна зробити такі висновки: спірометрію вважають правильно виконаною, якщо різниця між двома найбільшими абсолютними значеннями вимірів ОФВ₁ не перевищує 150 мл при ОФВ₁ більше 1000 мл та 100 мл – при ОФВ₁ менше 1000 мл [23]. Таким чином, у хворих на тяжкий ХОЗЛ з ОФВ₁, наприклад, 600–700 мл різниця у 99 мл при виконанні маневрів форсованого видиху призведе до 14–17 % варіації результатів, при цьому спірометрія загалом буде визнана задовільно виконаною. При проведенні нами капнометрії у хворих на ХОЗЛ ІV ступеня тяжкості максимальний CV не перевищував 3,7 % для повторюваності результатів та 5,5 % – для відтворюваності, тобто методика капнометрії за даними характеристиками не поступається спірометрії навіть при обстеженні хворих з тяжкими порушеннями вентиляційної функції легень.

Висновки

На основі аналізу літературних даних та проведених власних досліджень можна зробити такі висновки.

1. Розробка неінвазивного способу визначення показників газообміну у хворих на ХОЗЛ є актуальною.
2. Капнометрія має ряд переваг, завдяки яким вивчення її можливостей при обстеженні хворих на ХОЗЛ є перспективним.
3. Капнометрія є точною методикою. Точність забезпечується шляхом калібрування приладу стандартною газовою сумішшю, що надається виробником обладнання.
4. Капнометрія характеризується стабільним коефіцієнтом варіації при оцінці повторюваності результатів методики.
5. Капнометрія демонструє високу відтворюваність результатів, яка не поступається відтворюваності результатів спірометричного дослідження.

Література

1. *Blood gas and pH analysis and related measurements; approved guideline – second edition* [Text] / P. D'Orasio [et al.] // Clinical and laboratory standards institute. – 2009. – Vol. 29, № 8. – P. C46–A2.
2. *Calverley, P. M. A. Respiratory failure in chronic obstructive pulmonary disease* [Text] / P. M. A. Calverley // Eur. Respir. J. – 2003. – Vol. 22, Suppl. 47. – P. 26s–30s.
3. *Capnometry. Capnography* [Electronic resource] / Electro-Biomedical Engineering. – Режим доступу : <http://www.ebme.co.uk/arts/general/capno.htm>.
4. *Capnometry during high-frequency oscillatory ventilation* [Text] / M. Nishimura [et al.] // Chest. – 1992. – Vol. 101. – P. 1681–1683.
5. *Ceriana, P. Hypoxic and hypercapnic respiratory failure* [Text] / P. Ceriana, S. Nava // Eur. Respir. Mon. – 2006. – Vol. 36. – P. 1–15.
6. *D'Mello, J. Capnography* [Text] / J. D'Mello, M. Butani // Indian. J. Anaest. – 2002. – Vol. 46(4). – P. 269–278.
7. *Elevated CO₂ selectively inhibits interleukin-6 and tumor necrosis factor expression and decreases phagocytosis in the macrophage* [Text] / N. Wang [et al.] // FASEB J. – 2010. – Vol. 24. – P. 2178–2190.
8. *Expiratory capnography in asthma : evaluation of various shape indices* [Text] / B. You [et al.] // Eur. Respir. J. – 1994. – Vol. 7. – P. 318–323.

9. *General consideration for lung function testing* [Text] / M. R. Miller [et al.] // *Eur. Respir. J.* – 2005. – Vol. 26. – P. 153–161.

10. *Global initiative for chronic obstructive pulmonary disease revised 2011* [Text] / GOLD executive committee, GOLD science committee. – 2011. – 90 p.

11. *Hughes, J. M. B. Pulmonary gas exchange* [Text] / J. M. B. Hughes // *Eur. Respir. Mon.* – 2005. – Vol. 31. – P. 106–126.

12. *Hypercapnia-induced cerebral hyperperfusion: an underrecognized clinical entity* [Text] / J. M. Pollock [et al.] // *A.J.N.R.* – 2009. – Vol. 30. – P. 378–385.

13. *Kellum, J. Acid-base disorders* [Text] / J. Kellum // *Critical Care.* – 2006. – P. 801–812.

14. *Kupnik, D. Capnometry in the prehospital setting: are we using its potential?* [Text] / D. Kupnik, P. Skok // *Emerg. Med. J.* – 2007. – Vol. 24. – P. 614–617.

15. *Mitrouska, I. Oxygen therapy in chronic obstructive pulmonary disease* [Text] / I. Mitrouska, N. Tzanakis, N. M. Siafakas // *Eur. Respir. Mon.* – 2006. – Vol. 38. – P. 302–312.

16. *Nikolova-Todorova, Z. Clinical applications of capnography* [Text] / Z. Nikolova-Todorova // *Signa Vitae.* – 2008. – Vol. 3, Suppl. 1. – P. 44–45.

17. *Noninvasive measurement of mean alveolar carbon dioxide tension and Bohr's dead space during tidal breathing* [Text] / N. G. Koulouris [et al.] // *Eur. Respir. J.* – 2001. – Vol. 17. – P. 1167–1174.

18. *Prasad, R. Arterial blood gas: basics and interpretation* [Text] / R. Prasad // *Pulmon.* – 2007. – Vol. 9 (3). – P. 82–87.

19. *Prognostic value of hypercapnia in patients with chronic respiratory failure during long-term oxygen therapy* [Text] / A. Aida [et al.] // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 1998. – Vol. 158. – P. 188–193.

20. *Respiratory muscle assessment* [Text] / T. Troosters [et al.] // *Eur. Respir. Mon.* – 2005. – Vol. 31. – P. 57–71.

21. *Respiratory and skeletal muscles in chronic obstructive pulmonary disease* [Text] / G. Gayan-Ramirez [et al.] // *Eur. Respir. Mon.* – 2006. – Vol. 38. – P. 201–223.

22. *Rodriguez-Roisin, R. Pathophysiology of chronic obstructive pulmonary disease* [Text] / R. Rodriguez-Roisin, W. MacNee // *Eur. Respir. Mon.* – 2006. – Vol. 38. – P. 177–200.

23. *Standardisation of spirometry* [Text] / M. R. Miller [et al.] // *Eur. Respir. J.* – 2005. – Vol. 26. – P. 319–338.

24. *Walsh, B. K. Capnography/Capnometry during Mechanical Ventilation: 2011. AARC Clinical Practice Guideline* [Text] / B. K. Walsh, D. N. Crotwell, R. D. Restrepo // *Respiratory care.* – 2011. – Vol. 56 (4). – P. 503–509.

25. *Аналитическая вариация* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.medn.ru/statyi/analiticheskaya.html>.

26. *Богданов, А. А. Капнометрия и капнография* [Электронный ресурс] / А. А. Богданов. – Режим доступа : <http://www.rusanesth.com/Anaesthesia/capnographia.htm>.

27. *Бурцев, А. Л. Анализ и прогнозирование финансовой устойчивости организации* [Текст] / А. Л. Бурцев // *Аудит и финансовый анализ.* – 2010. – № 1. – С. 14.

28. *Власов, В. В. Как читать медицинские статьи: исследования, посвященные методам диагностики* [Электронный ресурс] /

В. В. Власов – Режим доступа : <http://www.mediasphera.ru/mjimp/97/1/r1-97-2.htm>.

29. *Гаврисюк, В. К. Принципы терапии больных с осложнениями ХОЗЛ* [Текст] / В. К. Гаврисюк // *Укр. пульмонолог. журн.* – 2011. – № 2. – С. 10–12.

30. *Гематологические анализаторы. Интерпретация анализа крови* [Электронный ресурс] / Методические рекомендации. (Утв. Минздравсоцразвития РФ 21.03.2007 N 2050-ПХ). – Режим доступа : <http://law7.ru/legal2/se5/pravo5346/page10.htm>.

31. *Инструкция по применению набора реагентов для иммуноферментного определения хорионического гонадотропина человека в сыворотке крови и моче* [Электронный ресурс] / ООО «Диатех-ЭМ». – Режим доступа : <http://www.diateh-em.ru>.

32. *Лабораторные методы исследования в клинике* [Электронный ресурс] / Под ред. В. В. Меньшикова. – Режим доступа : <http://medarticle.moslek.ru/articles/22026.htm>.

33. *Покровский, В. М. Физиология человека: учебное пособие для студентов мед. вузов* [Текст] / В. М. Покровский, Г. Ф. Коротько. – М.: Медицина, 2007. – 656 с.

34. *Простатический специфический антиген (ПСА, PSA) общий и свободный* [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://askmed.web.uig.ru/info/oncomarkers/norm_psa.htm.

35. *Статистические основы внутрилабораторного контроля качества количественных методов исследования* [Электронный ресурс] / ООО «Группа АЛТЭЙ». – Режим доступа : <http://www.altey.ru/index.php/docs/category/2-altey-products-man.html>.

ХАРАКТЕРИСТИКА КАПНОМЕТРИИ КАК МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ ГАЗООБМЕНА У БОЛЬНЫХ ХОЗЛ

С. Г. Ищук

Резюме. В данной работе изложены результаты исследования точности, повторяемости и воспроизводимости результатов капнометрии. Данная методика является точной, со стабильными характеристиками повторяемости и воспроизводимости. Преимущества капнометрии делают ее предметом интереса для изучения возможностей неинвазивной оценки газообмена у больных хроническим обструктивным заболеванием легких.

Ключевые слова: хроническое обструктивное заболевание легких, нарушения газообмена, капнометрия.

CAPNOMETRY CHARACTERISTICS FOR DIAGNOSIS OF THE GAS EXCHANGE ABNORMALITIES IN COPD PATIENTS

S. G. Ishchuk

Summary. The article presents the results of study of accuracy, repeatability and reproducibility of the capnometry. This technique is accurate, with stable characteristics of repeatability and reproducibility. Advantages capnometry make it a subject of interest to explore the possibilities of non-invasive evaluation of gas exchange in patients with COPD.

Key words: Chronic obstructive pulmonary disease, gas exchange abnormalities, capnometry.