

С. Г. Іщук

ПОКАЗНИКИ ГАЗОВОГО СКЛАДУ Й КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СТАНУ КАПІЛЯРНОЇ КРОВІ ТА ЇХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК З РЕЗУЛЬТАТАМИ КАПНОМЕТРІЇ У ХВОРИХ НА ХОЗЛ

Державна установа "Національний інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського НАМН України"

ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗОВОГО СОСТАВА И КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ КАПИЛЛЯРНОЙ КРОВИ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С РЕЗУЛЬТАТАМИ КАПНОМЕТРИИ У БОЛЬНЫХ ХОЗЛ

С. Г. Ищук

Резюме

Обоснование. Золотым стандартом оценки газообмена является определение газового состава и кислотно-основного состояния артериальной крови, но это инвазивная и дорогостоящая методика.

Цель исследования – изучение возможности неинвазивного определения показателей газообмена у больных ХОЗЛ с помощью капнометрии и сравнение полученных данных с результатами анализа газового состава и кислотно-основного состояния крови.

Материал и методы. Обследовано 22 больных ХОЗЛ (17 мужчин и 5 женщин), среди них со II стадией ХОЗЛ – 4 больных, с III стадией ХОЗЛ – 11 больных, с IV стадией ХОЗЛ – 7 больных. Показатели газового состава и кислотно-основного состояния крови оценивали микрометодом с помощью анализатора «ABL5» (Radiometer). Капнометрия проводилась на комплексе для исследования кардиореспираторной системы "Oxycon Pro" (Cardinal Health).

Результаты. Почти у трети больных был повышен уровень PaCO_2 в крови, гипокания крови не выявлена ни у одного обследованного больного ХОЗЛ; результаты корреляционного анализа демонстрируют, что статистически достоверная корреляционная связь средней силы имеет место между парциальным напряжением углекислого газа в капиллярной крови и его парциальным давлением (PETCO_2) и фракционной концентрацией в конце выдоха (FETCO_2): $r=0,466$ и $0,475$ соответственно, $p < 0,05$.

Выводы. Капнометрия позволяет прогнозировать уровень гиперкапнии крови при высоком значении FETCO_2 с помощью уравнения $\text{PaCO}_2 = 3,6582 \times \text{FETCO}_2 + 25,418$ и оценить нарушения вентиляционной функции легких при снижении FETCO_2 .

Ключевые слова: хроническое обструктивное заболевание легких, газовый состав и кислотно-основное состояние крови, капнометрия.

Укр. пульмонолог. журнал. 2013, № 1, С.38–42.

Іщук Світлана Генріхівна

ДУ "Національний інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського НАМН України", молодший науковий співробітник
вул. Амосова, 10, Київ, 03680, Україна
Тел./факс: 380442756242, diagnost@ifp.kiev.ua

BLOOD GAS AND ACID-BASE BALANCE VALUES OF CAPILLARY BLOOD AND THEIR CORRELATION WITH THE RESULTS OF CAPNOMETRY IN COPD PATIENTS

S. G. Ishchuk

Abstract

Background: Arterial blood gas analysis is the gold standard for gas exchange assessment, but it is invasive and costly technique.

The purpose of the trial was to study the accuracy of non-invasive measurement of gas exchange parameters in COPD patients with the use of capnometry in comparison with blood gas and blood acid-base balance tests.

Methods. A total of 22 subjects (17 male, 5 female) were enrolled (COPD GOLD stage II – 4, GOLD III – 11, GOLD IV – 7 patients). Blood gas and acid-base tests were performed using micromethod technique by analyzer "ABL5" by Radiometer. Capnometry was performed using "Oxycon Pro" system by Cardinal health.

Results. Almost one third of patients had elevated levels of PaCO_2 , blood hypocapnia was not detected in any of the patients. Correlation analysis demonstrated statistically significant correlation between CO_2 partial pressure in capillary blood and its end-expiratory partial pressure (PETCO_2) and fractional concentration (FETCO_2), $p = 0,466$ and $0,475$, respectively, $p < 0,05$.

Conclusions. Capnometry allows to predict the level of blood hypercapnia at high FETCO_2 using following equation: $\text{PaCO}_2 = 3,6582 \times \text{FETCO}_2 + 25,418$. It also helps to assess lung ventilation disorders in cases of reduced FETCO_2 level.

Key words: chronic obstructive pulmonary disease, blood gas and acid-base balance, capnometry.

Ukr. Pulmonol. J. 2013; 1: 38–42.

Svitlana G. Ishchuk

National institute of phthisiology and pulmonology
named after F.G. Yanovsky National Academy of medical sciences of Ukraine
Junior research associate
10, Amosova str., Kyiv, 03680, Ukraine
Tel/fax: 380442756242, diagnost@ifp.kiev.ua

Хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ) – одна з найбільш важливих медико-соціальних проблем як в Україні, так і в світі. Це одна з найтравматичніших для людини патологій, бо супроводжується високими показниками втрати працездатності, інвалідизації і смертності. Пізнє виявлення ХОЗЛ характерне як для України, так і багатьох інших країн світу, що пов'язано з майже безсимптомним перебігом захворювання на ранніх стадіях. Хворі на ХОЗЛ звертаються за медичною допо-

могою вже при значній задишці і постійному кашлі, тобто на пізніх стадіях захворювання, коли лікування не таке ефективне і менше впливає на прогноз [20, 21].

Одним із основних ускладнень ХОЗЛ є легенева недостатність (ЛН). ЛН – це нездатність легень забезпечити нормальний газовий склад артеріальної крові в стані спокою або при помірному фізичному навантаженні. Основними механізмами патогенезу при цьому є обструкція дихальних шляхів, рестрикція альвеол, дифузійні розлади, порушення легеневого кровотоку, скорочення функціонуючої легеневої тканини [16]. ЛН – складова час-

тина більш загального патологічного стану, а саме дихальної недостатності, в патогенезі якої додатково приймають участь позалегеневі фактори (порушення центральної регуляції дихання, порушення нервово-м'язової передачі імпульсу, патологія м'язів, грудної стінки, системи крові, кровообігу, пригнічення тканинного дихання) [17].

Золотим стандартом оцінки газообміну є визначення газового складу й кислотно-основного стану артеріальної крові. Але 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 , в той же час, 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 [3, 9, 13]. Саме тому нас зацікавила можливість неінвазивного визначення показників газообміну у хворих на ХОЗЛ за допомогою капнометрії і порівняння отриманих даних з результатами аналізу газового складу й кислотно-основного стану крові.

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 [8]. Щодо пульмонологічної практики взагалі, і при веденні хворих на ХОЗЛ зокрема, можливості капнометрії недостатньо з'ясовані. В доступній літературі немає однозначних даних щодо застосування капнометрії при ХОЗЛ та про відповідність результатів капнометрії результатам аналізу газового складу й кислотно-основного стану крові.

Дана робота виконується з метою покращити діагностику порушень газообміну у хворих на ХОЗЛ шляхом застосування методики капнометрії.

Для досягнення мети роботи вирішувалися наступні завдання:

- отримання та інтерпретація результатів аналізу газового складу повітря, що видихує пацієнт, у хворих на ХОЗЛ;
- аналіз газового складу й кислотно-основного стану крові у хворих на ХОЗЛ;
- порівняння результатів неінвазивного визначення показників обміну вуглекислого газу у хворих на ХОЗЛ за допомогою капнометрії з результатами аналізу вмісту CO_2 у крові.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження було узгоджено із локальним Комітетом з медичної етики НІФП НАМН, учасники були ознайомлені із протоколом дослідження та підписали форму інформованої згоди на участь в дослідженні.

З огляду на складність виконання та високий ризик ускладнень артеріальної пункції ми проводили аналіз показників газового складу й кислотно-основного стану капілярної крові. Відомо, що дослідження капілярної крові неінвазивне, менш болісне і складне і в той же час таке ж точне, як і дослідження артеріальної крові відносно показників рН, парціальної напруги вуглекислого газу та сатурації кисню, тому визнане адекватною альтернативою аналізу артеріальної крові [6]. Щодо парціальної напруги кисню, то чим нижчий його рівень в артеріальній крові, тим точніше аналіз капілярної крові відображає його вміст. При гіпероксії (наприклад, при проведенні

оксигенотерапії) існують значні розбіжності між результатами аналізу парціальної напруги кисню в артеріальній і капілярній крові, в цих випадках інтерпретація результатів аналізу капілярної крові потребує обережності [1].

Показники газового складу й кислотно-основного стану капілярної крові оцінювали мікрометодом за допомогою аналізатора "ABL5" фірми "Radiometer" за методикою фірми-виробника [14.]. Аналізували наступні показники: рН, парціальну напругу вуглекислого газу (PaCO_2 , мм рт. ст.), дійсний бікарбонат плазми (HCO_3^- , ммоль/л), стандартний бікарбонат плазми (SBC, ммоль/л), дійсний надлишок буферних основ (ABE, ммоль/л), стандартний надлишок основ (SBE, ммоль/л), парціальну напругу кисню (PaO_2 , мм рт. ст.), насичення гемоглобіну киснем (SaO_2 , %), альвеоло-артеріальний градієнт кисню (AaDPO_2 , мм рт. ст.).

Для оцінки отриманих даних використовувалися наступні референтні значення показників газового складу й кислотно-основного стану капілярної крові [3]:

рН: 7,35 – 7,45;
 PaCO_2 : 35 – 45 мм рт. ст.;
 PaO_2 : 60 – 80 мм рт. ст.;
 SaO_2 : 95 – 98 %;
 HCO_3^- : 23 – 29 ммоль/л;
SBE: –2 – +2 ммоль/л.

Автор висловлює подяку співробітникам клініко-функціонального відділення НІФП НАМН за допомогу у проведенні аналізу газового складу й кислотно-основного стану капілярної крові.

Капнометрія проводилася на комплексі для дослідження кардіореспіраторної системи "Охусон Pro" фірми "Cardinal Health" (Німеччина), оцінювались наступні показники:

- парціальний тиск вуглекислого газу наприкінці видиху в повітрі, що видихується, кПа (PETCO_2 , кПа),
- парціальний тиск вуглекислого газу протягом видиху в повітрі, що видихується, кПа (PECO_2 , кПа),
- фракційна концентрація вуглекислого газу наприкінці видиху в повітрі, що видихується, % (FETCO_2 , %),
- фракційна концентрація вуглекислого газу протягом видиху в повітрі, що видихується, % (FECO_2 , %).

Накопичення даних та їх математична обробка проводились за допомогою ліцензійних програмних продуктів, що входять в пакет Microsoft Office Professional 2007, ліцензія Russian Academic OPEN No Level № 43437596. Статистична обробка виконувалась за допомогою математичних і статистичних можливостей MS Excel, а також додаткових статистичних функцій, розроблених С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич [18]. Параметри, що вивчалися в даній роботі, наведені у абсолютних значеннях. Кореляційний аналіз проводився за методом непараметричної кореляції Спірмена з наступною перевіркою достовірності результату за допомогою критерію Ст'юдента.

Результати та їх обговорення

В дослідженні показників газового складу й кислотно-основного стану капілярної крові прийняли участь 22 хворих на ХОЗЛ (17 чоловіків та 5 жінок), серед них з II стадією ХОЗЛ – 4 хворих, з III стадією ХОЗЛ – 11 хворих, з IV стадією ХОЗЛ – 7 хворих. При постановці діагнозу ХОЗЛ та при відборі хворих за стадіями ХОЗЛ враховувались критерії Наказу № 128 МОЗ України від 19.03.2007 р. «Про затвердження клінічних протоколів

надання медичної допомоги за спеціальністю "Пульмонологія"» [19]. Результати показників газового складу капілярної крові наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати показників газового складу капілярної крові обстежуваних хворих

№ обстеження	PaCO ₂ , мм рт. ст.	PaO ₂ , мм рт. ст.	SaO ₂ , %	AaDpO ₂ , мм рт. ст.
Референтні значення [4]	35–45	60–80	95–98	0–5
1	49	54	89	47
2	44	52	86	50
3	44	67	93	35
4	48	62	91	33
5	44	69	93	32
6	45	65	93	36
7	46	61	91	37
8	38	68	93	39
9	43	69	94	32
10	43	66	93	34
11	37	64	92	42
12	39	73	95	33
13	45	63	91	33
14	46	64	92	32
15	49	63	91	30
16	37	72	95	35
17	43	61	91	39
18	56	52	86	33
19	46	71	94	27
20	39	72	94	32
21	44	59	89	37
22	40	65	93	37

Майже у третини (у 7 або 32 %) хворих був підвищений рівень PaCO₂ в крові, у 4 хворих був знижений рівень PaO₂, і тільки у 2 хворих зниження PaO₂ та збільшення PaCO₂ відбувалося одночасно. Гіпокапнії крові не виявлено в жодного хворого. Тільки у 2 хворих виявилось нормальне насичення крові киснем (SaO₂), а в 20 осіб воно було зниженим. У всіх хворих був значно (у 6 і більше разів) підвищений альвеоло-артеріальний градієнт кисню (AaDpO₂, мм рт. ст.). Серед причин високого альвеоло-артеріального градієнту кисню виділяють наступні: зниження дифузії кисню через альвеоло-капілярну мембрану, шунт венозної крові з малого кола кровообігу у великий, дисбаланс вентиляції відносно перфузії, збільшення альвеолярного «мертвого» простору [5]. Очевидно, що всі вищезазвані фактори у різному ступені виразності мають місце при ХОЗЛ, таким чином, результати показника AaDpO₂ відповідають патології, що вивчається.

Результати показників кислотно-основного стану капілярної крові наведені в табл. 2.

Значення pH не відхилялося від нормальних значень в жодного з хворих, що свідчить про відсутність або компенсований характер порушень кислотно-основного стану. Дійсний бікарбонат плазми (HCO₃⁻, ммоль/л) був знижений в 1 хворого і підвищений у 3 хворих (у цих же хворих був підвищений стандартний бікарбонат плазми (SBC, ммоль/л – вміст бікарбонату в крові за умов, коли вміст PaCO₂ = 5,33 кПа, має місце повна сатурація крові киснем при темпера-

Таблиця 2

Результати показників кислотно-основного стану капілярної крові обстежуваних хворих

№ обстеження	pH	HCO ₃ ⁻ , ммоль/л	SBC, ммоль/л	ABE, ммоль/л	SBE, ммоль/л
Референтні значення	7,35–7,45	23–29	21–27	-2–+2	-2–+2
1	7,45	27	27	3	3
2	7,41	27	27	3	3
3	7,41	27	26	2	3
4	7,39	29	27	3	4
5	7,40	27	26	2	2
6	7,43	30	29	5	6
7	7,39	27	26	2	3
8	7,41	23	24	0	-1
9	7,42	27	27	3	3
10	7,45	30	29	5	6
11	7,39	22	23	-2	-2
12	7,43	25	26	1	1
13	7,38	26	25	1	2
14	7,39	27	26	2	2
15	7,38	28	27	3	4
16	7,45	25	26	2	2
17	7,39	26	25	1	1
18	7,41	35	32	9	10
19	7,41	28	27	3	4
20	7,42	25	25	1	1
21	7,36	24	24	-1	0
22	7,42	26	26	1	1

турі 37 °C). Пристосувальне підвищення HCO₃⁻ в плазмі – це маркер метаболічної компенсації респіраторного ацидозу. При хронічному респіраторному ацидозі ΔHCO₃⁻ підвищується на 4 ммоль на кожний 1 кПа змін у PaCO₂, якщо за норму HCO₃⁻ прийнято 24,4 ммоль/л [2].

У 11 хворих мав місце надмірний стандартний надлишок основ (SBE, ммоль/л), у 9 з них одночасно був підвищеним дійсний надлишок буферних основ (ABE, ммоль/л). Надлишок буферних основ відображає метаболічний компонент регуляції кислотно-основного стану, його збільшення свідчить про метаболічний алкалоз. Таким чином, у наших хворих можна припустити змішаний характер порушень кислотно-основного стану або розглядати ці порушення як метаболічну компенсацію респіраторного ацидозу, адже рівень pH не був відхиленням за межі нормальних значень.

Одним із завдань проведеного дослідження було встановлення відповідності результатів капнометрії результатам дослідження газового складу крові, тому що з нормальної фізіології відомо, що у здорових осіб альвеолярний парціальний тиск CO₂ майже ідентичний парціальний напрузі CO₂ в артеріальній крові [11], а значення парціального тиску вуглекислого газу наприкінці видиху (PETCO₂) в ідеальних легенях повинно відповідати парціальному тиску вуглекислого газу в артеріальній крові (PaCO₂) [7].

В табл. 3 наведені результати показників вмісту CO₂ в капілярній крові та у повітрі наприкінці видиху у обстежених хворих на ХОЗЛ.

Таблиця 3

Результати показників вмісту CO₂ в капілярній крові та у повітрі наприкінці видиху у обстежених хворих на ХОЗЛ

№ обстеження	Стадія ХОЗЛ [19]	PaCO ₂ , мм рт. ст.	PaCO ₂ , кПа	PETCO ₂ , кПа	Різниця (PaCO ₂ – PETCO ₂), кПа
1	II	49	6,5	6,0	0,5
2	III	44	5,9	4,2	1,7
3	IV	44	5,9	4,4	1,5
4	IV	48	6,4	4,5	1,9
5	III	44	5,9	4,7	1,2
6	III	45	6,0	3,9	2,1
7	III	46	6,1	4,3	1,9
8	III	38	5,1	4,2	0,8
9	III	43	5,7	4,7	1,1
10	II	43	5,7	4,8	0,9
11	IV	37	4,9	4,4	0,6
12	III	39	5,2	5,0	0,2
13	III	45	6,0	5,1	0,9
14	IV	46	6,1	4,4	1,7
15	IV	49	6,5	5,2	1,4
16	II	37	4,9	3,8	1,2
17	II	43	5,7	5,2	0,5
18	III	56	7,5	7,1	0,4
19	III	46	6,1	5,6	0,5
20	IV	39	5,2	4,8	0,4
21	IV	44	5,9	3,9	2,0
22	III	40	5,3	3,9	1,5

Як видно із табл. 3, повної відповідності показників вмісту CO₂ в крові та повітрі наприкінці видиху не встановлено. У здорової людини артеріально-альвеолярний градієнт складає близько 1 – 3 мм рт. ст., а зв'язок між PaCO₂ та PETCO₂ залежить від фізіологічного «мертвого» простору (Vde) та паттерну дихання (дыхального об'єму, VT) і описується рівнянням $PETCO_2 = PaCO_2 \times (1 - Vde/VT)$ [10]. Таким чином, чим більший об'єм «мертвого» простору та чим менший дихальний об'єм, тим більшою стає артеріально-альвеолярний градієнт тиску вуглекислого газу. Саме ці феномени мають місце у когорті обстежуваних нами хворих: як притаманний для гіперінфляції легень високий об'єм «мертвого» простору, так і поверхневе дихання з низьким дихальним об'ємом, що часто зустрічаються у хворих на ХОЗЛ.

Для пошуку зв'язку між результатами показників капнометрії та вмістом вуглекислого газу в капілярній крові нами проведено кореляційний аналіз. За допомогою методу рангової кореляції Спірмена встановлений кореляційний зв'язок між парами спостережень (табл. 4).

Результати кореляційного аналізу демонструють, що статистично достовірний кореляційний зв'язок середньої сили існує між парціальною напругою вуглекислого газу в капілярній крові та його парціальним тиском і фракційною концентрацією наприкінці видиху ($\rho = 0,466$ та $0,475$ відповідно, $p < 0,05$). Середній вміст вуглекислого газу протягом дихального циклу не корелює з газовим складом капілярної крові, і це природно, тому що він є сумою вмісту CO₂ альвеолярного та атмосферного повітря.

Проведений регресійний аналіз (рис.) дозволяє представити зв'язок між показниками FETCO₂ та PaCO₂ як: $y = 3,6582x + 25,418$; або:

Таблиця 4

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (ρ) для показників капнометрії та газового складу капілярної крові

Пари показників, відносно яких проаналізовано кореляцій зв'язок	Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена (ρ)	Статистична значимість коефіцієнта
PETCO ₂ – PaCO ₂	0,250	$p > 0,05$
PETCO ₂ – PaCO ₂	0,466	$p < 0,05$
FETCO ₂ – PaCO ₂	0,238	$p > 0,05$
FETCO ₂ – PaCO ₂	0,475	$p < 0,05$

$$PaCO_2 = 3,6582 \times FETCO_2 + 25,418.$$

Таким чином, капнометрія (визначення FETCO₂) дозволяє спрогнозувати значення PaCO₂. І дійсно, аналіз отриманих даних демонструє, що у пошуках гіперкапнії FETCO₂ є корисним інструментом, тому що збільшення FETCO₂ вище нормального рівня, за який обрано 5,6 % [12], буде свідчити про високий PaCO₂. При рівні FETCO₂ 6,0 % за рівнянням регресії PaCO₂ буде дорівнювати 47,4 мм рт. ст., що перевищує нормальний рівень для цього показника – 45 мм рт. ст. [9]. Аналогічно, зниження FETCO₂ нижче нормального рівня, за який обрано 4,0 % [12], може свідчити про низький PaCO₂. При рівні FETCO₂ 4,0 % за рівнянням регресії PaCO₂ буде дорівнювати 40,1 мм рт. ст., але цей результат не виходить за межі нормальних рівнів для цього показника: 35 – 45 мм рт. ст. [9]. Така невідповідність має своє пояснення – у дослідженні приймали участь хворі на ХОЗЛ, яким притаманне порушення балансу вентиляції та перфузії і збільшення в порівнянні з нормою об'єму вентиляції «мертвого» простору. Таким чином, високий FETCO₂ при капнометрії у хворих на ХОЗЛ – це завжди ознака гіперкапнії крові, а знижений FETCO₂ потребує диференціації між істиною гіпокапнією та порушеннями вентиляційної функції легень. З огляду на те, що в пульмонологічній практиці гіпокапнія, гіпоксемія та дихальний алкалоз притаманні для інтерстиціальних захворювань легень, а при ХОЗЛ розвивається гіпоксемія, гіперкапнія та дихальний ацидоз [15], шукати гіпокапнію у хворих на ХОЗЛ недоцільно. Серед 22 обстежених нами хворих на ХОЗЛ в жодного не зустрічається гіпокапнія крові. Ось чому нами зроблено висновок, що знижений рівень FETCO₂ у хворого на ХОЗЛ відображає саме вентиляційні порушення.

Висновки

- 1) Майже у третини (у 7 або 32 %) обстежених хворих на ХОЗЛ має місце підвищений PaCO₂ в крові, у 4 із 22 обстежених хворих – знижений рівень PaO₂;
- 2) гіпокапнія крові не характерна обстеженим хворим на ХОЗЛ;

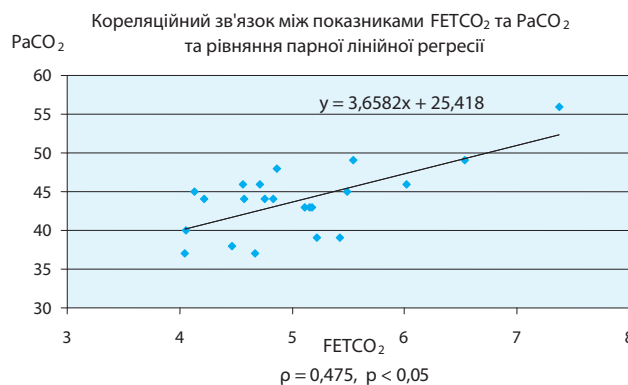


Рис. Кореляційний зв'язок між показниками FETCO₂ та PaCO₂ та рівняння парної лінійної регресії.

- 3) у всіх хворих має місце значно (у 6 і більше разів) підвищений альвеоло-артеріальний градієнт кисню ($AaDpO_2$, мм рт. ст.);
- 4) у обстежених нами хворих можна припустити змішаний характер порушень кислотно-основного стану або розглядати ці порушення як метаболічну компенсацію респіраторного ацидозу;
- 5) результати кореляційного аналізу демонструють, що статистично достовірний кореляційний зв'язок середньої сили існує між парціальною напругою вуглекислого газу в капілярній крові та його парціаль-

ним тиском та фракційною концентрацією наприкінці видиху ($p=0,466$ та $0,475$ відповідно, $p < 0,05$);

- 6) капнометрія дозволяє спрогнозувати рівень гіперкапнії крові при високому значенні $FETCO_2$ за допомогою рівняння $pCO_2 = 3,6582 \cdot FETCO_2 + 25,418$ та оцінити порушення вентиляційної функції легень при зниженні $FETCO_2$.

Таким чином, за даними капнометрії можна виявити гіперкапнію та скерувати пацієнта на дослідження показників газового складу й кислотно-основного стану крові, а також оцінити порушення вентиляційної функції легень у хворих на ХОЗЛ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Arterial versus capillary blood gases: a meta-analysis [Text] / G. S. Zavorsky [et al.] // *Respir. Physiol. Neurobiol.* – 2007. – Vol. 155 (3). – P. 268–279.
2. Baillie, J. K. Simple, easily memorized “rules of thumb” for the rapid assessment of physiological compensation for respiratory acid-base disorders [Text] / J. K. Baillie // *Thorax.* – 2008. – Vol. 63. – P. 289–290.
3. 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.
4. Blood Gas Reference Ranges [Electronic resource] / Beaumont Health System, Lab Test Directory. – Режим доступу: http://www.beaumont-hospitals.com/files/imce/pdfs/laboratories/Blood_Gas_Reference_Ranges.pdf.
5. Brown, A. C. Respiration physiology: alveolar-arterial equilibration [Electronic resource] / A. C. Brown. – Режим доступу: <http://www.acbrown.com/lung/Lectures/RsAaeq/RsAaeqHypx.htm>.
6. Capillary blood gas – a more “patient friendly” alternative to arterial blood gas? [Electronic resource] / C. Kerry [et al.]. – Режим доступу: <http://www.1000livesplus.wales.nhs.uk/sitesplus/documents/1011/SOPHIE%20RICHTER%20Capillary%20blood%20gas%20-%20corrected.pdf>.
7. Capnometry during high-frequency oscillatory ventilation [Text] / M. Nishimura [et al.] // *Chest.* – 1992. – Vol. 101. – P. 1681–1683.
8. D’Mello, J. Capnography [Text] / J. D’Mello, M. Butani // *Indian. J. Anaest.* – 2002. – Vol. 46(4). – P. 269–278.
9. Kellum, J. Acid-base disorders [Text] / J. Kellum // *Critical Care.* – 2006. – Vol. 8. – P. 801–812.
10. Nocturnal monitoring of home non-invasive ventilation: the contribution of simple tools such as pulse oximetry, capnography, built-in ventilator software and autonomic markers of sleep fragmentation [Text] / J.-P. Janssens [et al.] // *Thorax.* – 2011. – Vol. 66. – P. 438–445.
11. 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.
12. Pointer, J. Capnography – the new standard of care [Electronic resource] / J. Pointer // www.acgov.org/ems/28_capnography.
13. Prasad, R. Arterial blood gas : basics and interpretation [Text] / R. Prasad // *Pulmon.* – 2007. – Vol. 9(3). – P. 82–87.
14. The blood gas handbook [Text] / Radiometer Medical ApS. – Denmark. – ISBN 87-88138-48-8. – 112 p.
15. Гаврисюк, В. К. Комментарии к новому руководству по диагностике и ведению идиопатического легочного фиброза [Текст] / В. К. Гаврисюк // *Укр. пульмонолог. журн.* – 2011. – № 3. – С. 57–58.
16. Гаврисюк, В. К. Принципы терапии больных с осложнениями ХОЗЛ [Текст] / В. К. Гаврисюк // *Укр. пульмонолог. журн.* – 2011. – № 2. – С. 10–12.
17. Клиническая классификация дыхательных и гемодинамических нарушений при заболеваниях легких [Текст] / В. К. Гаврисюк [и др.] // *Укр. пульмонолог. журн.* – 2003. – № 1. – С. 30–32.
18. Лапач, С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. [Текст] / С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, П. Н. Бабич – Київ // Морион, 2000. – 320 с.
19. Наказ МОЗ України № 128 від 19.03.2007 р. «Про затвердження клінічних протоколів надання медичної допомоги за спеціальністю «Пульмонологія» [Текст] / Діагностика, клінічна класифікація та лікування хронічного обструктивного захворювання легень. – Київ. – 2007. – С. 63–88.
20. Феценко, Ю. І. У чому проблема з діагностуванням ХОЗЛ? [Електронний ресурс] / Ю. І. Феценко // – Режим доступу: <http://www.unian.net/ukr/news/news-431940.html>.
21. Феценко, Ю. І. Хроническое обструктивное заболевание легких – актуальная медико-социальная проблема [Текст] / Ю. І. Феценко // *Укр. пульмонолог. журн.* – 2011. – № 2. – С. 6.

REFERENCES

1. Zavorsky GS, et al. Arterial versus capillary blood gases : a meta-analysis. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 2007;155 (3):268–279.
2. Baillie JK. Simple, easily memorized “rules of thumb” for the rapid assessment of physiological compensation for respiratory acid-base disorders. *Thorax.* 2008;63:289–290.
3. D’Orasio P, et al. Blood gas and pH analysis and related measurements; approved guideline – second edition. *Clinical and laboratory standards institute.* 2009;29(8): C46–A2.
4. Blood Gas Reference Ranges. Beaumont Health System, Lab Test Directory. Available at: http://www.beaumont-hospitals.com/files/imce/pdfs/laboratories/Blood_Gas_Reference_Ranges.pdf.
5. Brown AC. Respiration physiology: alveolar-arterial equilibration. Available at: <http://www.acbrown.com/lung/Lectures/RsAaeq/RsAaeqHypx.htm>.
6. Kerry C, et al. Capillary blood gas – a more “patient friendly” alternative to arterial blood gas? Available at: <http://www.1000livesplus.wales.nhs.uk/sitesplus/documents/1011/SOPHIE%20RICHTER%20Capillary%20blood%20gas%20-%20corrected.pdf>.
7. Nishimura M, et al. Capnometry during high-frequency oscillatory ventilation. *Chest.* 1992;101:1681–1683.
8. D’Mello J, Butani M. Capnography. *Indian. J. Anaest.* 2002;46(4):269–278.
9. Kellum J. Acid-base disorders. *Critical Care.* 2006;8:801–812.
10. Janssens J-P. Nocturnal monitoring of home non-invasive ventilation: the contribution of simple tools such as pulse oximetry, capnography, built-in ventilator software and autonomic markers of sleep fragmentation. *Thorax.* 2011;66:438–445.
11. Koulouris NG, et al. Noninvasive measurement of mean alveolar carbon dioxide tension and Bohr’s dead space during tidal breathing. *Eur. Respir. J.* 2001;17:1167–1174.
12. Pointer J. Capnography – the new standard of care. Available at: www.acgov.org/ems/28_capnography.
13. Prasad R. Arterial blood gas: basics and interpretation. *Pulmon.* 2007;9(3):82–87.
14. The blood gas handbook. Radiometer Medical ApS. Denmark. ISBN 87-88138-48-8: 112 p.
15. Gavrysyuk VK. *Komentarii k novomu rukovodstvu po diagnostike I vedeniyu idiopaticeskogo legochnogo fibroza* (Comments on novel guidelines for diagnosis and management of idiopathic pulmonary fibrosis). *Ukr. Pulmonol. Zhurnal.* 2011;No 3:57–58.
16. Gavrysyuk VK. *Printsipy terapii bolnykh s oslozheniyami KHOZL* (Management of patients with COPD complications). *Ukr. Pulmonol. Zhurnal.* 2011;No 2:10–12.
17. Gavrysyuk VK, et al. *Klinicheskaya klassifikatsiya dykhatelnykh I gemodinamicheskikh narusheniy pri zabolovaniyakh legkikh* (Clinical classification of respiratory and circulation disorders in lung diseases). *Ukr. Pulmonol. Zhurnal.* 2003;No 1:30–22.
18. Lapach SN, Gubenko AV, Babich PN. *Statisticheskie metody v medicobiologicheskikh issledovaniyakh s ispolzovaniem Excel* (Statistics in medical and biological studies using Excel application). Kyiv: Morion. 2002;320 p.
19. *Ministerstvo okhorony zdorovya Ukrainy. Pro zatverdzhennya klinichnykh protokoliv nadannya medychnoy dopomogi za spetsialnistyu “Pulmonologiya”.* *Nakaz № 128 vid 19.03.2007.* Kyiv: Veles. 2007;146 s. (Ministry of health of Ukraine. Approval of clinical protocols for provision of medical care. Decree # 128 dated 19.03.2007).
20. Feshchenko Yul. *U chomu problema z diagnostuvannyam KHOZL? (What is the problem with COPD diagnosis?)*. Available at: <http://www.unian.net/ukr/news/news-431940.html>.
21. Feshchenko Yul. *Khronicheskoye obstruktyvnoye zabolovaniye legkikh – aktualnaya mediko-sotsialnaya problema* (Chronic obstructive pulmonary disease – actual medical and social problem). *Ukr. Pulmonol. Zhurnal.* 2011;No 2:6.