



УКРАЇНА

(19) UA (11) 15488 (13) U
(51) МПК (2006)
A61B 5/08МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ ФУНКЦІЇ ЛЕГЕНІВ

1

2

(21) u200509865

(22) 20.10.2005

(24) 17.07.2006

(46) 17.07.2006, Бюл. № 7, 2006 р.

(72) Ковганко Олексій Олексійович, Савченко Валентин Михайлович, Ковальчук Станіслав Ільч, Хорошило Іван Якович, Яковлев Олександр Петрович, П'янков Олександр Федорович

(73) КРИМСЬКИЙ РЕСПУБЛІКАНСЬКИЙ НДІ ФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ ЛІКУВАННЯ І МЕДИЧНОЇ КЛІМАТОЛОГІЇ ІМ.І.М.СЕЧЕНОВА

(57) Спосіб оцінки вентиляційної функції легенів, який включає реєстрацію хвилинного об'єму дихання під час зворотного дихання, який **відрізняється** тим, що одночасно вимірюють концентрацію і об'ємну швидкість приросту вуглекислого газу у

позалегеновому замкнутому об'ємі і показник вентиляційної функції легенів розраховують за формулою:

$$k = (n \cdot \sum(x \cdot \ln y) - \sum(x) \cdot \sum(\ln y)) / (n \cdot \sum(x^2) - (\sum x)^2), \text{ де}$$

k - показник вентиляційної функції легенів,

n - число вимірювань концентрації CO₂ у позалегеновому замкнутому об'ємі, проведені під час зворотного дихання,x - зареєстровані значення концентрації CO₂ у позалегеновому замкнутому об'ємі (%),y - кількісне відношення хвилинного об'єму дихання до хвилинного об'ємного приросту CO₂ у позалегеновому замкнутому об'ємі, що відповідає кожному значенню x.

Корисна модель відноситься до області медицини, а саме до пульмонології і може бути використана для діагностики функціонального стану легенів.

Відомий спосіб оцінки вентиляційної функції легенів дозволяє виявити їхні резервні можливості шляхом виміру максимальної вентиляції легенів [Г.Л. Хасис. Показатели внешнего дыхания у здоровых людей. Кемерово, 1975, часть 1. - С.176.].

Відомий спосіб заснований на вимірі об'ємної швидкості проходження повітря через легені в умовах максимально можливого вольового форсованого режиму.

Ознакою, що збігається з істотними ознаками пропонованого способу, є вимір хвилинного об'єму дихання під час функціонального навантаження.

Спосіб-аналог має наступні недоліки. Довільна гіпервентиляція є стомлюючою і вимагає повного сприяння з боку випробувача. Виникаюча під час дослідження різка гіпокапія небезпечна для здоров'я. Погана переносимість обмежує процедуру в часі, що позначається на точності виміру.

Як прототип обраний спосіб оцінки вентиляційної функції (вентиляційної реакції), що включає вимір хвилинного об'єму дихання й визначення концентрації вуглекислого газу в альвеолярному повітрі під час зворотного дихання об-

стежуваного. Як показник вентиляційної функції використовують величину приросту хвилинного об'єму дихання на кожний мм рт.ст. збільшення вмісту вуглекислого газу в альвеолярному повітрі [И.С. Бреслав, В.Д. Глебовский. Регуляция дыхания. - Л. "Наука", 1981. - С.165-172.].

Ознакою, що збігається з істотними ознаками пропонованого способу є вимір динаміки хвилинного об'єму дихання під час зворотного дихання.

Недоліком способу-прототипу є те, що динаміку хвилинного об'єму дихання реєструють залежно від концентрації вуглекислого газу в альвеолярному повітрі, вимір якого пов'язаний із забором і газовим аналізом кінцевих порцій форсованого видихуваного повітря. Це ускладнює дослідження. Крім того, реєстрована при зворотному диханні величина концентрації вуглекислого газу кінцевої порції видихуваного повітря не завжди відповідає такій в альвеолярному повітрі [Е.В. Гладков, А.А. Пенкович. К определению CO₂ в альвеолярном воздухе и смешанной венозной крови при помощи аппарата ГУМ-2. В кн.: Новые приборы газового анализа в современной медицине и физиологии. Казань, 1971. - С.38-40.]. Ця обставина може служити джерелом помилок при оцінці залежності рівня вентиляції від гіперкапічного стимула.

(13) U

(11) 15488

(19) UA

Іншим недоліком способу-прототипу є те, що при його використанні не розкривається взаємозв'язок вентиляюмого потоку (хвилинний об'єм дихання) з досягаємим результатом вентиляції - потоком виведеного вуглекислого газу з альвеолярного простору у позалегеновий замкнутий об'єм.

В основу корисної моделі поставлене завдання вдосконалення способу оцінки вентиляційної функції легенів шляхом виміру співвідношення вентиляюмого потоку (хвилинний об'єм дихання) і потоку вуглекислого газу з легенів залежно від концентрації вуглекислого газу у вдихуваному повітрі при зворотному диханні. Пропонована технологія способу спрощує процедуру виміру, підвищує точність і інформативність дослідження.

Поставлене завдання вирішується тим, що в пропонованому способі оцінки вентиляційної функції легенів, що включає реєстрацію хвилинного об'єму дихання під час зворотного дихання, одночасно вимірюють концентрацію і об'ємну швидкість приросту вуглекислого газу у позалегеновому замкнутому об'ємі і показник вентиляційної функції розраховують по формулі:

$$k = (n \cdot \sum(x \cdot \ln y) - \sum(\ln x) \cdot \sum(\ln y)) / (n \cdot \sum(x^2) - (\sum x)^2), \text{ де}$$

k - показник вентиляційної функції легенів

n - число вимірів концентрації CO₂ у позалегеновому замкнутому об'ємі, проведених під час зворотного дихання

x - зареєстровані значення концентрації CO₂ у позалегеновому замкнутому об'ємі (%)

y - кількісне відношення хвилинного об'єму дихання до хвилинного об'ємного приросту CO₂ у позалегеновому замкнутому об'ємі, що відповідає кожному значенню x.

Між сукупністю істотних ознак заявленого способу і технічним результатом, що може бути досягнутий, проявляється наступний причинно-наслідковий зв'язок.

Спрощення й підвищення точності забезпечується відмітною істотною ознакою - вимір концентрації вуглекислого газу у позалегеновому замкнутому об'ємі. Динаміка хвилинного об'єму дихання (ХОД) залежить від концентрації вуглекислого газу в альвеолярному повітрі, що при зворотному диханні перебуває в тісному зв'язку із прогресуючим ростом концентрації цього газу у позалегеновому замкнутому об'ємі і зв'язок цей односпрямований. Вимір вмісту вуглекислого газу в замкнутому об'ємі може бути забезпечено прямим підключенням газоаналізатора до замкнутого позалегенового об'єму.

Безперервна реєстрація концентрації вуглекислого газу в повітрі позалегенового об'єму за допомогою газоаналізатора виключає необхідність періодичних трудомістких заборів проб повітря наприкінці форсованого видиху.

Підвищення інформативності в пропонованому способі забезпечується відмітною істотною ознакою - вимір об'ємної швидкості приросту вуглекислого газу у позалегеновому замкнутому об'ємі. До початку зворотного дихання в системі замкнутий простір - легені у позалегеновому об'ємі вуглекислого газу немає. У процесі зворотного дихання частина вуглекислого газу, виведена з альвеоляр-

ного простору при видиху, знову повертається в легені при вдиху. Це призводить до нагромадження вуглекислого газу в організмі, що викликає компенсаторну прогресуючу гіпервентиляцію. Формуються два газових потоки: вентиляючий потік - хвилинний об'єм дихання (ХОД) і залежний від нього потік вуглекислого газу з легенів (без урахування його шунтуючої частини) у позалегеновий замкнутий простір (МСO₂). Їхнє співвідношення дає якісно нову інформацію, що залежить не тільки від величини вентиляючого потоку, але й від результату досягаємої вентиляції. При відсутності перерахованих ознак технічний результат недосяжний.

У процесі зворотного дихання кількісне співвідношення ХОД/МСO₂ збільшується, тому що в міру накопичення вуглекислого газу в замкнутий системі розвивається гіпервентиляція, а ефективний потік вуглекислого газу з легенів у позалегеновий замкнутий простір (без урахування шунтуючої його фракції) зменшується. Кожному значенню прогресуючої концентрації вуглекислого газу у позалегеновому замкнутому об'ємі (% CO₂) буде відповідати своє співвідношення ХОД/МСO₂.

Регресійний аналіз емпіричних даних показав, що між прогресуючим збільшенням концентрації вуглекислого газу у позалегеновому замкнутому просторі й відповідної їй відношенням ХОД/МСO₂ існує експонентна залежність. Математичним вираженням такого взаємозв'язку служить константа експонентної лінії тренда, проведеної через емпіричні точки. У пропонованому способі константа служить кількісним показником вентиляційної функції й може бути розрахована за допомогою відомої формули [А.Н. Кудрин, Г.Т. Пономарева. Применение математики в экспериментальной и клинической медицине. М., Медицина, 1967. - С. 138]:

$$k = (n \cdot \sum(x \cdot \ln y) - \sum(x) \cdot \sum(\ln y)) / (n \cdot \sum(x^2) - (\sum x)^2), \text{ де}$$

k - показник вентиляційної функції легенів

n - число вимірів концентрації CO₂ у позалегеновому замкнутому об'ємі, проведені під час зворотного дихання

x - зареєстровані значення концентрації CO₂ у позалегеновому замкнутому об'ємі (%)

y - кількісне відношення хвилинного об'єму дихання до хвилинного об'ємного приросту CO₂ у позалегеновому замкнутому об'ємі, що відповідає кожному значенню x

Приклад конкретного виконання пропонованого способу.

Зручно проводити пропоновану оцінку вентиляційної функції при аналізі навантажувальної вентиляографії [А.А. Ковганко, С.И. Ковальчук, В.М. Савченко, А.Ф. Пьянков, И.Я. Хорошило, А.В. Постников, А.П. Яковлев. Нагрузочная вентиляография // Вестник физиотерапии и курортологии, Евпатория. - 2002. - №2. - С.83-86].

Суть методу навантажувальної вентиляографії полягає в тім, що обстежуваний підключається до дихання в спірограф з виключеним поглиначем вуглекислого газу. Створюється замкнутий об'єм, у якому під час зворотного дихання відбувається накопичення вуглекислого газу. Гіперкапія призводить до прогресуючої гіпервентиляції.

Накопичення вуглекислого газу в спірографі безупинно реєструється газоаналізатором. Рухи дзвона спірографа підсумовуються й перетворюються в електричний сигнал кожні 30 секунд. Після закінчення 30 секунд автоматично відбувається скидання електричного сигналу до нуля й цикл повторюється. Одержувана інформація записується на двохкоординатному самописі. По осі "Y" записується сигнал від спірографа, по осі "X" - сигнал від газоаналізатора. На реєстрованій діаграмі малюється крива (навантажувальна вентиляграма) у вигляді "пилки", висота кожного зубця якої характеризує рівень хвилинного об'єму дихання через кожні 30 секунд зворотнього дихання. "Розгорнення" по осі "X" відбуваються по

вимірюваній прогресуючій концентрації вуглекислого газу в повітрі спірографа. Таким чином, горизонтальна вісь графіка несе подвійну інформацію - за часом (кожний зубець "пилки" займає 30 секунд) і по концентрації вуглекислого газу у позалегеному об'ємі.

Приклад навантажувальної вентиляграми поданий на Фіг.1. Висота кожного зубця вентиляграми відбиває рівень хвилинного об'єму дихання через кожні 30 секунд. Кожній зареєстрованій точці рівня хвилинного об'єму дихання відповідає конкретна величина концентрації вуглекислого газу в спірографі. За даними наведеної навантажувальної вентиляграми складена таблиця 1.

Таблиця 1

Т (хв.)	% CO ₂	ХОД	А % CO ₂	МСO ₂	ХОД/МСO ₂
0,5	0,9	5,0	0,9	0,18	27,7777
1,0	1,8	6,0	0,9	0,18	33,3333
1,5	2,6	7,0	0,8	0,16	43,7500
2,0	3,4	8,0	0,8	0,16	50,0000
2,5	4,1	9,0	0,7	0,14	64,2886
3,0	4,6	12,0	0,6	0,12	100,0000
3,5	5,1	15,0	0,5	0,10	150,0000
4,0	5,6	19,0	0,5	0,10	190,0000
4,5	6,1	26,0	0,5	0,10	250,0000
5,0	6,5	33,0	0,4	0,08	412,5000
5,5	6,9	40,0	0,4	0,08	500,0000

Значення % CO₂ і ХОД вимірюються через кожні 30 секунд безпосередньо на вентиляграмі (Фіг.1). Інші графі є розрахунковими. Показник Л% CO₂ (процентний приріст вуглекислого газу за кожні 30 секунд) розраховується по різниці між значеннями в графі % CO₂. З його допомогою можна розрахувати швидкість хвилинного об'ємного приросту вуглекислого газу в спірографі з відомим об'ємом по формулі:

$$МСO_2 = 2 \cdot \Delta\% CO_2 \cdot V_{сп} / 100, \text{ де}$$

МСO₂ - хвилинний об'ємний приріст вуглекислого газу в спірографі (л/хв.)

$\Delta\% CO_2$ - приріст концентрації вуглекислого газу в спірографі за 30сек. (%)

V_{сп} - об'єм спірографа (у нашому випадку він дорівнює 10л).

Частки від розподілу ХОД на МСО₂ подані в графі ХОД/МСO₂. Дані цієї графі є функцією від відповідних значень у графі % CO₂ і є основою для обчислення показника вентиляційної функції. Як було відзначено вище, зв'язок цих показників носить експонентний характер. Графічне вираження цього зв'язку в нашому прикладі представлено на Фіг.2, де через емпіричні точки проведена експонентна лінія тренда. Докладний розрахунок показника вентиляційної функції наведений у таблиці 2.

Таблиця 2

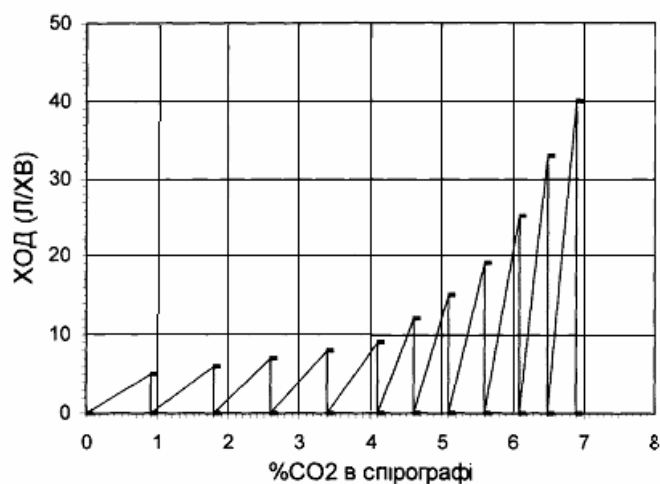
N	Т (хв)	x % CO ₂	y ХОД/МСO ₂	log (y)	x ²	x*log (y)
1	0,5	0,9	27,7777	3,3242	0,8100	2,9918
2	1,0	1,8	33,3333	3,5066	3,2400	6,3118
3	1,5	2,6	43,7500	3,7785	6,7600	9,8241
4	2,0	3,4	50,0000	3,9120	11,5600	13,3009
5	2,5	4,1	64,2886	4,1634	16,8100	17,0699
6	3,0	4,6	100,0000	4,6052	21,1600	21,1838
7	3,5	5,1	150,2000	5,0120	26,0100	25,5610
8	4,0	5,6	190,0000	5,2470	31,3600	29,3833
9	4,5	6,1	250,0000	5,5215	37,2100	33,6809
10	5,0	6,5	412,5000	6,0222	42,2500	39,1445
11	5,5	6,9	500,0000	6,2146	47,6100	42,8808
Усього:		47,6	1821,8496	61,3072	244,7800	241,3328

$$k = \frac{(n \sum (x \ln y) - \sum x) \sum (\ln y)}{(n \sum x^2) - (\sum x)^2} = \frac{(11 \cdot 241,3328 - 47,6 \cdot 51,3072) / (11 \cdot 244,78 - 47,6^2)}{(2654,6608 - 2442,2227) / (2692,58 - 2265,76)} = 212,4381 / 426,82 = 0,4977\%^{-1}.$$

Позитивний ефект. Запропонований спосіб оцінки вентиляційної функції виключає необхідність забору кінцевих порцій повітря при глибокому видиху, що спрощує проведення

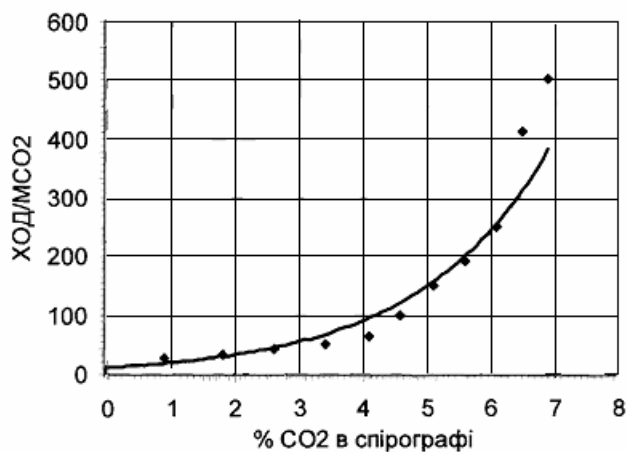
дослідження й виключає можливі помилки при вимірі концентрації вуглекислого газу. Використання способу підвищує інформативність діагностики за рахунок виміру динаміки взаємовідношень вентиляюемого потоку повітря й потоку вуглекислого газу, що вимивається з альвеолярного простору легенів.

діаграма 1



Фіг.1

діаграма 2



Фіг.2