

Порівняння визначення залишкового об'єму легень вдиханням кисню та інших газів

В. П. Миколаєць

Функцію апарата дихання можна охарактеризувати, досліджуючи альвеолярне повітря, зовнішню вентиляцію, максимальний об'єм дихання, резерв дихання та об'єм залишкового повітря. Серед цих методів найбільш цінним для характеристики компенсаторних здатностей організму є дослідження залишкового повітря легень.

Визначити об'єм залишкового повітря безпосереднім шляхом можна тільки на трупі при механічному стисненні легень. Побічний шлях полягає в розведенні альвеолярного повітря будь-яким газом та визначенні його концентрації у видихнутому повітрі. Для цієї мети користуються азотом, воднем, гелієм і киснем.

Визначення об'єму залишкового повітря вдиханням водню небезпечно для організму, бо кисень в альвеолярному повітрі замщується чужим для організму газом, і це може призвести до кисневого голодування тканин. Особливо небезпечно вдихання водню для осіб з порушеним газообміном. Крім того, для визначення концентрації водню у видихнутому повітрі потрібна складна апаратура в спеціально обладнаній лабораторії (Зілов, Макмайкл, Бріско, Форстер і Комро, Ван Він, Орі і Хірлес, Бірат).

Геріш запропонував визначати об'єм залишкового повітря шляхом вдихання азоту. Щоб запобігти кисневій недостатності, автор пропонує давати перед дослідженням вдихати кисень на протязі 7 хв., припускаючи, що за цей час організм досліджуваного може насититись киснем. Незважаючи на те, що азот є індиферентним для організму газом, все ж надмірна його кількість в легенях не байдужа для людини з кисневою недостатністю, навіть якщо попередньо наситити організм киснем.

При визначенні об'єму залишкового повітря вдиханням гелію, його концентрацію у видихнутому повітрі визначають спеціальним електричним приладом — катагмометром. Перевага цього методу над водневим і азотним полягає в тому, що він зручніший для експериментатора тим, що нема потреби робити аналіз видихнутого повітря. Вади його ті ж самі: при вдиханні азоту, водню та гелію парціальний тиск кисню в альвеолярному повітрі знижується і зменшується насичення крові киснем. Це призводить до кисневого голодування (Бріско, Беклер і Родз, Енглерт, Денолен і де Костер). Деяка, навіть відносна шкідливість цих газів, особливо для організму із зниженими функціональними можливостями, призвела до того, що це важливе дослідження не дістало поширення в клініці. Виявилась необхідність створити такий метод, який дає можливість визначати об'єм залишкового повітря, не порушуючи кисневого живлення тканини організму.

Ще І. М. Сеченов розробив теорію постійного складу легеневого повітря. У створенні цієї теорії І. М. Сеченов виходив з того, що при правильній періодичності вдиху і видиху вдихуване повітря повністю змішується з легеневим повітрям. Сеченов навів приклад обчислення кількості азоту в легеновому повітрі в умовах дихання киснем. Для цього він запропонував таку формулу:

$$V_n = V + (V_0 - V) \left(\frac{A}{B + A} \right)^n, \text{ де}$$

- V_n — об'єм азоту в легеновому повітрі після певної кількості дихальних циклів;
- V — постійний об'єм азоту в легеновому повітрі;
- V_0 — початковий об'єм азоту в легеновому повітрі;
- A — загальний об'єм легень;
- B — дихальний об'єм легень;
- n — кількість дихальних циклів.

Л. Л. Шик, А. М. Кулик і М. Г. Шнейдерович експериментально підтвердили теоретичні розрахунки І. М. Сеченова. Для обчислення концентрації азоту у видихнутому повітрі вони користувались наведеною сеченовською формулою.

Для визначення кількості азоту у видихнутому повітрі досліджуваний через

спеціальний вентиль дихати киснем із за видихів у повітрі гу в альвеолярному по легень після видиху. Маючи на мет зв'язку з операцією стосували для визн Дослідження пр з дихальною маскою

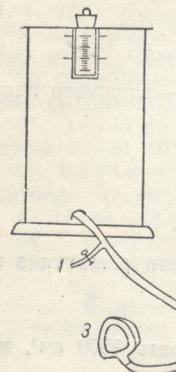


Схема приладу з д значення об'єму 1 — трубка для взяття, 3 — дих.

до 6000 см³. Дослід на шкалі якого відм для тренування кільк на протязі 1,5—2 хв. битись з таким розр 6000 см³.

Під час диханн шується настільки, щ тязі всього дослідже середовища і становл легені—спірометр до

Наводимо прикл

Відомо, що в а хання кисню в невід

Аналіз кисню, в Щоб визначити кільк метрі перемножити на

Отже, кількість а ла

Наприкінці досл начали за шкалою сп водчя аналіз в апар

спеціальний вентиль робить максимально глибокий видих. Після цього йому дають дихати киснем із заповненого цим газом гумового мішка. Після кількох вдихів і видихів у повітрі гумового мішка визначали концентрацію азоту. Знаючи вміст азоту в альвеолярному повітрі, можна за формулою Сеченова обчислити об'єм повітря легень після видиху, тобто об'єм залишкового повітря легень.

Маючи на меті дослідити функціональний стан органів дихання людини в зв'язку з операцією резекції легень, за пропозицією проф. М. М. Амосова, ми застосували для визначення об'єму залишкового повітря метод І. М. Сеченова.

Дослідження провадилося так: два спірометри з'єднані через триходовий кран з дихальною маскою або загубником (рис. 1). Спірометр № 1 заповнюється киснем

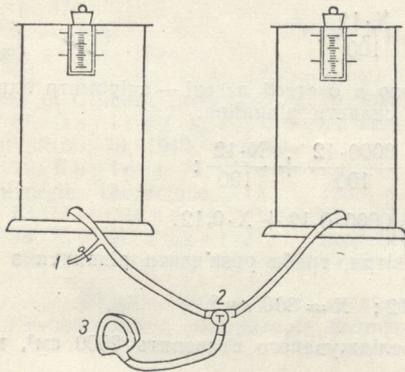


Схема приладу з двох спірометрів для визначення об'єму залишкового повітря.
1 — трубка для взяття проби; 2 — триходовий кран;
3 — дихальна маска.

Об'єм залишкового повітря у здорових осіб

Прізвище досліджуваного	Вдиханням азоту	Вдиханням кисню
Н-ц	1270	1350
Б-н	1000	880
К-о	920	1100
Д-я	1200	1180
К-в	1300	1150

до 6000 см³. Досліджуваний робить максимально глибокий вдих у спірометр № 2, на шкалі якого відмічається життєвий об'єм легень. Глибокий видих повторюється для тренування кілька разів. В кінці видиху кран перекривають на спірометр № 1 і на протязі 1,5—2 хв. досліджуваний дихає киснем. Останній видих у спірометр робиться з таким розрахунком, щоб довести об'єм повітря до початкового рівня — 6000 см³.

Під час дихання киснем вміст спірометра й альвеолярного повітря легень змішується настільки, що через 1,5—2 хв. їх склад можна вважати однаковим. На протязі всього дослідження легень і спірометр герметично ізольовані від зовнішнього середовища і становлять одну замкнену систему. Отже, концентрація кисню в системі легень — спірометр до дихання киснем і після дихання залишається однаковою.

Наводимо приклад обчислення.

Відомо, що в альвеолярному повітрі кількість азоту постійна — 79,8%. До вдихання кисню в невідомому об'ємі залишкового повітря міститься азоту

$$\frac{X \cdot 79,8}{100}$$

Аналіз кисню, взятого для дихання, показав, що в ньому міститься 2,6% азоту. Щоб визначити кількість азоту в спірометрі до дихання, треба об'єм газу в спірометрі перемножити на вміст азоту в ньому

$$\frac{6000 \cdot 2,6}{100}$$

Отже, кількість азоту в системі легень — спірометр до початку дихання становила

$$\frac{X \cdot 79,8}{100} + \frac{6000 \cdot 2,6}{100}$$

Наприкінці дослідження після дихання киснем об'єм видихнутого повітря визначали за шкалою спірометра, а про концентрацію азоту в ньому дізнавались, проводячи аналіз в апараті Холдена. Припустимо, що об'єм видихнутого повітря ста-

новить 6000 см^3 і концентрація азоту в ньому дорівнює 12%. Отже, у видихнутому об'ємі міститься азоту:

$$\frac{6000 \cdot 12}{100}$$

В альвеолярному повітрі легень концентрація азоту така сама — 12%. Отже, в невідомому об'ємі залишкового повітря міститься азоту:

$$\frac{X \cdot 12}{100}$$

Загальна кількість азоту в легенях і спірометрі після видиху становить:

$$\frac{6000 \cdot 12}{100} + \frac{X \cdot 12}{100}$$

Виходячи з того, що концентрація кисню в системі легень — спірометр однакова на початку та в кінці дослідження, можна скласти рівняння:

$$\frac{X \cdot 79,8}{100} + \frac{6000 \cdot 2,6}{100} = \frac{6000 \cdot 12}{100} + \frac{X \cdot 12}{100};$$

$$X \cdot 0,798 + 6000 \cdot 0,026 = 6000 \cdot 0,12 + X \cdot 0,12.$$

Щоб встановити об'єм залишкового повітря, треба розв'язати рівняння з одним невідомим:

$$X(0,798 - 0,12) = 542; \quad X = 800 \text{ см}^3.$$

Знаючи, що життєвий об'єм легень досліджуваного становить 2500 см^3 , можна визначити загальний об'єм повітря легень:

$$2500 + 800 = 3300 \text{ см}^3.$$

Залишається визначити, який процент від загального об'єму становить об'єм залишкового повітря легень

$$\frac{800 \cdot 100}{3300} = 24,2\%.$$

Все обчислення можна виразити формулою:

$$V_1 = \frac{V_2(N_3 - N_2)}{N_1 - N_3}, \text{ де}$$

V_1 — об'єм залишкового повітря;

V_2 — об'єм кисню в спірометрі до дихання;

V_3 — об'єм повітря в спірометрі після дихання;

N_1 — концентрація азоту в альвеолярному повітрі;

N_2 — концентрація азоту в кисні до дихання (в балоні) і N_3 — концентрація азоту в спірометрі після дихання.

За цією формулою залишкове повітря визначається разом з об'ємом «мертвого простору». «Мертвий простір» ми не враховуємо в зв'язку з трудностю визначення та невеликим його об'ємом.

Описаним методом нами зроблено більше 1000 досліджень залишкового об'єму повітря у здорових осіб та у осіб, хворих на туберкульоз легень. Повторні визначення, зроблені у тієї самої особи, відрізняються між собою на $30-150 \text{ см}^3$, тобто на 1—5%. Ми не обмежились однаковістю паралельних проб і схожістю результатів досліджень у нашої контрольної групи з результатами, одержаними іншими авторами у контрольних груп. Ми дослідили об'єм залишкового повітря у здорових осіб вдиханням кисню та вдиханням азоту (за Герішем). Результати досліджень наведені в таблиці.

Як видно з таблиці, результати обох досліджень відрізняються мало.

Метод визначення залишкового повітря вдиханням кисню цілком нешкідливий не тільки для здорових людей, а й для осіб з кисневою недостатністю. У хворих на туберкульоз легень завжди є киснева недостатність, тому дихання медичним киснем в такий спосіб, який застосовується в нашій лабораторії, може принести хворим тільки користь. Метод не вимагає громіздкої і кошовної апаратури. Аналіз повітря можна робити в умовах фізіологічної лабораторії апаратом Холдена (Вульфович, Окунев, Сиркіна, Шик, Кулик і Шнейдерович, Чернова, Дарлінг, Кернанд, Менсфілд і Річардс).

Ми вважаємо, що метод визначення об'єму залишкового повітря вдиханням кисню може бути застосований навіть у хворих з кисневою недостатністю.

1. Вульфова
2. Зилова Г.
3. Окунев
4. Сеченов
5. Сиркіна
6. Шик Л. А.
7. Biratn G
8. Briscoe
9. Briscoe
10. Darling
11. Darling
12. Englert
13. Heirich
14. Mc Mich
15. Van Vee

Українці
туберкульозу,

Сравнен
ВД

Определить ос
ническом сдавливан
лении альвеолярног
выдыхаемом воздух
родом.

Определение ос
ма, так как при вд
чуждым организму
Особенно опасно вд
определение концент
ки в специально об
Гериш предлож
та. Выдохнутый воз
При определени
цию в выдыхаемом
катагмометром.

Некоторая, даж
особенно для органи
к тому, что это важ
ника необходимости
определять объем о
организма.

Еще И. М. Сеч
воздуха. В построени
ной периодичности в
гочным. И. М. Сечен
воздухе при услови
Шик, Кулик и

четы И. М. Сеченов
они пользовались той
По предложени
воздуха (в связи с р

ЛИТЕРАТУРА

1. Вульфович С. И., Современные методы газоанализа в клинике, Л., 1951.
2. Зилов Г. Н., Магницкий А. Н. и др., Руководство к практическим занятиям по физиологии, 1948, с. 64.
3. Окунев Д. Ф., Методы газоанализа в клинике, Х., 1932.
4. Сеченов И. М., Избранные сочинения, 1935, с. 52.
5. Сыркина Л. Н., Газовый анализ в медицинской практике, 1956.
- Чернова Л. Н., Терапевтический архив, т. 27, в. 6, 1955, с. 57.
6. Шик Л. А., Кулик А. М., Шнейдерович М. Г., Кислородная терапия, К., 1952, с. 53.
7. Biratn G., Akta med. Scandinavica, Suppl. 154, 1944.
8. Briscoe W. A., Becklare M. R., Rose T. F., Clinical Science, v. 10, 1, 1951, p. 37.
9. Briscoe W. A., Forster R. E., Comroe J. H., Journal of Applied Physiology, v. 7, 1, 1954, p. 37.
10. Darling R. C., Cournand A., Mansfield J. S., Richards D. W., Journal of Clinical Investigation, 19, 1940, p. 599.
11. Darling R. C., Cournand A., Richards D. W., Journal of Clinical Investigation, 19, 1940, p. 609.
12. Englert M., Denolin H., De Coster A., Journal français de médecine et chirurgie thoracique, XIX, 1, 1955, p. 14.
13. Heiriche H., Beitr. klin. Tuberk., 107, 1, 1952, p. 64.
14. Mc Michael J., Clinical Science, v. 4, 2, 1939, p. 167.
15. Van Veen, Orie, Hirdes, Acta Tuberc. Scand. (26), 1952, p. 180.

Український науково-дослідний інститут
туберкульозу, лабораторія патології, Київ

Надійшла до редакції
4.VI 1957 р.

Сравнение определения остаточного объема легких вдыханием кислорода и других газов

В. П. Николаец

Резюме

Определить остаточный воздух прямым путем можно только на трупе при механическом сдавливании легкого. Косвенный путь определения заключается в разбавлении альвеолярного воздуха каким-либо газом и определении его концентрации в выдыхаемом воздухе. Для этой цели пользуются азотом, водородом, гелием и кислородом.

Определение остаточного объема вдыханием водорода небезопасно для организма, так как при вдыхании водорода кислород в альвеолярном воздухе замещается чуждым организму газом. Это может привести к кислородному голоданию тканей. Особенно опасно вдыхание водорода для лиц с нарушенным газообменом. Кроме того, определение концентрации водорода в выдохнутом воздухе требует сложной установки в специальной оборудованной лаборатории.

Гериш предложил определять объем остаточного воздуха путем вдыхания азота. Выдохнутый воздух анализируется в аппарате Холдена.

При определении объема остаточного воздуха вдыханием гелия его концентрацию в выдыхаемом воздухе определяют специальным электрическим прибором — катагмометром.

Некоторая, даже относительная, вредность вдыхания азота, водорода и гелия, особенно для организма со сниженными функциональными возможностями, привела к тому, что это важное исследование не получило распространения в клинике. Возникла необходимость в изыскании такого метода, который давал бы возможность определять объем остаточного воздуха, не нарушая кислородного питания тканей организма.

Еще И. М. Сеченовым была разработана теория постоянного состава легочного воздуха. В построении своей теории И. М. Сеченов исходил из того, что при правильной периодичности вдоха и выдоха вдыхаемый воздух полностью смешивается с легочным. И. М. Сеченовым приведен примерный расчет количества азота в легочном воздухе при условии дыхания испытуемого кислородом.

Шик, Кулик и Шнейдерович экспериментально подтвердили теоретические расчеты И. М. Сеченова. Для вычисления концентрации азота в выдыхаемом воздухе они пользовались той же сеченовской формулой.

По предложению проф. Н. М. Амосова для определения объема остаточного воздуха (в связи с резекцией легкого) мы применили метод Сеченова.

Определение производилось следующим образом: два спирометра соединены через трехходовый кран с загубником (рис.). Спирометр № 1 заполняется кислородом до 6000 см³. Испытуемый делает максимально глубокий выдох в спирометр № 2, на шкале которого отмечается жизненная емкость легких. Глубокий выдох повторяется несколько раз для тренировки. В конце выдоха кран перекрывают на спирометр № 1, и в течение 1,5—2 мин. испытуемый дышит кислородом. Последний выдох в спирометр делается с таким расчетом, чтобы довести объем воздуха до исходного уровня — 6000 см³. Во время дыхания кислородом содержимое спирометра и альвеолярный воздух легких смешиваются настолько, что через 1,5—2 мин. их состав можно считать одинаковым. В течение всей пробы легкие и спирометр герметически изолированы от окружающего воздуха и представляют собой как бы замкнутую систему. Следовательно, концентрация азота остается одинаковой до дыхания и после дыхания кислородом.

Этим методом нами произведено свыше 1000 исследований объема остаточного воздуха легких у здоровых лиц и у лиц, страдающих туберкулезом легких. Параллельные определения, произведенные у одного и того же лица, отличались друг от друга на 30—150 см³, т. е. на 1—5%. Мы исследовали также объем остаточного воздуха у здоровых лиц путем вдыхания азота (по Геришу).

Метод определения остаточного воздуха вдыханием кислорода совершенно безвреден не только для здоровых лиц, но и для лиц с кислородной недостаточностью. У больных легочным туберкулезом всегда имеется кислородная недостаточность, а потому дыхание медицинским кислородом приносит им только пользу.

Метод не требует громоздкой и дорогостоящей аппаратуры. Анализ воздуха можно производить в условиях физиологической лаборатории аппарата Холдена.

Мы считаем, что метод определения объема остаточного воздуха вдыханием кислорода может быть применим в клинике даже у больных, страдающих кислородной недостаточностью.

Comparison of Residual Lung Volume Determinations by Inhalation of Oxygen and Other Gases

V. P. Nikolayets

Summary

Investigating the volume of the residual air in the lungs is a valuable method for characterizing the state of the respiratory function.

A direct determination of the volume can be carried out only on a cadaver by mechanical pressure on the lungs. The indirect method of determination consists in diluting the alveolar air with some gas and determining the concentration of this gas in the inspired air. Hydrogen, nitrogen, helium and oxygen are employed for this purpose.

The method of determining the residual volume by inhaling oxygen is perfectly safe, not only for healthy persons, but for subjects with oxygen insufficiency as well. The author employed this method for 1000 determinations of the residual air volume in the lungs of healthy subjects and in pulmonary tuberculosis patients. The latter always suffer from oxygen insufficiency, so that inhaling medicinal oxygen in the form in which it is employed in the author's laboratory could only benefit them.

This method does not require any cumbersome or expensive apparatus. An analysis of the air may be made under physiological laboratory conditions by means of Haldane's apparatus.

The author considers that the method of determining residual air by inhaling oxygen may be applied in the clinic even in the case of patients suffering from oxygen insufficiency.

У Київському

Про датчик

Оскільки перері
сантиметрів нижче ві
ти ритмічних скоро
П. Г. Богач, 1957), м
цятипалій кишці. Де
не змінювали частот
також при транстора
стілки стравоходу ви
стінках травної тру

Тому ми провед
Виявилось, що часто
ваготомії на шії зал
ритм кишкових скоро
Для визначення місц
трубиці проведені хр
між пілорусом і два
ньої границі прикріпл
операції частота ско
дванадцятипалої ки
приводило до сталог
кишечника дистальні
18—20 скорочень за

На основі цих
нує ділянка дванадц
ється) підшлункова
в ділянці кишки, в я
кишки на різних від
брати на себе будь-я
частоти скорочень пі
му, розташованого і
1 скорочення за 1 хв.
ньої кишки не вплива
різання клубової киш
ного зниження частот
(9,5—11,6 скорочення
що вказує на наявніс
ня вимагає додатковс
спостерігається різке
роанастомозу на про
те, що від датчика р
менти кишки і цим е

Градієнтною теор
хвиль у каудальному
між напрямком руху п
стальтична хвиля по
ливості кишки), а, на