

ВОЗМОЖНОСТИ ИЗУЧЕНИЯ БИОМЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ НА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПНЕВМОТАХОГРАФАХ

Д. П. Пыргарь

*Кафедра терапии № 1 (зав.— проф. Л. А. Щербатенко) Казанского института
усовершенствования врачей имени В. И. Ленина*

Для изучения некоторых параметров функции внешнего дыхания в практической медицине обычно используются спирографический и пневмотахометрический методы. Поскольку их возможности ограничены, для более глубокого исследования целесообразно применять такие методы, как пневмотахографический, плетизмографический и др. Отечественные пневмотахографы с интегратором, а также пневмотахографы ПТГ 3-01 производства СКТБ «Медфизприбор» удобны для изучения таких показателей биомеханики дыхания, как работа дыхания, эластичность и растяжимость легких, бронхиальное сопротивление, бронхиальная проходимость. Принцип работы пневмотахографа основан на регистрации колебаний транспульмонального давления (Ртп) и дыхательного объема (V) во время дыхательного цикла, при этом вычерчивается петля работы дыхания, по которой рассчитывают общую работу дыхания и ее составляющие — эластический и неэластический компоненты. Одновременно по петле можно вычислить растяжимость и эластичность легких.

В другом режиме работы прибора можно одновременно регистрировать колебания потока воздуха у рта (V) и транспульмональное давление с целью изучения бронхиального сопротивления.

С помощью данного прибора можно также фиксировать потоки воздуха при разных объемах легких во время форсированного выдоха в виде петли «поток-объем» и таким образом исследовать бронхиальную проходимость на всех уровнях бронхиального дерева.

Как было указано выше, для измерения работы дыхания необходима одновременная регистрация транспульмонального давления и дыхательного объема во время дыхательного цикла. Транспульмональное давление определяют путем измерения внутрипищеводного давления (Рвп), поскольку специальными методами исследования было доказано, что они практически одинаковы [6, 8]. Для этого после местной анестезии верхних дыхательных путей через нижний носовой ход в пищевод вводят специальный баллон-зонд, который представляет собой полиэтиленовый катетер с внутренним диаметром 1—1,5 мм и длиной 60—100 см. Для удобства введения зонд должен быть достаточно жестким. Периферический конец катетера запаивают и на протяжении 10—12 см от него наносят по спирали ряд мелких отверстий. На этот участок зонда надевают и герметично присоединяют тонкий латексный баллон с толщиной стенки 0,1—0,2 мм. Для точного измерения колебаний внутригрудного давления в баллон вводят воздух в количестве не более 3 мл с целью исключения растяжения его стенок. Специальные исследования показали, что только в положении баллона в нижней трети пищевода колебания давления в нем не искажаются при дыхании смещением трахеи и других органов средостения. Положение баллона уточняется по колебаниям в нем давления. Сначала баллон рекомендуется ввести в желудок (колебания давления в нем положительные), а затем поднять до появления отрицательного давления, поскольку введение баллона без такого контроля на стандартное расстояние от носа (45—47 см) не гарантирует правильность его положения [1, 2, 4, 5, 7]. Колебания объема определяют интегрированием пневмотахограммы. Прибор для этой цели снабжен двумя дифференцированными манометрами: для измерения транспульмонального давления (разница между ротовым и внутрипищеводным давлением) и пневмотахограммы.

Исследование рекомендуется проводить в положении больного сидя. На нос накладывают зажим, и обследуемый дышит ртом через пневмотахографическую трубку с ничтожным сопротивлением, равным 3,7 мм водн. ст. (36 Па), при скорости 1 л/с и линейной характеристикой. Запись может быть произведена на двухканальном или на двухкоординатном самописце (можно с помощью X — У-осциллоскопа). Самый удобный вариант — это использование двухкоординатного самописца, который позволяет сразу вычерчивать петлю работы дыхания. По петле автоматически регистрируют точки смены дыхательных фаз, необходимых для расчетов. Общую работу дыхания за один дыхательный цикл, а также ее составляющие части вычисляют планиметрическим путем по площади петли и измеряют в килограммометрах (кгм) или джоулях (Дж). Чтобы определить работу дыхания за минуту или мощность работы дыхания необходимо работу дыхания за один дыхательный цикл умножить на ее частоту. Для измерения последней удобно пользоваться специальными частотомерами с индикатором, которые постоянно показывают частоту дыхания за 1 мин. Регистрируют 3—5 одинаковых дыхательных петель и вычисляют средние величины работы дыхания.

На рис. 1 показана петля работы дыхания в покое: начало дыхания находится в отрицательной части шкалы транспульмонального давления; точка А — конец выдоха, точка В — конец вдоха; на оси абсцисс — изменения внутригрудного давления, на оси ординат — дыхательного объема. Если провести линию АВ, то есть соединить точки смены дыхательных фаз, то петля разделится условно на две части: площадь треугольника АЕВ — работа, затрачиваемая на неэластическое сопротивление во время вдоха (Анеэл); площадь треугольника АВС — работа, затрачиваемая на преодоление эластического сопротивления (Аэл). Площадь АЕВСА — общая работа дыхания.

При физической нагрузке или при самопроизвольном углублении и учащении дыхания форма дыхательных петель несколько изменяется. Транспульмональное давление во время выдоха отклоняется в сторону положительной части шкалы, появляется активная работа выдоха. За счет последней, а также эластической и неэластической компонентов увеличивается общая работа дыхания (рис. 2).

На основании двух кривых, полученных при параллельной регистрации транспульмонального давления и дыхательного объема можно построить петлю работы дыхания по специальному методу [2]. Как показано на рис. 3а с этой целью проводят линии нуля пневмотахограммы и транспульмонального давления. По последней находят точки смены дыхательных фаз и по ним определяют изменения транспульмонального давления на вдохе и выдохе. Затем через каждые 0,25 с измеряют его колебания и по площади, ограниченной кривой пневмотахограммы, нулевой линии и ординатой соответствующего момента времени, выявляют изменения объема дыхания. В дальнейшем строят график (рис. 3б), на котором по горизон-

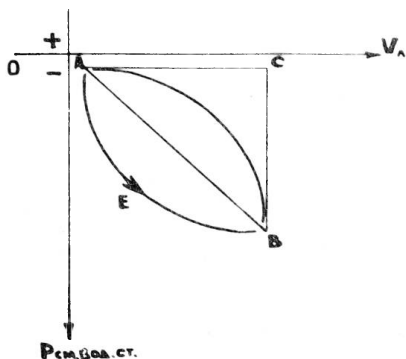


Рис. 1. Петля работы дыхания в покое.

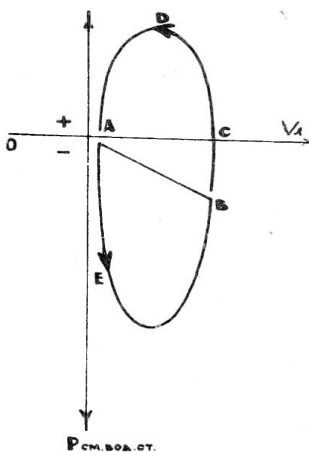


Рис. 2. Петля работы дыхания при физической нагрузке. Треугольник АСВ — эластическая работа дыхания, фигура АЕВ — неэластическая работа дыхания, АСД — активная работа выдоха, АЕВСД — общая работа дыхания.

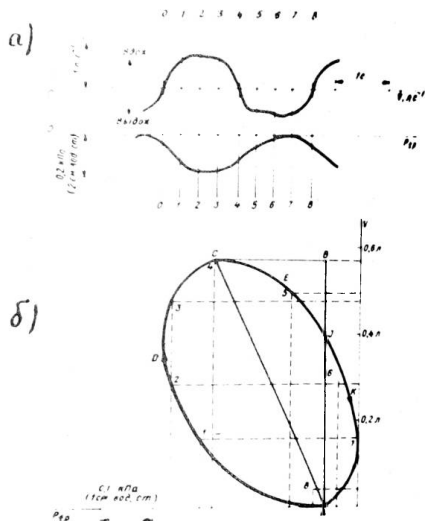


Рис. 3а, б. Построение петли работы дыхания при параллельной регистрации транспульмонального давления и дыхательного объема.

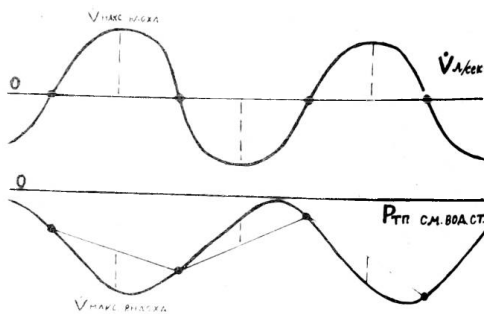


Рис. 4. Определение бронхиального сопротивления.

тали отмечают уровень транспульмонального давления в сантиметрах водного столба, а по вертикали — дыхательный объем в литрах. Соединяя соответствующие точки, получают дыхательную петлю, где фигура АДС — неэластическая работа дыхания, АСВ — эластическая работа дыхания, АСК — активная работа выдоха, АДСВКА — общая работа дыхания.

По петле работы дыхания можно изучать эластические свойства легких, используя показатель растяжимости легких (С), который характеризует отношение прироста объема легких за время вдоха к приросту транспульмонального давления за этот же период:

$$C = \frac{V}{P_{гп}}$$

Чем больше величина растяжимости, тем более ригидна легочная ткань и, следовательно, тем большим должно быть усилие вентиляции легких, то есть между работой дыхания и растяжимостью легких существует обратная связь — при снижении растяжимости работа дыхания увеличивается, при ее увеличении — снижается.

Другой показатель, характеризующий эластические свойства легких, — это эластичность легких (ЭЛ); ее также можно определять по петле работы дыхания. Этот показатель является обратной величиной растяжимости и рассчитывается по формуле:

$$\text{ЭЛ} = \frac{P_{гп}}{V}$$

При параллельной регистрации колебаний транспульмонального давления и потока воздуха на вдохе и выдохе во время спокойного дыхания на двухканальном самописце

можно определять бронхиальное сопротивление (R) вдоха и выдоха (рис. 4). Для этого измеряют колебания транспульмонального давления во время достижения максимального потока воздуха на вдохе и выдохе. Расчеты проводят по формуле:

$$R = P_{гп} \cdot c \cdot l^{-1}$$

В последнее время с целью выявления состояния бронхиальной проходимости и уровня обструкции широкое распространение получила регистрация максимальных скоростей потока при определенном легочном объеме — петля «поток-объем» (ППО). Суть ее заключается в измерении скорости движения воздуха у рта обследуемого с одновременной регистрацией объема легких во время максимального вдоха и выдоха.

Для расчета петли «поток-объем» необходим пневмотахограф с интегратором и двухкоординатный самописец. При этом регистрируется петля, на основании которой рассчитывают объемы воздуха в легких (по оси абсцисс) и скорости потока воздуха (по оси ординат) во время форсированного вдоха или выдоха, как это показано на рис. 5. Исследование

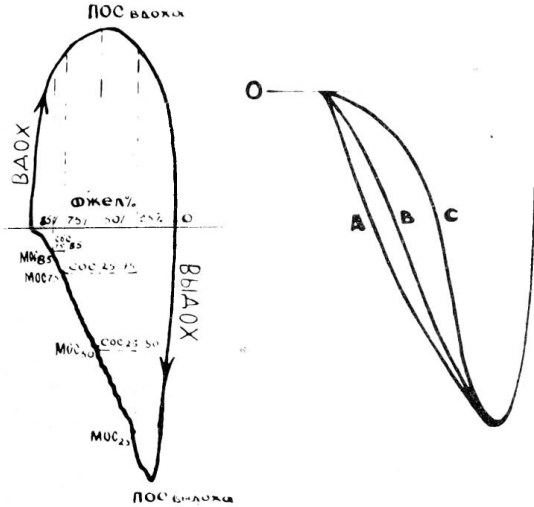


Рис. 5. Графическое изображение петли «поток-объем». Наиболее информативные ее показатели.

Рис. 6. Некоторые варианты нисходящей части ППО: А — у здоровых молодых людей, В — у здоровых пожилых людей, С — при нарушении бронхиальной проходимости.

проводят в положении больного сидя. Обследуемый после спокойного выдоха делает максимальный вдох и затем форсированный полный выдох. После небольшого перерыва эта процедура повторяется до получения 3 или 5 приемлемых петель, пока не станет очевидным, что обследуемый прилагает максимальные усилия, и кривые записываются правильно.

В расчетах используют лучшие результаты. Наиболее информативные показатели петли «поток-объем» — это форсированная жизненная емкость легких, пиковая объемная скорость, мгновенная максимальная скорость форсированного выдоха на уровнях 25%, 50%, 75% форсированной жизненной емкости легких (МОС-25, МОС-50, МОС-75), также средние объемные скорости потока на уровнях 25—50%, 25—75%, 75—85% (СОС 25-50, СОС 25-75, СОС 75-85). Такие же показатели потока на соответствующих уровнях объема можно измерять и при максимальном вдохе. Но поскольку показатели форсированного выдоха более информативны в диагностическом плане, часто записывают не всю петлю «поток-объем», а только форсированный выдох; в таком случае говорят о максимальной экспираторной кривой «поток-объем». Форма и размеры петли «поток-объем», особенно в ее экспираторной части, значительно отличаются от таковых у здоровых и больных (рис. 6).

У здоровых молодых людей нисходящая часть кривой примерно линейна или несколько выпукла к линии ординат; при заболеваниях, сопровождающихся нарушением бронхиальной проходимости, конечная часть кривой бывает вогнутой по отношению к этой линии, что часто наблюдается и у курильщиков [3, 6, 9].

С помощью данного метода исследования можно широко применять фармакологические пробы для выяснения характера имеющихся нарушений бронхиальной проходимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зябрев Ю. П., Алтынбеков Б. Е., Абдраштова Г. А., Зародин Н. В. // В кн.: Вентиляционная функция легких. — Алма-Ата, 1980. — 2. Клемент Р. Ф., Кузнецова В. К. // В кн.: Функциональные методы исследования в пульмонологической практике. — Л., 1976. — 3. Кобуля Б. Г., Бахтадзе Г. Г., Хеладзе М. М., Зоделава М. И. // Тер. арх., 1982. — № 12.

С. 68—72.— 4. Тетенева Ф. Ф. // В кн.: Биомеханика дыхания.— Томск, 1981.— 5. Шик Л. Л., Канаев Н. Н. // В кн.: Руководство по клинической физиологии дыхания.— Л., 1980.— 6. Black L. F., Olford K., Hyatt R. E. // Amer. Rev. Respir. dis.— 1974.— Vol. 110.— P. 282.— 7. Cherniak R., Farhi L., Armstrong B., Proctor D. // J. Appl. Physiol.— 1955.— Vol. 8.— P. 208—211.— 8. Dornhorst A., Leathart G. // Lancet.— 1952.— Vol. 263.— P. 109—111.— 9. Walter S., Nancy N. R., Collier C. R. // Amer. Rev. Respir. dis.— 1979.— Vol. 119.— P. 717—724.

Поступила 07.05.86.

УДК 612.22—079.2

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ

П. Д. Жунгин, С. Н. Прокопьева

Кафедра терапии № 1 (зав.— проф. Л. А. Щербатенко), кафедра функциональной диагностики (зав.— проф. В. М. Андреев) Казанского института усовершенствования врачей имени В. И. Ленина

В серии приборов, позволяющих определять содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе с целью изучения альвеолярной вентиляции, до настоящего времени использовались малоинерционные газоанализаторы углекислого газа ГУМ-1 и ГУМ-2.

В настоящее время в НПО «Мединструмент» разработан новый аппарат БАУГ-ЛВ на основании рекомендации экспертной комиссии по приборам, применяемым для газообмена, газоанализа и исследования газов крови, и Комитета по новой медицинской технике. С апреля 1985 года аппарат проходит клинические испытания.

Целью настоящей работы являлась апробация данного прибора при исследовании углекислого газа в выдыхаемом воздухе в клинической практике. Быстродействующий анализатор углекислого газа с линейным выходом (БАУГ-ЛВ) предназначен для измерения содержания CO_2 в выдыхаемом воздухе при функциональных исследованиях легких, а также для изучения вентиляционно-перфузионных отношений. В отличие от аппаратов ГУМ-1 и ГУМ-2, БАУГ-ЛВ одновременно вычисляет частоту дыхания за минуту, выдает световой сигнал при выходе CO_2 за пределы, установленные врачом, определяет и индуцирует на цифровом индикаторе показатели максимального и минимального содержания CO_2 в выдыхаемом воздухе за весь период исследования.

В основу работы прибора положено физическое явление возникновения акустических колебаний в газе при поглощении им прерывистого потока лучистой энергии в инфракрасной области спектра в диапазоне 2—6 мкм. Показания регистрируются быстродействующим самопишущим прибором типа НЗ021-1 в виде кривой на бумаге, а также на цифровом индикаторе. Аппарат калибруется с помощью тарировочного углекислого газа, баллон с которым прилагается к прибору.

Ширина диаграммной ленты составляет 8 см. Целесообразно калибровать прибор таким образом, чтобы высота записи в 8 см соответствовала 8% CO_2 , тогда 1 см на диаграммной ленте по высоте будет означать 1% CO_2 .

Обследуемый дышит через газоприемник (мундштук) при отключенном носовом дыхании. Вначале запись ведется со скоростью 1 мм/с, затем с некоторым перерывом несколько раз после спокойного вдоха обследуемый делает быстрый глубокий выдох, при этом скорость записи составляет 10 мм/с.

Расчет капнограмм производится по методике Р. С. Винницкой и соавт. [2] в модификации В. М. Андреева и Э. Ф. Пичугиной [1] следующим способом (см. рис.). Содержание CO_2 (в %) в атмосферном воздухе — точка А, в выдыхаемом воздухе в конце свободного выдоха — В, в начале и конце альвеолярной фазы выдоха — точки С и Д.

На капнограмме: по вертикали 1 см соответствует 1% CO_2 , по горизонтали 1 см — 1 с.

