

Бронхофонография в диагностике обструктивных нарушений у взрослых больных с заболеваниями легких: возможности метода и перспективы развития

ФГУ НИИ пульмонологии Росздрава, г. Москва

Zh.K.Naumenko, A.A.Guseinov, V.S.Malyshev, Z.R.Aisanov, G.V.Neklydova

Bronchophonography for detection of obstructive disorders in adults with lung pathology: possibilities and future development

Summary

One of novel objective methods for evaluating respiratory sounds is bronchophonography (BPhG). We performed a pilot study of diagnostic abilities of BPhG in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). Spirometry and total body plethysmography were used as reference methods. The study involved 10 males aged 45 to 72 yrs (57.5 ± 9.2 yrs in average) with COPD. When used spirometry and body plethysmography, severe bronchial obstruction was revealed in 5 (50 %) of the patients, moderate obstruction was revealed in 3 (30 %) and mild obstruction was in 2 (20 %) of the patients. Eight non-smokers not having respiratory pathology (the mean age 54.25 ± 15.35 yrs) were enrolled in the control group. Their lung function parameters measured by the routine methods were within the normal range. "Acoustic equivalent of respiratory muscle work" (AERMW) within various frequency ranges was analyzed under calm and forced breathing. Significant difference was found within low-frequency range and within the total spectrum between the groups. The difference for AERMW within the high-frequency range was not statistically significant between the groups probably due to small sample size. Therefore, BPhG allows detection obstructive disorders of lung ventilation. This is of great importance for adult patients with severe respiratory pathology who are not able to perform forced respiratory maneuvers.

Резюме

Одним из новых методов объективной оценки дыхательных шумов является бронхофонография (БФГ). В ФГУ НИИ пульмонологии были проведены пилотные исследования БФГ у больных, страдающих хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), для оценки возможностей диагностики обструктивных нарушений. В качестве стандартов использовались спирометрия и общая бодиплетизмография.

В исследовании приняли участие 10 мужчин с ХОБЛ в возрасте 45–74 лет (средний возраст $57,5 \pm 9,2$ года). При спирографии и бодиплетизмографии тяжелая бронхиальная обструкция выявлена у 5 (50 %) пациентов, умеренная у 3 (30 %) человек, легкая у 2 (20 %) больных. Контрольную группу составили 8 некурящих мужчин в возрасте от 18 до 67 лет (средний возраст $54,25 \pm 15,35$ года) без заболеваний легких. Показатели легочной вентиляции в этой группе были нормальными.

"Акустический эквивалент работы дыхательных мышц" в различных частотных диапазонах был проанализирован при спокойном и форсированном дыхании пациентов. Получены значимые различия в низкочастотном диапазоне и в диапазоне всего спектра. По нашему мнению, достоверных отличий в высокочастотном диапазоне не получено из-за малой численности групп.

Таким образом, БФГ позволяет диагностировать обструктивные нарушения легочной вентиляции. Во взрослой пульмонологической практике такие методики необходимы для тяжелых больных, которые не способны выполнять форсированные дыхательные маневры.

Введение

Аускультация до настоящего времени остается одним из самых традиционных, хорошо известных и популярных методов исследования при заболеваниях легких. Легочные шумы, возникающие при заболеваниях легких, являются объектом пристального внимания со стороны врача уже при первичном осмотре пациента. Однако уровень диагностических ошибок при использовании этого метода заставляет искать новые возможности для объективной оценки дыхательных шумов.

В настоящее время одним из перспективных направлений считаются акустические методы оценки легочных шумов, к числу которых относится и бронхофонография (БФГ). Хорошо известно, что звуки, возникающие при заболеваниях легких, характеризуются усилением или ослаблением, кроме того, мо-

гут возникать дополнительные шумы, например, хрипы. Механизм формирования дыхательных шумов зависит от характера воздушного потока при прохождении по воздухоносным путям. Известны три типа потока: ламинарный, турбулентный и переходный поток.

Ламинарный поток характеризуется однонаправленным движением потока воздуха параллельно стенкам воздухоносных путей. Такой тип потока преобладает при низких скоростях и описывается законом Пуазейля ($V = P \times p \times r^4 / 8 \times \eta \times L$, где V — объемная скорость потока, P — давление, r — радиус трубки, η — вязкость газа, L — длина трубки).

Турбулентный поток — хаотичное движение воздушного потока по дыхательным путям. Данный тип потока преобладает при высоких скоростях движе-

ния. Является ли поток ламинарным или турбулентным определяется числом Рейнольдса ($Re = 2 \times r^2 \times Vd / \eta$, где r — радиус воздухоносной трубки, V — средняя скорость потока, d — плотность газа, η — вязкость газа). При $Re > 2\,000$ поток считается турбулентным, при $Re < 2\,000$ — ламинарным.

Переходный поток является разновидностью турбулентного потока и характеризуется завихрениями, возникающими в местах, препятствующих прохождению воздушного потока. В нормальных физиологических условиях такой тип потока возникает в местах бифуркации дихотомически ветвящегося трахеобронхиального дерева. При патологических изменениях в легких и бронхах такой тип потока будет регистрироваться в местах сужения дыхательных путей. Турбулентный и переходный потоки приводят к образованию низко- и высокочастотных акустических сигналов, которые и можно зарегистрировать при дыхании человека. Для анализа временных и частотных характеристик спектра дыхательных шумов, возникающих при заболеваниях легких, был разработан метод БФГ. В России группой авторов была предложена компьютерная система (*Pattern*), позволяющая регистрировать дыхательные шумы (Способ регистрации высокочастотных дыхательных шумов, В.С.Малышев и соавт., патент РФ № 5062396, бюллетень № 18, 1995 г.) [1, 2]. Впервые в России эта методика использовалась в детской клинической практике для регистрации паттернов дыхания у детей с различными формами хронических заболеваний легких [3]. Необходимость в подобных методиках в детской клинической практике вполне очевидна, так как хорошо известно, что у детей первых пяти лет жизни практически отсутствует возможность объективной оценки функции внешнего дыхания (ФВД). Маленькие пациенты не могут выполнять форсированные маневры, необходимые при традиционном исследовании ФВД, поэтому введение в клиническую практику методов, не требующих строгого выполнения команд врача и сознательного участия пациента, является чрезвычайно важным. Во взрослой клинической практике такие методики крайне необходимы для тяжелых больных, страдающих легочными заболеваниями, которые в силу своего физического состояния не способны выполнять форсированные маневры.

Материал и методы исследования

Методика проведения БФГ проста и не требует усилий от пациента. Датчик, на который надет специальный загубник, помещается в ротовую полость пациента, носовое дыхание перекрывается с помощью носового зажима. Запись бронхофонограммы производится в положении пациента сидя, при спокойном дыхании, в течение короткого промежутка времени (5–7 с). Разработанная компьютерная система позволяет оценить следующие параметры: амплитуду колебаний, длительность вдоха и выдоха, длитель-

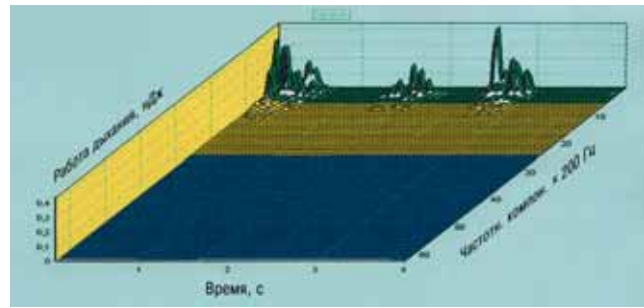


Рис. 1. Временные графики паттерна пациента

ность респираторного цикла, "акустический эквивалент работы дыхания" — это итоговая интегральная характеристика энергетических затрат бронхолегочной системы на возбуждение специфического акустического сигнала в течение всего респираторного цикла и его отдельных фаз (рассчитывается как площадь под кривой на БФГ во временной области) и мощность дыхания (рассчитывается как площадь под кривой в частотной области). Воспринимающий датчик позволяет регистрировать сигналы в широком диапазоне частот от 0,2 до 12,6 кГц. Для исключения влияния кардиальных шумов, возникающих при работе сердца, в приборе предусмотрены специальные низкочастотные фильтры, которые позволяют исключить из анализа низкочастотную часть спектра. В результате математической обработки полученных данных аппарат на дисплее компьютера отображает спектр специфических акустических сигналов, возникающих при дыхании человека (рис. 1 и рис. 2). Графическое изображение БФГ называется "паттерн дыхания". Наряду с аппаратной частью, в состав диагностического комплекса входит пакет прикладных программ, позволяющий рассчитать количественные показатели, характеризующие респираторный цикл:

- "акустический эквивалент работы дыхательных мышц" (АРД) в различных частотных диапазонах (АРД0 — нулевой или базовый диапазон (0,2–1,2 кГц), АРД1 — общий диапазон (1,2–12,6 кГц), АРД2 — высокочастотный диапазон (5,0–12,6 кГц) и АРД3 — низкочастотный диапазон (1,2–5,0 кГц)). АРД измеряется в нДж;
- специальные коэффициенты К1, К2 и К3 для более общей оценки получаемых параметров:
 $K1 = \text{АРД1} / \text{АРД0} \times 100$ — отражает весь спектр частот;

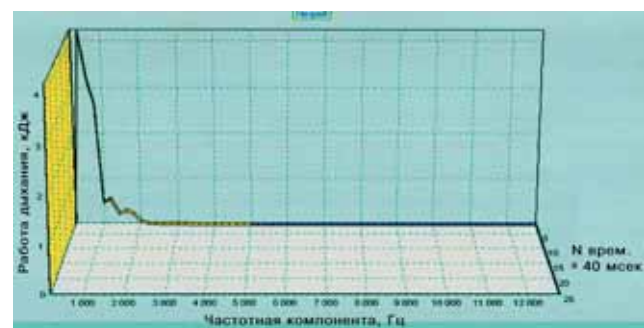


Рис. 2. Частотный паттерн дыхания пациента

$K2 = \text{АРД}2 / \text{АРД}0 \times 100$ — высокочастотный диапазон;

$K3 = \text{АРД}3 / \text{АРД}0 \times 100$ — низкочастотный диапазон.

Диагностический комплекс *Pattern* одобрен Комитетом по новой медицинской технике МЗ РФ (протокол № 4 заседания комиссии по аппаратам, приборам и инструментам от 28.04.2000 г.) и рекомендован к постановке на производство и применению в медицинской практике.

В ФГУ НИИ пульмонологии, у страдающих хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), были проведены пилотные исследования БФГ с использованием компьютерного диагностического комплекса *Pattern* с целью анализа возможности выявления обструктивных нарушений у этой категории больных. В качестве стандартов исследования ФВД были выполнены традиционные методики исследования ФВД — спирометрия и общая бодиплетизмография. Все исследования проводились в утренние часы и всем пациентам были даны стандартные инструкции.

Спирометрические и бодиплетизмографические исследования проводились в соответствии с рекомендациями Американского торакального общества (ATS) [4] на оборудовании *MasterScreen-Body* (Erich Jaeger GmbH, Германия). Анализировали следующие параметры: форсированная жизненная емкость легких (FVC), объем форсированного выдоха за 1-ю с (FEV_1), $\text{FEV}_1 / \text{FVC}$, форсированный экспираторный поток 25 %, 50 %, 75 % FVC (FEF_{25} , FEF_{50} , FEF_{75}), общая емкость легких (TLC), остаточный объем (RV), и RV / TLC , которые выражались в процентах от должных величин (%_{долж.}), рассчитанных по формулам Европейского сообщества угля и стали.

В исследовании приняли участие 10 мужчин с ХОБЛ в возрасте 45–74 лет (средний возраст $57,5 \pm 9,2$ года). Диагноз был поставлен на основании клинической картины заболевания, данных анамнеза, рентгенологической картины и данных функциональных методов исследования. Все пациенты были

Таблица 1
Показатели ФВД у пациентов, принявших участие в исследовании, %_{долж.}

Показатель	Здоровые (N = 8)	Пациенты с ХОБЛ (N = 10)
FVC	113,00 ± 7,3	92,1 ± 6,1
FEV_1	109,6 ± 6,5	65,0 ± 7,9*
$\text{FEV}_1 / \text{FVC}$	86,9 ± 5,5	55,7 ± 5,9*
M_{75-25}	59,5 ± 5,0	31,9 ± 6,3*
FEF_{25}	100,4 ± 5,9	43,8 ± 9,7*
FEF_{50}	94,8 ± 6,3	32,3 ± 6,6*
FEF_{75}	85,7 ± 6,5	25,9 ± 4,3*
PEF	99,3 ± 6,9	62,0 ± 7,4
TLC	116,0 ± 3,6	123,3 ± 3,7
RV	130,1 ± 10,7	186,7 ± 20,9*
RV / TLC	132,3 ± 9,5	137,7 ± 10,3

Примечание: * — $p < 0,05$ достоверные различия в показателях у контрольной группы и больных ХОБЛ. Данные представлены как среднее ± стандартное отклонение.

Таблица 2
Показатели АРД у пациентов, принявших участие в исследовании

	Здоровые (N = 8)	Пациенты ХОБЛ (N = 10)
K1	7,84 ± 2,89	23,19 ± 14,26*
K2	0,33 ± 0,03	0,70 ± 0,56
K3	7,64 ± 2,89	22,49 ± 13,84*
Kf1	65,32 ± 18,38	66,35 ± 32,22
Kf2	6,12 ± 3,14	5,03 ± 3,06
Kf3	55,95 ± 16,61	61,32 ± 29,77

Примечание: * — $p = 0,009$ достоверные различия в показателях у контрольной группы и больных ХОБЛ. Данные представлены как среднее ± стандартное отклонение.

курильщиками (стаж курения в среднем составлял 13 пачко-лет). При исследовании ФВД традиционными методами (спирография и бодиплетизмография) — тяжелая степень обструкции была выявлена у 5 пациентов (50 %), умеренная степень — у 3 человек (30 %) и легкая степень — у 2 больных (20 %).

Контрольную группу составили не курящие мужчины (N = 8) в возрасте от 18 до 67 лет (средний возраст $54,25 \pm 15,35$ лет), не имеющие в анамнезе заболеваний легких. При исследовании ФВД методом спирографии и бодиплетизмографии в этой группе не было выявлено никаких нарушений ФВД.

Результаты исследования

При исследовании ФВД стандартными методами — спирометрия и бодиплетизмография — были получены следующие результаты (табл. 1).

Как видно из табл. 1, были получены достоверные отличия между показателями, характеризующими наличие обструктивных нарушений в группах здоровых людей и больных ХОБЛ.

БФГ была выполнена у всех пациентов в тот же день, сразу после проведения спирометрии и бодиплетизмографии. АРД в различных частотных диапазонах был проанализирован при спокойном дыхании пациентов в течение нескольких секунд (K1, K2, K3) и при форсированном дыхании (форсированном вдохе и выдохе) (Kf1, Kf2, Kf3). Полученные результаты представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, наблюдаются значимые различия в показателях K1 и K3, т.е. в низкочастотном диапазоне и в диапазоне всего спектра. По нашему мнению, достоверных отличий в высокочастотном диапазоне не было получено из-за малочисленности групп.

Таким образом, проведенное пилотное исследование позволяет предположить, что предложенный метод БФГ и математический расчет позволяют выделить пациентов с обструктивными нарушениями легочной вентиляции.

Обсуждение

Поиск новых функциональных методов исследования, не обременительных для пациентов и позволя-

ющих достаточно точно оценить и объективизировать легочную вентиляцию, остается актуальным и в настоящее время. Многие исследователи и врачи сходятся во мнении, что оценка легочных шумов с помощью фонендоскопа субъективна, а анализ легочных звуков в значительной мере зависит от уровня подготовки и квалификации врача. Чтобы избежать врачебных ошибок и повысить уровень диагностики, необходимы простые, доступные методы исследования, позволяющие объективно оценить клинические данные. Изучение акустических характеристик легочных звуков, в этой связи, является перспективным и многообещающим.

БФГ как метод анализа дыхательных шумов используется и в нашей стране, и за рубежом. В России этот метод был использован для выявления обструктивных нарушений ФВД и оценки их динамики в процессе лечения у детей, страдающих бронхиальной астмой (БА). Полученные результаты показали, что у детей раннего возраста даже без клинических признаков бронхиальной обструкции при выявлении патологических изменений на БФГ можно диагностировать наличие обструктивного синдрома, уточнять тяжесть течения БА [3], кроме того, БФГ позволяет объективно оценивать эффективность лечебных мероприятий у детей первых 5 лет жизни [5].

В Дагестанской медицинской академии были проведены исследования дыхательных звуков с помощью компьютерно-диагностического комплекса *Pattern* у здоровых людей. Авторы отмечают различия показателей АРД и коэффициентов у мужчин и женщин, особенно в низкочастотном спектре [6]. Учитывая, что в нашем исследовании приняли участие только мужчины, мы смогли избежать влияния пола пациентов на полученные результаты.

По мнению зарубежных авторов, анализ респираторных шумов является начальным этапом в диагностике заболеваний легких [7]. Грамотная оценка дыхательных шумов на этом этапе помогает правильно ориентировать дальнейший диагностический поиск и в короткие сроки поставить диагноз. Многие авторы подчеркивают, что данные анализа дыхательных шумов хорошо коррелируют с результатами исследований, с помощью таких высокотехнологичных методик как компьютерная томография высокого разрешения [8]. Простота и доступность акустических методов исследования позволяет оценивать динамику лечения и по мере необходимости вмешиваться в лечебный процесс.

Проведенный во Владивостокском государственном медицинском университете сравнительный анализ данных билатеральной БФГ и рентгенографии по выявлению патологического очага в легком позволил авторам сделать вывод, что чувствительность

метода билатеральной БФГ в этом случае составляет 75 %, а специфичность — 87 % [9].

Результаты наших исследований указывают на возможность применения БФГ для выявления обструктивных нарушений у взрослых больных. Учитывая небольшие размеры диагностического комплекса *Pattern*, мы планируем провести подобные исследования у тяжелых больных, непосредственно у постели. Перспективным, на наш взгляд, является и исследование, которое помогло бы ответить на вопрос, можно ли с помощью БФГ оценить степень обструкции и определить уровень обструктивных нарушений. Кроме того, планируется проведение дальнейших исследований, направленных на поиск показателей БФГ, позволяющих выделить рестриктивные нарушения.

Литература

1. Геппе Н.А., Малышев В.С., Лисицин М.Н. и др. Бронхофонография в комплексной диагностике бронхиальной астмы у детей. Пульмонология 2002; 2: 33–39.
2. Гусейнов А.А. Акустический анализ дыхательных звуков у здоровых лиц. В кн.: Сборник тезисов 15-го Национального конгресса по болезням органов дыхания и 1-го Учредительного конгресса Евразийского респираторного общества. М.; 2005. № 792. 215.
3. Малышев В.С., Ардашникова С.Н., Каганов С.Ю. и др. Способ регистрации дыхательных шумов. Пат. РФ №5062396. Бюл. изобрет. 1995. 18.
4. Малышев В.С., Дементьева Г.М., Рюмина И.И. и др. Компьютерный диагностический комплекс "Паттерн". В кн.: Тезисы докладов Международной науч.-техн. конф. "Физика и радиоэлектроника в медицине и биотехнологии". Владимир; 1996. 36–37.
5. Молдованова Л.М., Кулаков Ю.В., Коренбаум В.И. Билатеральная бронхофонография — акустический метод выявления патологического очага в легком. В кн.: 13-й Национальный конгресс по болезням органов дыхания. СПб.; 2003. № 18. 306.
6. Elphick H.E., Lancaster G.A., Solis A. et al. Validity and reliability of acoustic analysis respiratory sounds in infants. Arch. Dis. Child. 2004; 89 (11): 1059–1063.
7. European Community for Steel and Coal: standardized lung function testing: lung volumes and forced ventilatory flows. Eur. Respir. J. 1993; 6 (suppl. 16): 5–40.
8. Kawamura T., Matsumoto T., Tanaka N. et al. Crackles analysis for chest auscultation and comparison with high-resolution CT findings. Radiat. Med. 2003; 21 (6): 258–266.
9. Uzunova A.N., Geppe N.A. The role of computer acoustic complex in revealing bronchial obstruction syndrome (BOS) in early childhood. In: 3rd Congress of European Region International Union Against Tuberculosis and Lung Diseases (IUATLD) and 14th National congress on lung diseases, Moscow; 2004; 977: 255.

Поступила 07.07.06

© Коллектив авторов, 2006

УДК 616.24-036.12-053.8-07:616.233-073.75