

Показатели летальности в различных группах больных

Показатель	Всего, n=250	Группа 1 n=57	Группа 2 n=124	Группа 3 n=53	Группа 4 n=16
Общая летальность, n (%)	26 (10,4)	0	2 (1,6)	18 (34)	6 (37,5)
Летальность в ОРИТ, n (%)	26 (24,1)	0	2 (5,1)	18 (34)	6 (37,5)
Летальность среди больных на ИВЛ, n (%)	24 (63,2)	0	2 (50)	16 (69,6)	6 (50)

Обращал внимание высокий процент летальности среди больных, находящихся на ИВЛ. Это были пациенты, госпитализированные в тяжелом или крайне тяжелом состоянии, с уровнем SpO_2 81,2% [95%ДИ; 75,9—86,5], 33 человека из 39 (84,6%) с двусторонним поражением легких, уровень общего прокальцитонина составил $(4,61 \pm 3,19)$ нг/мл. Продолжительность ИВЛ была в течение $(7,1 \pm 6,5)$ сут. У 22 (91,7%) из 24 умерших больных, находящихся на ИВЛ, диагностирован тяжелый сепсис с полиорганной недостаточностью или септический шок, 18 пациентов страдали ожирением III—IV степени [95%ДИ; 0,30—0,63]. Показатели летальности в различных группах больных представлены в табл. 8.

Результаты нашего исследования установили высокий риск поражения органов дыхания при гриппе A/H1N1/09. Наиболее неблагоприятным фактором, оказывающим влияние на исход заболевания при гриппе A /H1N1/09 у больных тяжелой пневмонией, является ОРДС с острой ДН. Поражения легких при гриппе A/H1N1/09 отличаются двусторонним характером. Показано, что ожирение является наиболее значимым фактором риска неблагоприятного исхода пневмонии у больных гриппом A/H1N1/09, в отличие от прошлых пандемий гриппа. У больных, перенесших пневмонию, на фоне гриппа A/H1N1/09 независимо от тяжести, после окончания противовирусной и антибактериальной терапии сохраняется инфильтрация легочной ткани с усилением легочного рисунка, сопровождающаяся ДН I степени и не требующая продолжения противовирусной и антибактериальной терапии. Длительное применение N-ацетилцистеина в суточной дозе 1200—1800 мг обеспечивает положительную динамику патологических изменений в легочной ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rai, S. Swine-Origin Influenza A/H1N1/09: An Update / S. Rai, S. Rane, S. Kumar [et al.]. — Bombay: Hospital Journal, 2009. — Vol. 51(3). — P.331—341.
2. Bautista, E. Clinical Aspects of Pandemic 2009 Influenza A/ H1N1/ Virus Infection / E. Bautista, T. Chotpitayasunondh, Z. Gao [et al.] // N. Engl. J. Med. — 2010. — Vol. 362. — P.1708—1719.
3. Borgatta, B. The 2009 Influenza A/H1N1/ Pandemic-A Blast from the Past / B. Borgatta, J. Rello // US Respiratory Disease. — 2010. — № 6. — P.65—70.
4. Клинико-организационное руководство. Порядок оказания медицинской помощи при инфекции, вызванной пандемическим вирусом гриппа A/H1N1/Калифорния/04/09, жителям Свердловской области. — Екатеринбург, 2009.
5. Bone, R.C. And the ACCP/SCCM Consensus Conference Committee. Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis / R.C.Bone, R.A. Balk, F.B. Cerra // Chest. — 1992. — Vol. 101. — P.1644—1655.
6. Bone, R.C. Systemic inflammatory response syndrome: a unifying concept of systemic inflammation / R.C. Bone, A. Fein, A. Abraham, [et al.] // Sepsis and Multiorgan Failure. — Philadelphia, Pa.: Lippencott, Williams, & Wilkins. — 1997. — P.1—10.
7. Dellinger, R.P. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock / R.P. Dellinger, M.M. Levy, J.M. Carlet [et al.] // Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock: 2008 // Intensive Care Med. — 2008. — Vol. 34(1). — P.17—60.
8. Внебольничная пневмония у взрослых: практические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике: пособие для врачей. — М., 2010.
9. Гланц, С. Медико-биологическая статистика / С. Гланц. — М.: Практика, 1999.
10. WHO Guidelines for Pharmacological Management of Pandemic A/H1N1/09 Influenza and other Influenza Viruses.

© Мишланов В.Ю., 2011

УДК 616.24-073.173

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА ЛЕГКИХ И ДЫХАТЕЛЬНЫХ ПУТЕЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТАХ ЗОНДИРУЮЩЕГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

ВИТАЛИЙ ЮРЬЕВИЧ МИШЛАНОВ, докт. мед. наук, профессор, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней, ГБОУ ВПО «Пермская государственная медицинская академия имени акад. Е.А. Вагнера», тел. 89504677696, e-mail: mishlanov@permonline.ru

Реферат. Предложен новый метод исследования функции внешнего дыхания, основанный на измерении электрического импеданса легких и дыхательных путей во время ингаляции 0,9% раствора NaCl при различных частотах зондирующего переменного тока. Теоретической основой метода являются данные об увеличении электрического импеданса при локальном сужении проводника переменного тока. Исследование выполнено с помощью программно-аппаратного комплекса «БИА-лаб Спиро». Изучены результаты классической и поличастотной электроимпедансной спирометрии у 10 здоровых и 10 больных бронхиальной астмой (БА). Установлено увеличение модульного значения импеданса на частотах 5 000, 10 000 и 20 000 Гц у больных БА. Результаты корреляционного анализа выявили взаимосвязи $ОФВ_1$, скоростных показателей выдоха с модульными значениями электрического импеданса дыхательных путей.

Ключевые слова: электрический импеданс, спирометрия, бронхиальная астма.

LUNG AND AIRWAYS ELECTRICAL IMPEDANCE MEASUREMENT ON DIFFERENT PROBING CURRENT FREQUENCIES OR LUNG FUNCTIONAL TESTING STUDY

V. YU. MISHLANOV

Abstract. This paper is devoted to clinical results of new lung function diagnostic method estimation. It's based on electrical impedance of airways and lung parenchyma measurement on different probing electrical current frequencies in the presence of 0,9% sodium chloride solution nebulized inhalation. The theoretical foundation of new diagnostic method is the result showing electrical impedance increasing after local obstruction of the main probing current conductor. Program-apparatus complex «BIA-lab Spiro» was used in present study. Material of study: 10 healthy and 10 asthmatics were examined by classical spirometry technique and new polyfrequent electrical impedance spirometry method. In the group of asthmatics significant increasing of electrical impedance module value on 5 000, 10 000 and 20 000 Hz probing electrical current frequencies was revealed. Significant correlation links were shown between FEV₁, some airflow speed markers and airways electrical impedance module value.

Key words: electrical impedance, spirometry, bronchial asthma.

Актуальность. Метод измерения легочных объемов известен с середины XIX в., но его активное внедрение в клиническую практику произошло «на наших глазах» в 80—90-е гг. XX столетия. В настоящее время постановка практически любого пульмонологического диагноза без использования спирографии считается некорректным [1]. Тем не менее многие вопросы исследования функции внешнего дыхания не удалось решить путем традиционных спирометрических измерений. Особое внимание в последние годы уделяется функции альвеолярно-капиллярного барьера и сосудистого русла. Актуальной задачей является разработка простых методов исследования, так как выполнение спирометрических маневров требует от больного определенных функциональных резервов и невозможно у больных в тяжелом состоянии.

Указанные недостатки могут быть устранимы с помощью измерения биоэлектрического импеданса. В доступных научных публикациях применение данных методов с целью оценки функции внешнего дыхания не описано. В 50—70-х гг. XX столетия изучались возможности пульмографии с целью диагностики легочного кровотока и пульмонологических заболеваний [2, 3]. Однако точность ранее существовавших методов оказалась невысокой, что объясняется неверными теоретическими основами соответствующего периода развития науки.

Биоэлектрический импеданс представляет собой полное комплексное сопротивление биологических тканей переменному электрическому току и имеет две компоненты: характеристики активного и реактивного сопротивлений. Современные теоретические представления о формировании биоэлектрического импеданса указывают на значение локального изменения поперечного размера проводников электрического тока (исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ урал-офи № 09-01-99016) [4]. Попытка предложить регистрацию импеданса с целью оценки функции внешнего дыхания основана на предположении о влиянии локальных изменений просвета дыхательных путей и легочных сосудов на изучаемые характеристики.

Цель исследования состояла в изучении возможностей оценки функции внешнего дыхания с помощью регистрации электрического импеданса легких и дыхательных путей на различных частотах зондирующего переменного тока.

Материал и методы. Были обследованы 10 практически здоровых лиц в возрасте от 19 до 45 лет, из них 4

мужчин и 6 женщин, а также 10 больных бронхиальной астмой (БА), из них 7 женщин, возраст 19—39 лет. Все больные БА были обследованы в условиях пульмонологического стационара и имели неконтролируемое течение заболевания (GINA, 2007). 5 больных БА имели легкое течение, 3 — средней тяжести и 2 — тяжелое течение (по классификации тяжести течения БА 2003 г.).

С целью измерения импедансных характеристик применялся оригинальный аппаратно-программный комплекс «БИА-лаб Спиро», основанный на биполярном принципе регистрации биоэлектрического импеданса в диапазоне 2—200 КОм. Использовался автоматический поличастотный метод регистрации не менее 576 000 измерений анализируемых параметров (модульного значения импеданса $|Z|$ и фазового угла сдвига φ) на каждом из 6 диапазонов частот зондирующего переменного тока: 20, 98, 1 000, 5 000, 10 000 и 20 000 Гц. Время исследования на каждом частотном диапазоне составляло 3 с, общее время регистрации данных — 18 с, время исследования — около 1 мин.

Методика электроимпедансной спирометрии заключалась в следующем. Тестирование проводили утром перед завтраком или через 2 ч после еды. Первый объединенный (токовый и измерительный) электрод размером 80×15 мм накладывали на кожу грудной клетки по средней подмышечной линии на уровне VI межреберья справа (1-й вариант), затем слева (2-й вариант), а также использовали одновременное расположение разделенного электрода на симметричных участках по средним подмышечным линиям справа и слева на уровне VI межреберья (3-й вариант). Второй объединенный электрод располагался в мундштуке ультразвукового небулайзера. Электроды подключали к программно-аппаратному комплексу «БИА-лаб Спиро», включали прибор в режиме посекундной визуализации результатов на частоте 20 000 Гц. Начали ингаляцию 0,9% раствора хлорида натрия, на фоне которой (через 1—3 мин от начала ингаляции) осуществляли запись результатов исследования.

У всех больных проведено полное комплексное клиническое обследование, включавшее спирометрию с определением жизненной емкости легких (ЖЕЛ), форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ), объема форсированного выдоха за 1 с (ОФВ₁), индекса Тиффно (ОФВ₁/ЖЕЛ), отношения ОФВ₁/ФЖЕЛ, средней объемной скорости выдоха (СОС₂₅₋₇₅), максимальной скорости выдоха (МОС), пиковой скорости выдоха на промежутке 25% от ФЖЕЛ (ПОС₂₅), пиковой скорости

выдоха на промежутке 50% от ФЖЕЛ (ПОС₅₀), пиковой скорости выдоха на промежутке 75% от ФЖЕЛ (ПОС₇₅), минутной вентиляции легких (МВЛ). Исследования выполнены на спирографе Spirosift 5 000.

Статистическая обработка выполнена с помощью оценки распределения признаков, расчета критерия

Манна—Уитни для оценки различий двух выборок, имеющих неправильное распределение [5].

Результаты их обсуждения. При обследовании здоровых лиц были получены следующие результаты поличастотной электроимпедансной спирометрии (табл. 1—6).

Таблица 1

Средние значения нормальных величин биоэлектрического импеданса легких и дыхательных путей при наложении электродов на уровне VI межреберья по средним подмышечным линиям с обеих сторон (M±σ)

Частота зондирующего переменного электрического тока (Гц)	Z (Ом)	φ (°)
20	73822,2±14522,60	-41,2±12,11
98	34055,7±3888,56	-30,5±7,28
1000	18816,8±3410,69	-13,8±2,90
5000	16072,6±3586,58	-6,0±1,15
10000	15254,4±3837,93	-6,5±1,15
20000	14741,5±3848,31	-6,6±0,82

Таблица 2

Границы 5 и 95 перцентилей нормальных значений биоэлектрического импеданса легких и дыхательных путей при наложении электродов на уровне VI межреберья по средним подмышечным линиям

Частота зондирующего переменного электрического тока (Гц)	Z (Ом) (5%; 95%)	φ (°) (5%; 95%)
20	58051,8; 86644,7	-55,2; -33,7
98	31685,8; 38543,5	-38,9; -26,1
1000	15567,2; 22368,5	-16,7; -10,9
5000	13099,6; 20056,0	-6,9; -4,7
10000	12219,6; 19568,6	-7,6; -5,3
20000	11758,3; 19085,3	-7,5; -5,9

Таблица 3

Средние значения нормальных величин биоэлектрического импеданса легкого и дыхательных путей при наложении электродов на уровне VI межреберья по левой средней подмышечной линии (M±σ)

Частота зондирующего переменного электрического тока (Гц)	Z (Ом)	φ (°)
20	83669,9±57652,89	-40,2±3,68
98	35692,1±19465,80	-35,3±12,73
1000	16599,0±2659,29	-17,1±11,67
5000	12745,3±107,90	-8,0±3,54
10000	11732,7±43,63	-8,5±2,97
20000	10959,9±41,07	-7,7±1,63

Таблица 4

Границы 5 и 95 перцентилей нормальных значений биоэлектрического импеданса легкого и дыхательных путей при наложении электродов на уровне VI межреберья по левой средней подмышечной линии

Частота зондирующего переменного электрического тока (Гц)	Z (Ом)	φ (°)
20	42903,1; 124436,6	-42,8; -37,6
98	21927,7; 49456,5	-44,3; -26,3
1000	14718,6; 18479,4	-25,3; -8,8
5000	12669,0; 12821,6	-10,5; -5,5
10000	11701,9; 11763,6	-10,6; -6,4
20000	10860,2; 11059,7	-8,9; -6,6

Таблица 5

Средние значения нормальных величин биоэлектрического импеданса легкого и дыхательных путей при наложении электродов на уровне VI межреберья по правой средней подмышечной линии (M±σ)

Частота зондирующего переменного электрического тока (Гц)	Z (Ом)	φ (°)
20	91611,2±53460,60	-40,4±15,12
98	40704,4±20713,04	-38,6±15,06
1000	16785,4±5209,25	-21,6±16,58
5000	13120,2±6361,01	-9,3±6,32
10000	12096,7±6737,50	-10,7±7,69
20000	11451,8±6961,60	-9,2±4,64

Таблица 6

Границы 5 и 95 перцентилей нормальных значений биоэлектрического импеданса легкого и дыхательных путей при наложении электродов на уровне VI межреберья по правой средней подмышечной линии

Частота зондирующего переменного электрического тока (Гц)	Z (Ом)	φ (°)
20	40807,1; 147381,7	-56,3; -26,2
98	21394,8; 62581,5	-55,7; -27,2
1000	12055,3; 22368,5	-40,7; -10,9
5000	8467,1; 20368,5	-16,5; -4,7
10000	6484,1; 19568,6	-19,5; -5,3
20000	5453,0; 19085,3	-14,5; -5,9

Большое значение угла фазового сдвига φ при исследовании на частотах зондирующего переменного тока 20, 98 и 1000 Гц указывают на влияние реактивной составляющей, вероятно, обусловленной участием структур грудной клетки пациента, плевральных листков и микрососудистым руслом легких. Модульное значение

импеданса на частотах 5 000, 10 000 и 20 000 Гц обусловлено в основном изменением проводящей способности aerosоля, заполняющего дыхательные пути.

У больных БА выявлены следующие значения показателей поличастотной импедансной спирографии (табл. 7—9).

Таблица 7

Средние значения величин биоэлектрического импеданса легких и дыхательных путей у больных БА при наложении электродов на уровне VI межреберья по средним подмышечным линиям с обеих сторон (M±σ)

Частота зондирующего переменного электрического тока (Гц)	Z (Ом)	φ (°)
20	122857,1±177335,10	-25,7±12,90
98	88607,8±143560,80	-22,7±11,50
1000	73720,3±129136,69	-11,5±4,80
5000	41522,5±77564,53	-9,4±8,54
10000	35970,0±45395,49	-12,0±13,45
20000	29357,0±34220,11	-15,7±19,43

Таблица 8

Средние значения величин биоэлектрического импеданса легкого и дыхательных путей у больных БА при наложении электродов на уровне VI межреберья по левой средней подмышечной линии (M±σ)

Частота зондирующего переменного электрического тока (Гц)	Z (Ом)	φ (°)
20	266440,0±211135,41	-40,0±17,13
98	89487,8±70786,14	-40,6±20,53
1000	29144,3±12053,49	-23,5±17,37
5000	21394,6±9967,09	-9,4±5,89
10000	20676,5±10866,63	-9,6±4,22
20000	20930,1±11273,17	-9,0±1,20

Таблица 9

Средние значения величин биоэлектрического импеданса легкого и дыхательных путей у больных БА при наложении электродов на уровне VI межреберья по правой средней подмышечной линии (M±σ)

Частота зондирующего переменного электрического тока (Гц)	Z (Ом)	φ (°)
20	149753,7±97326,71	-43,7±14,38
98	65806,8±36978,71	-33,1±12,73
1000	30602,2±18789,75	-16,9±6,97
5000	26217,8±17709,68	-7,6±1,36
10000	24496,9±19424,71	-9,1±1,56
20000	25335,3±20086,08	-9,4±2,61

Полученные данные указывают на увеличение модульного значения импеданса на всех частотах зондирующего переменного электрического тока, оно более выражено на частотах 5 000, 10 000 и 20 000 Гц, что соответствует увеличению длины и сужению диаметра дыхательных путей у больных БА. Достоверных различий величин фазового угла сдвига φ у больных БА

по отношению к здоровым не выявлено, что указывает на идентичность путей проведения электрического тока в легочной ткани и дыхательных путях здоровых и больных БА.

Результаты классического спирографического исследования показали следующие изменения в группе больных БА (табл. 10).

Средние значения показателей классической спирограммы у больных бронхиальной астмой (M±σ)

Показатель ФВД	Значение (%)	Показатель ФВД	Значение (%)
ЖЕЛ	84,7±17,63	ПОС	63,5±34,68
ФЖЕЛ	65,5±30,84	МОС ₂₅	78,7±15,82
ОФВ ₁	70,5±28,29	МОС ₅₀	56,5±16,34
ОФВ ₁ /ЖЕЛ	68,5±14,55	МОС ₇₅	63,5±34,51
ОФВ ₁ /ФЖЕЛ	102,5±9,15		
СОС ₂₅₋₇₅	62,5±14,82		

Данные табл. 10 свидетельствуют об умеренном характере нарушений бронхиальной проходимости у обследованных больных БА.

Методом корреляционного анализа установлены достоверные взаимосвязи между модульным значением электрического импеданса на частоте 20 Гц и показателями спирометрии: ОФВ₁ ($r=-0,47$, $p=0,0317$), СОС₂₅₋₇₅ ($r=-0,31$, $p=0,0528$), ПСВ ($r=-0,41$, $p=0,0413$).

Выбор точки разделения для величины модульного значения электрического импеданса $|Z|$ на частоте 20 Гц 100 Ом позволил получить высокие результаты специфичности и чувствительности нового теста диагностики бронхиальной астмы: Se — 100%, Sp — 89,9%.

Применение поличастотной импедансной спирографии для диагностики функции внешнего дыхания у больных БА показало хорошую чувствительность и воспроизводимость результатов, отличалось быстротой выполнения теста, хорошей переносимостью и снижением трудозатрат со стороны пациента.

Таким образом, изменения электрического импеданса легких и дыхательных путей у больных БА характеризуются увеличением, преимущественно, модульного значения и в меньшей степени угла фазового сдвига зондирующего переменного электрического тока, наиболее выраженными на частоте 5000 Гц.

Выводы:

1. Поличастотная электроимпедансная спирометрия является высокочувствительным дополнительным методом диагностики нарушения функции внешнего дыхания у больных бронхиальной астмой.

2. Изменения электрического импеданса легких и дыхательных путей у больных бронхиальной астмой характеризуются увеличением модульного значения

$|Z|$, наиболее выраженного на частоте зондирующего переменного электрического тока 5 000 Гц.

3. Поличастотная импедансная спирография отличается быстротой выполнения и снижением трудозатрат со стороны пациента, что позволяет использовать метод в случаях выраженной бронхиальной обструкции и при наличии признаков тяжелой дыхательной недостаточности.

4. Результаты поличастотной электроимпедансной спирометрии продемонстрировали отсутствие различий величин фазового угла сдвига ϕ у больных БА и здоровых, что указывает на идентичность путей проведения электрического тока в легочной ткани и дыхательных путях в группах исследования.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ 11-04-96017.

ЛИТЕРАТУРА

1. Функциональная диагностика в пульмонологии: практическое руководство / под ред. А.Г. Чучалина. — М.: Издат. холдинг «Атмосфера», 2009. — 192 с.
2. Гармаш, В.Я. Показатели тетраполярной реографии в выявлении нарушений гемодинамики малого круга кровообращения / В.Я. Гармаш, А.В. Соколов, В.Н. Заикин, В.Н. Абросимов // Врачебное дело. — 1987. — № 7. — С.20—22.
3. Анщук, В.К. О систематизации показателей реографии легких / В.К. Анщук, Ю.Н. Головцев, Е.М. Кучеренко, Н.П. Ткаченко // Врачебное дело. — 1987. — № 2. — С.23—25.
4. Зуев, А.Л. Экспериментальное моделирование реографической диагностики биологических жидкостей / А.Л. Зуев, В.Ю. Мишланов, А.И. Судаков, Н.В. Шакиров // Российский журн. биомеханики. — 2010. — Т. 14, № 3(49). — С.68—78.
5. Герасимов, А.Н. Медицинская статистика: учеб. пособие / А.Н. Герасимов. — М.: ООО «Мед. информ. агентство», 2007. — 480 с.