

УДК 616.24-002

КОМПЛЕКСНАЯ ДИАГНОСТИКА ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ПНЕВМОНИИ МЕТОДОМ ПОТОКОСТАНДАРТИЗИРОВАННОЙ ФОНОПНЕВМОГРАФИИ СПОКОЙНОГО ДЫХАНИЯ

*Е. В. Малинина**

Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток, Россия

© Е. В. Малинина, 2018 г.

Разработаны спектральные критерии акустической диагностики очага больных внебольничной пневмонией, определенные стандартизированной по потоку фонопневмографией спокойного дыхания. По обследуемой выборке была достигнута максимальная специфичность по группе здоровых — 80,5%, максимальная чувствительность выявления очага воспаления — 83,3%. Следовательно, чувствительность потокостандартизированной фонопневмографии спокойного дыхания намного превышает чувствительность субъективной аускультации, которая составляет 50%. Установлено, что акустические изменения в очаге пневмонии согласуются с представлениями о патоморфологии воспалительного процесса в легких: зоны акустической картины (синдром уплотнения легочной ткани), что характеризует воспалительный очаг при пневмонии. Выявлены типы акустической картины и их пороговые значения для пациентов.

Ключевые слова: акустическая диагностика, внебольничная пневмония, потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания, воспалительный очаг, типы акустической картины.

COMPREHENSIVE DIAGNOSTICS OF OUT-OF-HOSPITAL PNEUMONIA USING FLOW-NORMALIZED PHONOPNEUMOGRAPHY OF QUIET BREATHING

Yelena V. Malinina

Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia

Spectral criteria have been developed for flow-normalized phonopneumography of quiet breathing used in the acoustic diagnostics of out-of-hospital pneumonia patients. In a test sample of subjects, the maximal specificity was 80,3% in defining the healthy conditions, and the maximal sensitivity was 83,3% in detecting inflammation foci. Hence, the sensitivity of this method is much greater than that of subjective auscultation (about 50%). Acoustic changes in pneumonia foci have been found to be consistent with current ideas about the pathomorphological features of pulmonary inflammation, which include the syndrome of pulmonary indurations corresponding to inflammatory foci. The types and threshold values of acoustic patterns have been defined.

Key words: naval medicine, acoustic diagnostics, out-of-hospital pneumonia, flow-normalized phonopneumography of quiet breathing, inflammatory focus, acoustic patterns.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2018-4-1-41-46>

Введение. Рентгенологическое исследование является обязательным золотым стандартом обследования пациентов с предполагаемой внебольничной пневмонией. У небольшой части пациентов с внебольничной пневмонией рентгенологическая картина нетипична или клинические проявления, сходные с пневмонией, обусловлены другим патологическим процессом. В этих случаях рентгенографическое исследование может

быть дополнено методом компьютерной томографии (КТ). Появление современных методов, конечно же, помогает в постановке диагноза, проведении дифференциальной диагностики, но в этом есть как плюсы, так и минусы. Благодаря совершенствованию развития компьютерной техники и инновационным методикам, в современной клинической практике у врачей появилась возможность анализировать легочные

звуки и представлять их в виде фонопневмограмм, которые могут быть подвергнуты объективному анализу и количественной оценке [1–4]. Известны и широко применяются акустические способы диагностики очаговых образований в легких человека, основанные на субъективном выслушивании возникающих в легких звуковых явлений — аускультации [5, 6]. Например, в работе многоканальной измерительной системы VRI-XP (Deep Breeze Ltd, Or Akiva, Israel), сущность которой заключается в регистрации основных дыхательных шумов на поверхности грудной клетки, вычислении их спектров, измерении акустических параметров, характеризующих дыхательные шумы, картировании акустических параметров дыхательных шумов по поверхности грудной клетки, сравнении акустических параметров дыхательных шумов с порогом, отделяющим норму от патологии, выявлении локальных патологических участков. Главный недостаток данного метода — малая эффективность выявления именно очаговых образований в легких человека [2, 7]. По этой причине на сегодняшний день одним из перспективных акустических методов в диагностике заболеваний легких является потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания (ПФПГ СД). Диагностическая эффективность метода ПФПГ СД в обследуемой группе была сопоставлена с данными физикального и рентгенологического методов.

Несмотря на преимущества метода с точки зрения его неинвазивности, безопасности ежедневного применения, аппаратно-программного заключения, результатов динамического наблюдения, ПФПГ СД пока не стала стандартной методикой для оценки патологического очага легких в клинической практике.

Цель исследования. Оценить возможности метода потокостандартизированной фонопневмографии спокойного дыхания для диагностики очага воспаления у пациентов с внебольничной пневмонией.

Материалы и методы. Нами обследованы 36 здоровых волонтеров — мужчин, не находившихся на стационарном лечении, в возрасте от 18 до 80 лет (средний возраст $43,7 \pm 2,3$ года) и 36 мужчин с внебольничной пневмонией в возрасте от 18 до 80 лет (средний возраст $43,5 \pm 2,8$ года) госпитализированных в терапевтическое отделение Медицинского объединения ДВО РАН (г. Владивосток). Критерии включения: острое бактериальное заболевание, возникшее во внебольничных условиях, сопровождающееся симптомами инфекции нижних дыхательных путей (лихорадка, кашель, отделение мокроты, боли в груди, одышка) и рентгенологическими признаками «свежих» очагово-инфильтративных изменений в легких при отсутствии диагностической альтернативы [8].

Критерии исключения: вирусная этиология пневмонии, наличие сопутствующей патологии

Таблица 1

Диагностическое сравнение рентгенологического и акустических методов

Параметр	Рентген	Потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания
Главный принцип исследования	Рентгеновские лучи	Регистрация дыхательных шумов на поверхности грудной клетки в классических точках аускультации
Главные параметры	Паренхима, корни легких, плевра	Паренхима: A _{adj} , f-3дБ, f-20дБ, b
Рентгенологическая нагрузка	+++	—
Чувствительность	93,2%	83,3%
Специфичность	94,5%	80,5%
Частота исследования	Не чаще 1 раза в 3 дня	Ежедневно
Описание заключения	Даст только врач	Возможно наличие программного заключения
Динамическое наблюдение	Диагностика. Скрининг	Мониторинг

В табл. 1 мы представили диагностическое сравнение рентгенологического и акустического метода потокостандартизированной фонопневмографии спокойного дыхания.

сердечно-сосудистой системы, легких, почек и других болезней способных повлиять на развитие пневмонического инфильтрата в легком. Все пневмонии были внебольничными, бактери-

альной этиологии, с локализацией, преимущественно (70%) в нижних долях. В 63% случаев зарегистрировано тяжелое и в 37% случаев — нетяжелое течение пневмонии. В первые 72 часа от начала заболевания было госпитализировано 34% пациентов. Данные физикального обследования характеризовались разнообразием, изменчивостью. Рентгенологический очаг был описан как инфильтрация легочной ткани в 100% случаев и подтвержден методом компьютерной томографии. Согласно клиническим и рентгенологическим данным пневмония у 20 (56%) пациентов была правосторонней, у 8 (22%) — левосторонней, у 8 (22%) — двусторонней. У 28 (77%) пациентов она носила очаговый характер, у 6 (16%) — очагово-сливной и у 2 (5%) — сегментарный. Исследование носило открытый проспективный характер, было одобрено междисциплинарным этическим комитетом Тихоокеанского государственного медицинского университета. Все испытуемые дали информированное согласие.

Потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания проводилась по оригинальной авторской методике [7]. Потокостандартизированная фонопневмография спокойного дыхания проводилась всем пациентам при поступлении и здоровым лицам. Запись осуществлялась сидя. Нос обследуемых закрывался клипсой. Акустический датчик фиксировали с помощью резинового жгута (бинт Мартенса). Исследование проводилось во всех классических точках аускультации легких на поверхности грудной клетки обследуемого с помощью измерительного тракта, включающего акустический датчик, в составе конденсаторного микрофона типа МК 102 (RFT), оснащенного стетоскопической насадкой, шумомера, типа 00023 (RFT), электронного самописца Power Lab (ADInstruments) и портативного компьютера. Перед началом записи с помощью переключателя фильтров на шумомере устанавливались частотная характеристика типа «А», подавляющая амплитуду регистрируемых сигналов в области низких частот. Сигналы с микрофона, пропущенные через шумомер, подавались на один из каналов электронного самописца. На второй вход электронного самописца был подключен спирометр (ADInstruments), снабженный трубкой Лили. Спирометр позволял в режиме пневмотахографа регистрировать объемную скорость проходящего потока воздуха. На третий вход электронного самописца был

подключен пьезоэлектрический датчик пульса, фиксируемый на кончике пальца обследуемого. Запись скорости потока воздуха и пульсовой волны производилась синхронно с частотой дискретизации 10 кГц. При записи обследуемый выполнял несколько вдохов/выдохов через трубку Лили и самостоятельно отслеживал скорость потока в реальном времени на экране компьютера, стараясь дышать так, чтобы кривая скорости не выходила за пределы заданной врачом целевого потока. Сигналы обрабатывали в программе Chart(ADInstruments). Далее wave файл обрабатывался в пакете программ Spectra Lab (SoundTech). Для сглаживания разрывов, образовавшихся при вырезании фрагментов с постоянной скоростью потока, сигнал пропускался через фильтр высоких частот с частотой среза 10 Гц. Затем вычислялся амплитудный спектр сигнала (логарифмический масштаб по амплитуде, число отсчетов 1024, перекрытие 50%, окно Хэннинга). Полученные спектры сохранялись также в виде текстовых файлов в программе MS Excel. Было предложено вычислять два спектральных параметра: $f_{-3дБ}$, $f_{-20дБ}$. Обследуемым определяли акустические параметры $f_{-3дБ}$, $f_{-20дБ}$ в каждой точке обследования. Статистическая обработка данных выполнялась с помощью программы Statistica (StatSoft Inc.). Нормальность распределения вариант оценивалась с помощью W-критерия Шапиро–Уилка. Значимость различий параметров в двух независимых выборках оценивалась с помощью непараметрического теста Манна–Уитни.

Результаты и их обсуждение. Для выявления внебольничной пневмонии вначале были определены пороговые значения акустических параметров здоровых. Полученные по точкам обследования значения акустических параметров $f_{-3дБ}$, $f_{-20дБ}$ далее сравнивали с пороговыми значениями. Пороговые значения определялись путем максимизации показателей чувствительности и специфичности по обследуемой выборке методом ROC-анализа [8]. При регистрации основные дыхательные шумы вдоха фильтровали в режиме «А», для акустической характеристики дыхательных шумов определяли верхние частоты среза спектра по уровню -3 дБ и -20 дБ от максимума амплитуды спектра, а при регистрации основные дыхательные шумы вдоха записывали при фильтрации в режиме «А» [1], для акустической характеристики дыхательных шумов определяли верхние частоты среза спектра по уровню -3 дБ и -20 дБ

от максимума амплитуды спектра. Расчетная диагностическая чувствительность ПФПГ СД 83,3% намного превышает чувствительность субъективной аускультации 50% [8].

Таким образом, спектральные особенности акустических сигналов на поверхности грудной клетки у здоровых лиц при скорости потока $0,89 \pm 0,18$ л/с лежат в следующих диапазонах: частота среза по уровню -3 дБ — 269,5–359,4 Гц, частота среза по уровню -20 дБ — 531,3–621,1 Гц. Далее для выявления внебольничной пневмонии было определено, что акустическим признаком нарушений, связанных с наличием очага пневмонии, является условие превышения параметров $f_{-3\text{дБ}}$ и/или $f_{-20\text{дБ}}$ указанных пороговых значений для пациентов с внебольничной пневмонией (табл. 2).

говорит нам о зоне акустической картины, что полностью совпадало с локализацией очага по данным компьютерной томографии легких. Зона акустической картины топографически соответствует зоне воспаления, т.е. синдрому уплотнения легочной ткани — превышение акустического параметра $f_{-3\text{дБ}}$ в точке ЗП₁₈ в пределах 488,2, ЗП₁₇ — 487,2, ЗП₁₆ — 480,4, ЗП₁₅ — 489,2, ЗП₁₄ — 453,1, ЗП₁₃ — 415,1, ЗП₁₂ — 406,2, ЗП₁₁ — 500,2 — утверждает о наличии патологического очага в легком.

В качестве примера приведем клинический случай.

Больной С., 34 лет, поступил в стационар с жалобами на частый кашель с трудноотделяемой мокротой, повышение температуры до фебрильных цифр, вялость, общую слабость.

Таблица 2

Групповые значения акустических параметров потокостандартизированной фонопневмографии в группе здоровых лиц и у пациентов с внебольничной пневмонией ($M \pm m$)

Точки обследования	Граничные частоты спектра, Гц			
	$f_{-3\text{дБ}}$		$f_{-20\text{дБ}}$	
	контроль	пациенты с внебольничной пневмонией	контроль	пациенты с внебольничной пневмонией
ЗП ₁₁	482,7±0,5	500,2±15,01	662,3±0,5	678,2±0,02
ЗП ₁₂	396,7±0,4	406,2±0,3	619,4±0,5	648,3±0,2
ЗП ₁₃	392,8±0,01	415,1±0,1	664,3±0,02	690,2±0,04
ЗП ₁₄	428,0±0,12	453,1±0,2	658,4±0,05	749,1±0,1
ЗП ₁₅	459,2±0,002	489,2±0,1	650,6±0,04	729,1±0,1
ЗП ₁₆	451,4±0,02	480,4±0,1	631,1±0,03	671,8±0,04
ЗП ₁₇	463,1±0,4	487,2±0,03	713,1±0,7	748,5±0,3
ЗП ₁₈	443,6±0,8	488,2±0,4	631,1±0,1	660,1±0,01

Примечание: ЗП — задняя поверхность; ЗП₁₁ — правая надлопаточная область, ЗП₁₂ — левая надлопаточная область, ЗП₁₃ — правая межлопаточная правая межлопаточная область (на уровне VI грудных позвонков), околопозвоночная линия, ЗП₁₄ — левая межлопаточная область (на уровне VI грудных позвонков), околопозвоночная линия, ЗП₁₅ — правая межлопаточная область (на уровне VI грудного позвонка), околопозвоночная линия, ЗП₁₆ — левая межлопаточная область (на уровне VI грудного позвонка), околопозвоночная линия, ЗП₁₇ — правая подлопаточная область, ЗП₁₈ — левая подлопаточная область.

Согласно полученным акустическим параметрам, у пациентов с внебольничной пневмонией и здоровых лиц применение ПФПГ СД позволяет существенно повысить эффективность акустического выявления очаговых образований в легких человека за счет обнаружения авторами новых, надежных, объективно и автоматически оцениваемых акустических характеристик дыхательных шумов $f_{-3\text{дБ}}$ и/или $f_{-20\text{дБ}}$ и их пороговых значений. Можно утверждать, что с учетом проекции этих точек на поверхность грудной клетки и выполнения условия превышения параметров $f_{-3\text{дБ}}$ и/или $f_{-20\text{дБ}}$

Из анамнеза заболевания: болен 3-и сутки, заболевание началось с повышения температуры до 38° С, сухого кашля. Больной был осмотрен терапевтом и направлен в стационар с диагнозом: внебольничная пневмония, неуточненной этиологии, в нижней доле справа (сегмент 9, 8). Дыхательная недостаточность 1 степени. При поступлении: состояние средней тяжести. Частота дыхания 23 в минуту. Перкуторно: укорочение перкуторного звука в нижних отделах по задней подмышечной и лопаточной линии. По данным компьютерной томографии: при исследовании органов грудной полости в легких

определены инфилтративные изменения в сегментах S₈, S₉. Заключение: правосторонняя нижнедолевая пневмония (S₈, S₉). В каждой точке обследования пациенту определены параметры f_{-3дБ}, f_{-20дБ}. Величины параметров f_{-3дБ}, f_{-20дБ} сравнены с соответствующими порогами по описанной выше процедуре. В результате в таблице рассчитанных параметров выделены курсивом значения, превышающие пороговые (табл. 3).

Таблица 3
Акустические параметры по точкам обследования больного С., 34 лет с диагнозом: правосторонняя нижнедолевая пневмония (S₈, S₉)

Точка ЗП	f _{-3дБ}	f _{-20дБ}
11	234,4	464,8
12	296,9	539,1
13	359,4	550,8
14	289,1	519,5
15	500,0	620,1
16	277,3	582,0
17	472,7	633,1
18	343,8	589,8

Примечание: ЗП — задняя поверхность, f_{-3дБ} — частота среза -3 дБ; f_{-20дБ} — частота среза -20 дБ.

В точках 15 и 17 (табл. 3) акустического параметра f_{-3дБ} обнаруживаются акустические отклонения. С учетом проекции этих точек обследования пациента, очевидно, что справа в проекции сегментов 8 и 9 имеется зона акустических нарушений, которая соответствует 1 типу акустической картины для пациентов с внебольничной пневмонией. Это согласуется с очагом пневмонии, выявленным в сегментах 8 и 9 правого легкого по рентгенологическим данным.

Заключение. Таким образом, показания к применению метода потокостандартизированной фонопневмографии спокойного дыхания в клинической практике заключаются в следующем: использовать его не только для межрентгеновского мониторинга пневмонического очага, что является ценным, но и для их первичного

дорентгеновского выявления, что повысит эффективность диагностики очаговых заболеваний легких в клинических условиях, даст возможность применять дистанционно в современных цифровых технологиях (таких как телемедицина), также может быть дополнительным методом в диагностике долевого и очагового уплотнения легочной ткани, а в ряде случаев стать альтернативным методом диагностики при многократных исследованиях в силу своей безопасности и отсутствия какого-либо облучения и быть достаточно доступным в экономическом плане для практического здравоохранения.

Выводы:

1. Метод потокостандартизированной фонопневмографии спокойного дыхания (ПФПГ СД) у здоровых лиц показал, что специфичность по группе здоровых составила 80,5%, а чувствительность — 83,3%, что намного превышает чувствительность субъективной аускультации — 50%.

2. Спектральные особенности акустических сигналов на поверхности грудной клетки у здоровых лиц при скорости потока 0,89±0,18 л/с лежат в следующих диапазонах: частота среза по уровню -3 дБ — 269,5–359,4 Гц, частота среза по уровню -20 — дБ 531,3–621,1 Гц.

3. Проведя верификацию фонопневмографического метода диагностики очага воспаления путем клинико-рентгенологических сопоставлений, выяснили, что чувствительность выявления очага пневмонии в группе пациентов составила 83,3%. Согласно классификации типов акустической картины и их пороговых значений пациенты подразделились на 3 типа акустической картины. Установлено, что пациенты с внебольничной пневмонией соответствуют I типу акустической картины.

4. Предлагаемый метод ПФПГ СД совершенно безопасен для обследуемых, не связан с вредными облучениями и весьма прост в реализации. Его основным назначением может быть межрентгеновский мониторинг очаговых образований в легких в амбулаторных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вотчал Б.Е. Акустические характеристики стетофонендоскопов и их измерение // Мед. техника. 1972. № 2. С. 16–20.
2. Дьяченко А.И. Респираторная акустика // Лазерная и акустическая биомедицинская диагностика. 2012. Т. 68. С. 136–181.
3. Малинина Е.В., Кулаков Ю.В., Коренбаум В.И., Сафронова М.А. Характеристики стандартизованных по потоку шумов вдоха здорового человека // Физиология человека. 2014. № 4 (40). С. 99–109.

4. Gavriely N. *Spectral characteristics of chest wall breath sounds in normal subjects*. Torax, 1995, Vol. 50, pp. 1292–1300.
5. Коренбаум В.И. *Особенности акустических явлений, наблюдаемых при аускультации легких* // Акустический журнал. 2003. № 3 (4). С. 376–388.
6. Murphy R.L., Vyshedskiy A., Power-Charnitsky V.A. *Automated lung sound analysis in patients with pneumonia*. Respir. Care, 2004, Vol. 49, No. 12, pp. 1490–1497.
7. Патент № 2528653 Российская Федерация, МПК А61В 5/08. *Способ акустической диагностики очага в легком* / Е. В. Малинина, Ю. В. Кулаков, В. И. Коренбаум, М. А. Сафронова; опубл. 20.09.2014, БИ № 26.
8. Власов В.В. *Введение в доказательную медицину*. М.: Медиа сфера, 2001. 293 с.

REFERENCES

1. Votchal B.E. *Akusticheskie karakteristiki stetofonendoskopov i ih izmerenie*. Med. tekhnika, 1972, No. 2, pp. 16–20.
2. D'yachenko A.I. *Respiratornaya akustika*. Lazernaya i akusticheskaya biomedicinskaya diagnostika, 2012, Vol. 68, pp. 136–181.
3. Malinina E.V., Kulakov Yu.V., Korenbaum V.I., Safronova M.A. *Harakteristiki standartizovannyh po potoku shumov vdoha zdorovogo cheloveka*. Fiziologiya cheloveka, 2014, No. 4 (40), pp. 99–109.
4. Gavriely N. *Spectral characteristics of chest wall breath sounds in normal subjects*. Torax, 1995, Vol. 50, pp. 1292–1300.
5. Korenbaum V.I. *Osobennosti akusticheskikh yavlenij, nablyudaemyh pri auskul'tacii legkih*. Akusticheskij zhurnal, 2003, No. 3 (4), pp. 376–388.
6. Murphy R.L., Vyshedskiy A., Power-Charnitsky V.A. *Automated lung sound analysis in patients with pneumonia*. Respir. Care, 2004, Vol. 49, No. 12, pp. 1490–1497.
7. Patent № 2528653 Rossijskaya Federaciya, MPK A61V 5/08. *Sposob akusticheskoy diagnostiki ochaga v legkom* / E. V. Malinina, Yu. V. Kulakov, V. I. Korenbaum, M. A. Safronova; opubl. 20.09.2014, BI No. 26.
8. Vlasov V.V. *Vvedenie v dokazatel'nyu medicinu*. Moscow: Media sfera, 2001, 293 p.

Поступила в редакцию: 28.02.2017 г.

Контакт: Малинина Елена Владимировна, vahnenko_elena@mail.ru

Сведения об авторе:

Малинина Елена Владимировна — старший преподаватель Учебного военного центра ФГБОУ ВО Тихоокеанского государственного медицинского университета Минздрава России; 690002, г. Владивосток, пр. Острякова, д. 2А, e-mail: vahnenko_elena@mail.ru.

Уважаемые читатели журнала «Морская медицина»!

Сообщаем, что открыта подписка на 2-е полугодие 2018 года.

Наш подписной индекс:

Агентство «Роспечать» — **58010**

Объединенный каталог «Пресса России» — **42177**

Периодичность — 4 номера в год.

<http://Seamed.bmoc-spb.ru>