

**КОМПЛЕКСНАЯ ДИАГНОСТИКА ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ПНЕВМОНИИ
МЕТОДОМ ПОТОКОСТАНДАРТИЗИРОВАННОЙ ФОНОПНЕВМОГРАФИИ
СПОКОЙНОГО ДЫХАНИЯ**

Е.В. Малинина

Тихоокеанский государственный медицинский университет, г. Владивосток, Россия

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 COMMUNITY-ACQUIRED PNEUMONIA USING FLOW-GATED PHONOPNEUMOGRAPHY OF QUIET BREATHING

Ye.V. Malinina

Pacific State Medical University, Vladivostok, Russia

Spectral criteria determined from flow-gated phonopneumography of quite breathing **have been developed for** acoustic diagnostics **of the focus of** community-acquired pneumonia **in a patient**. In a test sample of subjects, the maximal specificity was 80.5% in defining the healthy conditions, and the maximal sensitivity was 83.3% in detecting **the focus of** inflammation. Hence, the sensitivity of this method is much greater than that of subjective auscultation (about 50%). Acoustic changes in **the focus of** pneumonia have been found to be consistent with current ideas about the pathomorphological features of pulmonary inflammation, which include zones of acoustic pattern (the syndrome of pulmonary concretion) corresponding to the focus of inflammatory. The types and threshold values of acoustic patterns have been defined.

Keywords: *acoustic diagnostics, community-acquired pneumonia, flow-gated phonopneumography of quiet breathing, inflammatory focus, acoustic patterns.*

Введение. Рентгенологическое исследование с предполагаемой внебольничной пневмонией является обязательным золотым стандартом исследования пациентов. У небольшой части пациентов с внебольничной пневмонией рентгенологическая картина не типична 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, дифференциальной диагностике, но как есть плюсы в этом, 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 фонопневограмм, которые могут быть подвергнуты объективному анализу и количественной оценке [1,3,5,7]. Известны и широко применяются акустические способы диагностики *очаговых образований* в легких человека, основанные на субъективном выслушивании возникающих в легких звуковых явлений – аускультации [4,8]. 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. Главным недостатком данного метода является малая эффективность выявления именно *очаговых образований* в легких человека [3,6]. Поэтому на сегодняшний день одним из перспективных акустических методов в

Introduction. X-ray examination is a mandatory gold standard for study in patients with suspected community-acquired pneumonia. A small part of patients with community-acquired pneumonia show either an atypical X-ray pattern or a set of clinical manifestations similar to the pneumonia but conditioned by another pathological process. In these cases, X-ray examination can be supplemented by computed tomography (CT). Modern techniques are surely helpful in diagnosing and differential diagnostics procedures, but there are benefits and considerations in them. Through using computer technology and innovative methods in modern clinical practice, doctors have the opportunity to analyze lung sounds and present them in the form of phonopneumograms that can be subjected to fact-based analysis and quantitation [1, 3, 5, 7]. Acoustic diagnosis of a focal lesion in human lungs, based on auscultation, that is listening to the internal sounds in the body, usually using a stethoscope, is well known and widely used [4, 8]. For example, in the measuring with VRI-XP multichannel system (Deep Breeze Ltd, Or Akiva, Israel), the essence of which consists in recording the basic respiratory sounds from the chest surface, calculating their spectra, measuring acoustic parameters characterizing respiratory sounds, mapping the acoustic parameters of respiratory sounds on the surface of the chest, comparison of the acoustic parameters of respiratory sounds with the threshold separating a sound in health from a sound in disease, and revealing the local pathologic features. The main disadvantage of this technique is small detection efficiency of *focal lesions* in human lung [3, 6]. Therefore, to date, *flow-gated phonopneumography of calm breathing (FPhPGCB)* is a promising

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

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_{-3dB} , f_{-20dB} , b
Рентгенологическая нагрузка	+++	-----
Чувствительность	93,2 %	83,3%
Специфичность	94,5%	80,5%
Частота исследования	Не чаще 1 раз в 3 дня	Ежедневно
Описание заключения	Даст только врач	Возможно наличие программного заключения
Динамическое наблюдение	Диагностика Скрининг	Мониторинг

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.

acoustic technique in diagnosing lung diseases. The diagnostic efficiency of *FPhPGCB* technique in the test sample of subjects was compared with the data of both the physical examination and X-ray examination. Table 1 presents diagnostic comparison of X-ray examination and acoustic technique of *FPhPGCB*.

Table 1

Diagnostic comparison of X-ray examination and acoustic technique

Parameter	X-ray	<i>FPhPGCB</i>
The main principle of the study	X-rays	Registration of respiratory sounds on the surface of the chest in the classical auscultation points
The main parameters	Parenchymatous tissue, roots of the lungs, pleura	Parenchyma: A_{adj} , f_{-3dB} , f_{-20dB} , b
X-ray dose	+++	-----
Sensitivity	93.2 %	83.3%
Specificity	94.5%	80.5%
Rate of the study	No more than once a 3 days	Daily
The description of the conclusion	Given only by the doctor	A software opinion may be available
Case follow-up	Diagnostics Screening	Monitoring

Despite *FPhPGCB* technique advantages in its non-invasiveness, safety, dailiness, hardware-software options and dynamic observation this technique has not become a standard procedure in assessing pathological focus of lung in clinical practice yet.

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, сопровождающиеся 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 [2].

Критерии исключения: вирусная этиология пневмонии, наличие сопутствующей патологии сердечно-сосудистой системы, легких, почек и других болезней способных повлиять на развитие пневмонического инфильтрата в легком. Все пневмонии были внебольничными, бактериальной 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

The objective of the study is assessment of capabilities for the *FPhPGCB* technique in diagnosis of the inflammation focus in patients with community-acquired pneumonia.

Materials and methods. 36 healthy male volunteers who had not been admitted to hospital for long enough, aged 18 to 80 (mean age in years $43.7 + 2.3$) and 36 male patients with community-acquired pneumonia aged 18 to 80 years (mean age in years $43.5 + 2.8$) hospitalized in the therapeutic department of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences (Vladivostok) were studied.

Inclusion criteria: community-acquired acute bacterial disease, accompanied by lower respiratory tract infection symptoms (fever, cough, sputum, chest pain, dyspnoea) and radiologic signs of new-made focal and infiltrative changes in the lungs in absence of a diagnostic alternative [2].

Exclusion criteria: viral etiology of pneumonia, presence of concomitant pathology of the cardiovascular system, lungs, kidneys and other diseases that can affect the development of pneumonic infiltrate in the lung. All pneumonias were community-acquired, of bacterial etiology, with localization, predominantly (70%) in the lower lobes. 63% cases of pneumonia were diagnosed as severe and the rest 37% as mild pneumonia. 34% of patients were hospitalized before 72 hours since the beginning of the disease. The data of the physical examination were characterized by diversity and variability. The radiological focus was described as infiltration of pulmonary tissue in 100% of cases and confirmed by CT. According to clinical and radiological data, 20 (56%)

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 [6]. 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 ~~Дилли~~ Лилли. Спирометр позволял в режиме пневмотахографа регистрировать объемную скорость проходящего потока воздуха. На третий вход электронного самописца был подключен пьезоэлектрический датчик пульса, фиксируемых фиксируемого на кончике пальца обследуемого. Запись скорости

patients had right-sided, 8 (22%) left-sided and 8 (22%) two-sided focal pneumonia. There were focal pneumonia in 28 (77%), pneumonia with confluent foci 6 (16%), and segmental pneumonia in 2 (5%) patients. The clinical trial was led at open and prospective base; it was approved by the interdisciplinary ethics committee of the Pacific State Medical University. All subjects gave informed consent. *FPhPGCB* was carried out according to the original author's technique [6]. *FPhPGCB* was performed to each person upon admission and each healthy individual of the group. The recordings were led when they sat down. The nose of each examinee was closed with a clip. The acoustic sensor was fixed with a rubber harness (Martens' bandage). The clinical trial was led in each classical point of lungs auscultation on the surface of the chest of the examinee using a breathing mechanisms measuring system. The system included: an acoustic sensor consisted of *MK 102* condenser microphone (RTF) equipped with a stethoscope attachment; a sound level meter, type 00023 (RFT); an electronic recorder, *Power Lab (ADInstruments)*; and a notebook. Before recording with the filter switch, a frequency characteristic of the type "A" on the sound level meter was adjusted so that to suppress the amplitude of the recorded signals in the low frequency region. The signals passed through the sound level meter were fed from the microphone to one of the inputs of the electronic recorder. A second input of the electronic recorder was connected to a lung tester (*ADInstruments*) equipped with a Lilly tube. The lung tester (pneumometer) allowed recording the volumetric air flow rate while operated as a pneumotachograph. Piezoelectric pulse sensor fixed at a

потока воздуха и пульсовой волны производилась синхронно с частотой дискретизации 10 кГц. При записи обследуемый выполнял несколько вдохов/выдохов через трубку Лилли 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 пропусклся 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 2 спектральных параметра: f_{3dB} , f_{20dB} . Обследуемым определяли акустические параметры f_{3dB} , f_{20dB} 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 U-критерия Манни—Уитни.

Результаты исследования и их обсуждение

Для выявления внебольничной пневмонии вначале были определены

fingertip of an examinee was connected to a third input of the electronic recorder. The recordings of both air flow rate and the pulse wave were carried out synchronously and with a sampling frequency of 10 kHz. During the recording, an examinee performed several breathings in and out through the Lilly tube and independently tracked the flow rate in real time on the computer screen, trying to breathe so that the breathing-rate curve did not go beyond the target flow set by a doctor. The signals were processed in the *Chart* program (*ADInstruments*). Next, the audio file in *wave* format was processed in the *Spectra Lab* software package (*SoundTech*). To smooth out the gaps that formed when cutting fragments at a constant flow rate, the signal was passed through a high-pass filter with a cutoff frequency of 10 Hz. Then the amplitude spectrum of the signal was calculated (logarithmic scale in amplitude, number of samples 1024, 50% overlap, Hanning window). The received spectra were also saved as text files in *MS Excel*. It was proposed to calculate two spectral parameters: f_{3dB} and f_{20dB} . For each examinee acoustic parameters f_{3dB} and f_{20dB} at each point of interest were determined. Statistical processing of data was carried out using *Statistica* program (*StatSoft Inc.*) Variants normality distribution was estimated using *Shapiro — Wilk W* test. The significance of the differences in the parameters in two independent samples was estimated using a nonparametric *Manni — Whitney U* test

The results of the study and their discussion

For detecting community-acquired pneumonia, threshold values of the

пороговые значения акустических параметров здоровых. Полученные по точкам обследования значения акустических параметров f_{-3dB} , f_{-20dB} далее сравнивали с пороговыми значениями. Пороговые значения определялись путем максимизации показателей чувствительности и специфичности по обследуемой выборке методом ROC-анализа [2]. При регистрации основные дыхательные шумы вдоха фильтровали в режиме «А», для акустической характеристики дыхательных шумов определяли верхние частоты среза спектра по уровню -3дБ и -20дБ 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 -3дБ и -20дБ от максимума амплитуды спектра. Расчетная диагностическая чувствительность ПФПГ СД 83,3% намного превышает чувствительность субъективной аускультации 50 % [2]. 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 -3дБ -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_{-3dB} и/или f_{-20dB} указанных пороговых значений для пациентов с внебольничной пневмонией (табл. 2).

acoustic parameters of the healthy volunteers were initially determined. The values of the acoustic parameters f_{-3dB} , f_{-20dB} , which had been obtained from the points of interest, were compared with the threshold values. These threshold values were determined by maximizing the indexes of sensitivity and specificity of the test sample of subjects by the technique of receiver operating characteristic analysis [2]. At registration, the basic respiratory sounds were filtered in “A” mode, for the acoustic characteristic of the respiratory sounds the upper frequencies of the spectrum cut at -3dB and -20dB were determined from the peak of the amplitude of the spectrum, and at registration the basic respiratory sounds were recorded with “A” mode [1], for the acoustic characteristic of respiratory sounds, the upper cutoff frequencies of the spectrum were determined at -3 dB and -20 dB from the maximum of the amplitude of the spectrum. The diagnostic sensitivity in *FPhPGCB* technique was estimated as 83.3%, and it is much higher than the sensitivity in subjective auscultation of 50% [2]. Thus, the spectral features of acoustic signals on the surface of the chest in healthy individuals at a flow rate of 0.89 ± 0.18 L/ s is within the following ranges: the cutoff frequency at -3dB level is -269.5÷-359.4 Hz, the cutoff frequency at -20 dB level is -531.3÷-621.1 Hz. Further, to identify a community-acquired pneumonia, it was determined that the acoustic sign of abnormalities associated with the presence of a pneumonia focus is the condition that f_{-3dB} and/ or f_{-20dB} parameters exceed specified threshold values for patients with community-acquired pneumonia (Table 2).

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			
	$f_{-3дБ}$		$f_{-20дБ}$	
	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

Table 2

Group values of acoustic parameters
of flow-gated phonopneumography in a group of healthy individuals and in patients with community-acquired pneumonia ($M \pm m$)

Points of interest	Spectrum boundary frequencies, Hz			
	f_{-3dB}		f_{-20dB}	
	Control	Patients with community-acquired pneumonia	Control	Patients with community-acquired pneumonia
PS ₁₁	482.7±0.5	500.2±15.01	662.3±0.5	678.2±0.02
PS ₁₂	396.7±0.4	406.2±0.3	619.4±0.5	648.3±0.2
PS ₁₃	392.8±0.01	415.1±0.1	664.3±0.02	690.2±0.04
PS ₁₄	428.0±0.12	453.1±0.2	658.4±0.05	749.1±0.1
PS ₁₅	459.2±0.002	489.2±0.1	650.6±0.04	729.1±0.1
PS ₁₆	451.4±0.02	480.4±0.1	631.1±0.03	671.8±0.04
PS ₁₇	463.1±0.4	487.2±0.03	713.1±0.7	748.5±0.3
PS 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_{-3dB} и/или f_{-20dB} и их пороговых значений. Можно утверждать, что с учетом проекции этих точек на поверхность грудной клетки и выполнение условия превышения параметров f_{-3dB} и/или f_{-20dB} 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_{-3dB} в точке ЗП₁₈ в пределах

Note:

PS – posterior surface;

PS₁₁ – right suprascapular region;

PS₁₂ – left supratopachal region;

PS₁₃ – right interscapular region (at level of 6th thoracic vertebrae), near-vertebral line;

PS₁₄ – left interscapular region (at level of 6th thoracic vertebrae), near-vertebral line;

PS₁₅ – right interscapular region (at the level of the VI thoracic vertebra), near-vertebral line;

PS₁₆ – left interscapular region (at the level of the VI thoracic vertebra), near-vertebral line;

PS₁₇ – right subscapular region;

PS₁₈ – left subscapular region.

According to the acoustical parameters obtained in patients with community-acquired pneumonia and healthy individuals, the use of *FPhPGCB* technique improves significantly the efficiency of acoustic detection of focal lesions in human lungs by detecting new, reliable, objectively and automatically evaluated acoustic characteristics of respiratory sounds, the values of f_{-3dB} and/ or f_{-20dB} and their threshold values. It can be argued that taking into account the projection of these points on the surface of the chest and the fulfillment of the condition of exceeding f_{-3dB} and/ or f_{-20dB} parameters shows the picture of the zone of the acoustic pattern, which completely coincided with the localization of the focus according to computed tomography of the lungs. The zone of the acoustic pattern topographically corresponds to the zone of inflammation, i.e. syndrome of compaction of pulmonary tissue — an excess of f_{-3dB} acoustic parameter at the point PS₁₈ within 488.2, PS₁₇ – 487.2, PS₁₆ – 480.4, PS₁₅ –

488,2, ЗП₁₇ - 487,2, ЗП₁₆ - 480,4, ЗП₁₅ - 489,2, ЗП₁₄ - 453,1, ЗП₁₃ - 415,1, ЗП₁₂ - 406,2, ЗП₁₁ - 500,2 - утверждает нам о наличии патологического очага в легком.

В качестве клинического случая приведем пример:

Больной С., 34 лет, поступил в стационар с жалобами на частый кашель с трудноотделяемой мокротой, повышение температуры до фебрильных цифр, вялость, общую слабость. Из анамнеза заболевания: болен 3-е сутки, заболевание началось с повышения температуры до 38°, сухого кашля.

Больной был осмотрен терапевтом и направлен в стационар с диагнозом: Внебольничная пневмония, неуточненной этиологии, в нижней доле справа (9,8 сегмент). 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 инфильтративные изменения в сегменте S₈, S₉. Закл.: 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.4).

Таблица 4

Акустические параметры по точкам обследования больного С., 34 лет с диагнозом: Правосторонней нижнедолевой пневмонией (S8,S9).

489.2, PS₁₄ - 453.1, PS₁₃ - 415, 1, PS₁₂ - 406.2, PS₁₁ - 500.2 — shows a pathological focus in a lung.

A clinical case is given below as an example.

Patient S., 34 years old, entered the hospital with complaints of frequent cough with hard-to-recover sputum, body temperature rise to febrile digits, lethargy, and general weakness. From the history of the disease: sick 3rd day, the disease began with the temperature rise up to 38°C, dry cough. The patient was examined by a therapist and sent to a hospital with a diagnosis: Community-acquired pneumonia, unspecified etiology, in the lower lobe on the right (9th and 8th segments). Respiratory failure of the 1st degree. At admission: a state of moderate severity. His respiratory rate was 23 breaths per minute. Percutaneous: shortening of percussion sound in the lower parts of the back auxiliary and scapular line. According to computed tomography: in the study of the chest cavity in the lungs, infiltrative changes in segment S₈ and S₉ were determined. Medical decision: right-focused pneumonia located in the lower lobe (S₈, S₉). At each point of interest, $f_{3дБ}$ and $f_{20дБ}$ parameters were assigned. The values of the parameters $f_{3дБ}$ and $f_{20дБ}$ were compared with the corresponding thresholds according to the procedure described above. As a result, values exceeding the threshold values are italicized in the table of calculated parameters (Table 4).

Table 3

Acoustic parameters at the points of interest of the patient S., 34 years old, with the diagnosis: Right-focused lower-lobe pneumonia (S8, S9).

Точка ЗП	f_{-3dB}	f_{-20dB}
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_{-3dB} - частота среза «-3»дБ

f_{-20dB} - частота среза «-20»дБ

В точках 15 и 17 (табл.4) акустического параметра f_{-3dB} обнаруживаются акустические отклонения. С учетом проекции этих точек обследования пациента, очевидно, что справа в проекции 8-го, 9-го сегментов имеется зона акустических нарушений, которая соответствует 1 типу акустической картины для пациентов с внебольничной пневмонией. Это согласуется с очагом пневмонии, выявленным в 8,9 сегментах правого легкого по рентгенологическим данным.

Заключение

Таким образом, показания для применения метода потокостандартизированной фонопневмографии спокойного дыхания в клинической практике заключаются в следующем: использовать его не

Point PS	f_{-3dB}	f_{-20dB}
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

Note:

PS – posterior surface,

f_{-3dB} – cutoff frequency “-3” dB

f_{-20dB} – cutoff frequency “-20” dB

At points 15 and 17 (Table 4) of the acoustic parameter f_{-3dB} , acoustic deviations are detected. Given the projection of these points of interest, it is obvious that there is a zone of acoustic disturbances in the right side on projection of the 8th and the 9th segments, which corresponds to the 1st type of acoustic pattern for patients with community-acquired pneumonia. This is consistent with the focus of pneumonia, revealed in the 8th and the 9th segments of the right lung according to roentgenologic data.

Conclusion

Thus, the indications for using the technique of flow-standardized phonophores of calm breathing in clinical practice are as follows: it is recommended to use this technique not only for inter-roentgen monitoring of the

только для межрентгеновского мониторинга пневмического 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%, которая намного превышает чувствительность субъективной аускультации - 50%.
2. 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 -3дБ -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 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

pneumonia focus, which is valuable, but also for their primary pre-roentgen detection, which improves the efficiency of diagnosis of focal lung diseases in clinical conditions, makes it possible to use the technique remotely in modern digital technologies (such as telemedicine), and can also become an optional technique in the diagnosis of lobar and focal compression of the lung tissue, and in some cases becomes an alternative technique of diagnosis in multiple studies by virtue of its security and the absence of any exposure, and became sufficiently accessible in economic terms for practical public health.

Conclusions:

1. The technique of flow-gated phonopneumography of calm breathing (*FPhPGCB* technique) in healthy individuals has showed that the specificity for the healthy group is 80.5%, and the sensitivity is 83.3%, which is much higher than the sensitivity of subjective auscultation equaled to about 50%.
2. Spectral features of acoustic signals on the chest surface in healthy individuals at a flow rate of 0.89 ± 0.18 L/ s is in the following ranges: cut-off frequency at the level of -3dB: -269.5÷-359.4 Hz, cut-off frequency at the level of -20 dB: - 531.3÷ - 621.1 Hz.
3. Having carried out a verification of the phonopneumographic technique for diagnosing the inflammatory focus by clinical and radiological comparisons, the sensitivity of the detection of the pneumonia focus in the group of patients is 83.3%. According to the classification of types of acoustic pattern and their threshold values, these patients can be subdivided into 3 types of acoustic pattern. It is established that the patients with community-acquired pneumonia

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 основное назначение может быть межрентгеновский мониторинг очаговых образований в легких в амбулаторных условиях.

Список литературы

1. Вотчал Б.Е. Акустические характеристики стетофонендоскопов и их измерение //Мед. техника.-1972.- №2 .- С.16 – 20.
2. Власов В.В. Введение в доказательную медицину. - М.: Медиа сфера, 2001.- 293 с.
3. Дьяченко А.И. Респираторная акустика // Лазерная и акустическая биомедицинская диагностика.-2012.-Т.68.-С.136-181.
4. Коренбаум В.И. Особенности акустических явлений, наблюдаемых при аускультации легких // Акустический журнал. – 2003.- № 3(4).- С.376-388.
5. 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.
6. Пат. № 2528653 Российская Федерация, МПК А61В 5/08.Способ акустической диагностики очага в легком/ Малинина Е.В., Кулаков Ю.В., Коренбаум В.И., Сафронова М.А.; опубл. 20.09.2014 ., БИ №26.
7. Gavriely N. Spectral characteristics of chest wall breath sounds in normal subjects// *Torax*.-1995.-Vol.50.-P.1292-1300.

correspond to acoustic pattern of the 1st type.

4. The proposed *FPhPGCB* technique is completely safe for the test sample of subjects, not associated with harmful exposures, and very simple to implement. It can be primarily used for inter-roentgen monitoring of focal lesions in the lungs in outpatient study.

Bibliography

1. *B. E. Votchall et al.* Acoustic characteristics of stethophonendoscopes and their measurement. // *Meditsinskaya tekhnika*. 1972 Issue 2 . Pages 16-20
2. *V.V. Vlasov*. Introduction to Evidence-based medicine. Moscow: *Media sfera*. 2001. 293 p.
3. *A.I. Dyachenko*. Respiratory acoustics // *Laser and acoustic biomedical diagnostics*. 2012. Vol.68. P.136-181.
4. *V.I. Korenbaum et al.* Acoustic phenomena observed in lung auscultation // *Acousical Physics*. 2003. Issue 3(4). Pages 316-327
5. *E.V. Malinina, Yu. V. Kulakov, V.I. Korenbaum, M. A. Safronova* Characteristics of flow-standardized respiratory lung sounds in healthy subjects // *Human physiology*. 2014. Volum 40. Issue 4. Pages 440-449.
6. *Russian patent 2528653, IPC A61B 5/08*. Technique of acoustic diagnostics of the focus in the lung / *E.V. Malinina, Yu. V. Kulakov, V.I. Korenbaum, M. A. Safronova*; publ. 09/20/2014., BI # 26.
7. *N. Gavriely*. Spectral characteristics of chest wall breath sounds in normal subjects // *Torax*.-1995.-Vol.50.-P.1292-1300.
8. *R.L. Murphy, A. Vyshedskiy A, V. A. Power-Charnitsky*. Automated lung

8. Murphy R.L., Vyshedskiy A, Power- Charnitsky V.A. Automated lung sound analysis in patients with pneumonia// Respir.Care.2004.-Vol.49. - № 12.- P.1490-1497.

Сведения об авторе:

Малинина Елена Владимировна, старший преподаватель Учебного военного центра ФГБОУ ВО Тихоокеанского государственного медицинского университета Минздрава России, 690002, пр. Острякова, д. 2А, 89147927114. e-mail: vahnenko_elena@mail.ru

sound analysis in patients with pneumonia // Respir.Care.2004.-Volum 49. Issue 12. Pages 1490-1497.

About the author:

Malinina, Elena Vladimirovna — senior lecturer of the Military Training Center of the Federal State Educational Establishment for the Pacific State Medical University of the Ministry of Health of Russia, 690002, prospect Ostryakova, 2A, 89147927114. e-mail: vahnenko_elena@mail.ru