

УДК 534.7+612.21

ИЗМЕНЕНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШУМОВ ДЫХАНИЯ ПНЕВМОНИЙНЫХ БОЛЬНЫХ В ПРОЦЕССЕ ВЫЗДОРОВЛЕНИЯ

И. В. ВОВК*, С. Л. ДАХНОВ**, В. В. КРИЖАНОВСКИЙ*, В. Н. ОЛИЙНЫК*

*Институт гидромеханики НАН Украины, Киев

**Главный военный клинический госпиталь Министерства обороны Украины

Получено 25.11.99

С помощью адаптивного и спектрально-временного методов исследовано изменение акустических характеристик шумов дыхания пневмонийных больных в процессе их выздоровления. Показана высокая эффективность обоих методов с точки зрения получения информации о текущих изменениях тяжести заболевания и его локализации. Установлено, что адаптивный метод позволяет получать информацию об общем состоянии респираторного тракта обследуемого, а спектрально-временной метод – оценивать динамику практически всех основных и дополнительных черт шумов дыхания.

За допомогою адаптивного і спектрально-часового методів досліджено зміну акустичних характеристик шумів дихання пневмонійних хворих у процесі їх одужання. Показана висока ефективність обох методів з точки зору одержання інформації про поточні зміни тяжкості захворювання та його локалізації. Встановлено, що адаптивний метод дозволяє одержати оцінку загального стану респіраторного тракту обстежуваного, а спектрально-часовий метод – оцінювати динаміку практично всіх основних та додаткових рис шумів дихання.

By means of the adaptive and the spectral-time techniques the changes in asoustical characteristics of the breath noise of pneumonic patients in the process of convalescence were investigated. It was shown the high efficiency of the both techniques for obtaining the information about current changes of severity of the disease and its localization. It was established that adaptive technique allows to estimate the general state of the respiratory tract of patient under investigation, and the spectral-time technique gives the possibility for estimation of the dynamics of practically all main and the additional features of the breath noise.

ВВЕДЕНИЕ

В последние два десятилетия наблюдается существенный прогресс в понимании феномена шумов дыхания человека и в объективизации их аускультативных признаков. По сути, речь идет о трактовке вербальных моделей разных типов дыхательных шумов, исторически сложившихся на основе обобщения многими поколениями врачей субъективных “слуховых образов” этих шумов, в терминах объективных акустических величин, поддающихся регистрации и количественной оценке. В значительной мере активизации этого процесса способствовало появление новых технологий электронной регистрации шумов дыхания, их компьютерной обработки, визуализации и документирования. Благодаря этому открылся ряд принципиально новых возможностей в области создания методов и средств диагностики респираторных заболеваний (см., например, работы [1–3] и обширную библиографию в них). Возникшее на этой основе новое направление медицинских исследований, объединившее в себе вековой опыт традиционного выслушивания дыхательных шумов с мощью электронной регистрации и компьютерного анализа получило название электронной цифровой аускультации [4].

Возможность накопления и хранения в клиниках объективных данных о шумах дыхания в норме и патологии в виде электронных цифровых записей и возможность их передачи по современным коммуникационным сетям обладает тем бесспорным преимуществом, что они могут быть востребованы в любой момент для повторного прослушивания, в том числе и специалистами из других клиник (а в недалеком будущем, возможно, также аспирантами и студентами медицинских вузов в учебных целях). Все это дает возможность лечащему врачу наблюдать за изменением характера дыхательных шумов в процессе лечения, полагаясь не на субъективные свойства и особенности своего слуха и памяти (как это имеет место при ежедневном прослушивании больного традиционным механическим стетофонендоскопом), а опираясь на объективные результаты регистрации и обработки шумов. Использование новых технологий позволит не только повысить эффективность и надежность диагностики респираторных заболеваний, но, при необходимости, даст возможность оперативно проводить телемедицинские консилиумы и обследования больных [5], находящихся в удаленных регионах, где по тем или иным причинам отсутствует высококвалифицированный медперсонал.

Важно также и то, что в дополнение к фонграмме при компьютерной обработке шумов дыхания лечащий врач получает визуальную информацию об их количественных акустических параметрах, которая фактически в режиме реального времени может быть отображена на мониторе компьютера или выходном печатающем устройстве, а также сохранена в постоянном запоминающем устройстве либо на внешних носителях информации с возможностью дальнейшего анализа. Исходя из этого, можно ожидать, что в лечебных учреждениях в недалеком будущем появится вполне объективный информационно насыщенный документ о дыхательных шумах, являющийся таким же естественным приложением к медицинским карточкам пациентов, как, скажем, рентгеновский снимок или электрокардиограмма.

Апробация методов электронной цифровой аускультации в ведущих исследовательских клинических центрах показала их высокую эффективность. Так, сравнительные статистические данные, полученные в клинических условиях на 42 пациентах, свидетельствуют о том, что диагностика респираторных заболеваний, основанная на электронной регистрации и компьютерной обработке дыхательных шумов, позволяет распознавать эти заболевания с гораздо большей вероятностью, чем традиционные рентгенологические средства. При этом разница в эффективности указанных методов может составлять более $12 \div 15$ % [6]. Особо следует отметить, что, наряду с высокой диагностической эффективностью, акустические методы и средства (в отличие, например, от рентгенологических) обладают практически абсолютной экологической чистотой. Последнее обстоятельство является жизненно важным для Украины, где радиологическая обстановка во многих регионах оставляет желать лучшего. Таким образом, разработку и внедрение новейших диагностических средств, основанных на электронной цифровой аускультации дыхательных шумов, по нашему мнению, следует отнести к приоритетным направлениям развития медицинской техники в нашей стране.

На нынешнем этапе исследований, когда, по сути, уже начался процесс создания систем автоматизированного поиска и распознавания информативных диагностических характеристик (признаков) в сигналах дыхательных шумов, наряду с необходимым накоплением представительных аускультационных баз данных, важнейшей научно-технической проблемой продолжает оставаться повышение эффективности и быстродействия компьютерных алгоритмов, предназначенных для вы-

деления диагностических признаков, а также выработка емких и одновременно легко читаемых форм их визуального представления.

Как нам представляется, обработка и визуализация с помощью разных методик шумов дыхания респираторных больных, зарегистрированных на разных стадиях выздоровления, с последующим сравнительным анализом результатов позволит получить достаточно надежную оценку их относительной эффективности и адекватности тем или иным диагностическим задачам.

Учитывая высказанные соображения, цель данной работы состояла в изучении динамики акустических характеристик шумов дыхания больных в процессе их выздоровления и тестировании двух различных методов компьютерной обработки шумов дыхания. Часть результатов, обсуждаемых в данной статье, была представлена авторами в докладе на 24-й Международной конференции по легочным шумам [7].

1. ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИКА РЕГИСТРАЦИИ И ОБРАБОТКИ ДЫХАТЕЛЬНЫХ ШУМОВ; СУБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальная установка, использованная нами для регистрации дыхательных шумов, была детально описана в работе [2]. Поэтому здесь целесообразно лишь напомнить, что функционально цепи прохождения регистрируемого акустического сигнала в ней могут быть разделены на основной тракт, предназначенный для регистрации и обработки собственно дыхательных шумов, и дополнительный тракт, позволяющий различать фазы дыхательного цикла (вдох–выдох). Основной тракт включает в себя высокочувствительные миниатюрные датчики, выполненные в виде набора биморфных пьезокерамических пластинок; многоканальный малощумный электронный усилитель сигналов; многоканальные перестраиваемые частотные фильтры; многоканальный 12-ти разрядный аналого-цифровой преобразователь и персональный компьютер со специализированным программным обеспечением. Дополнительный тракт состоит из электретоного микрофона, расположенного около носового (или ротового при дыхании через рот) отверстия обследуемого и предварительного усилителя, с которого сигнал через аналого-цифровой преобразователь также поступает на персональный компьютер. Для контроля качества прохождения сигнала в различных звеньях основного тракта используются компьютерная мультимедийная периферия (звуковая

карта плюс динамики), а также головные телефоны, подключенные на выходе частотных фильтров усилителя. Для документирования частотно-временных образов шумов дыхания используется цветной принтер.

Регистрация шумов дыхания производилась с девяти аускультационных точек на поверхности тела пациента. При этом одна точка была расположена на шее (над трахеей), а остальные восемь – на поверхности грудной клетки (над легкими), причем они располагались попарно симметрично относительно срединной сагиттальной плоскости¹. Расположение аускультационных точек на поверхности грудной клетки схематически изображено на рис. 1. Для их условного обозначения нами была принята следующая рабочая индексация:

- точки, расположенные на груди:
 - под ключицей (на уровне второго ребра сверху) – точки 2л и 2п;
 - по бокам под мышками (между пятым и шестым ребром снизу) – точки 5л и 5п;
- точки, расположенные на спине:
 - над лопатками (на уровне четвертого ребра сверху) – точки 4л и 4п;
 - под лопатками (на уровне седьмого ребра снизу) – точки 7л и 7п.

Здесь буквы “л” и “п” обозначали соответственно левую и правую стороны грудной клетки. Такой выбор аускультационных точек в целом обеспечил покрытие тех областей поверхности грудной клетки больного, в которых медики обычно выслушивают шумы дыхания, характеризующие состояние соответствующих долей легких.

Регистрация сигнала производилась по двухканальной схеме. При этом использовалось два варианта расположения датчиков:

- 1) в симметричных аускультационных точках на поверхности грудной клетки;
- 2) один датчик помещен над трахеей, а второй – над одной из аускультационных точек на поверхности грудной клетки.

Обработка зарегистрированных дыхательных шумов и визуализация результатов обработки проводились с помощью адаптивного метода классификации пациентов по признаку “болен – здоров”,

¹Срединная сагиттальная плоскость – условная плоскость, делящая человеческое тело на левую и правую половины.

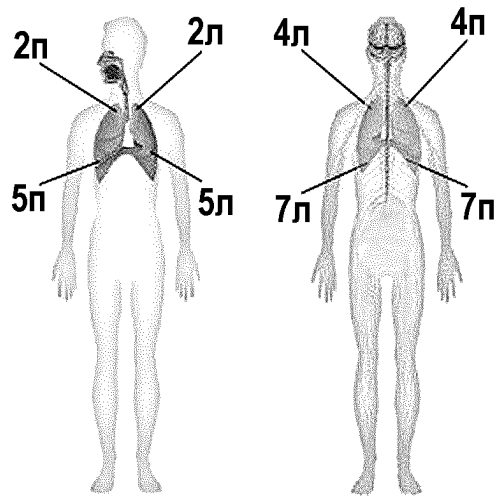


Рис. 1. Расположение аускультационных точек на грудной клетке человека

разработанной в [1], и спектрально-временного метода, описанного в [2].

Исследования проводились в условиях стационара Главного военного клинического госпиталя Министерства обороны Украины в осенне-зимний период 1998 года. Субъектами исследований были два пневмонийных больных мужского пола в возрасте 18-ти лет на момент исследования. К моменту начала измерений лечащими врачами госпиталя была отмечена положительная динамика течения заболевания у каждого из упомянутых пациентов.

- Больной “А” поступил в госпиталь с диагнозом “очаговая правосторонняя нижнедолевая пневмония”. Больной имел нормальное телосложение (рост 177 см, вес 76 кг). Записи были проведены на 9-й, 14-й и 16-й дни после начала заболевания.
- Больной “Б” поступил в госпиталь с диагнозом “очаговая левосторонняя нижнедолевая пневмония”. Больной имел астеническое телосложение (рост 176 см, вес 54 кг). Записи были проведены на 8-й, 10-й и 14-й дни после начала заболевания.

В дальнейшем оба пациента были переведены в отделение для выздоравливающих, где возможность проведения дальнейших наблюдений отсутствовала.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Адаптивный метод

Адаптивный метод [1] был в свое время разработан с целью проведения быстрой обобщенной (интегральной) оценки состояния респираторной системы человека по принципу “болен – здоров”. Такой экспресс-метод может быть полезен для предварительного обследования пациентов, поступающих в поликлиники и стационары, а также в целях профилактического обследования (мониторинга) населения на предмет выявления респираторных патологий.

Напомним основные принципы, заложенные в адаптивном методе оценки респираторного тракта, обратив внимание на некоторые упрощения, внесенные в него по сравнению с исходным вариантом. Известно, что шумы дыхания в целом носят случайный характер. Поэтому для их различения целесообразно использовать статистические методы. В частности, эта задача может быть сформулирована как задача статистической проверки гипотез о принадлежности данной реализации (записи) дыхательных шумов к одному из известных типов, характеризующих состояние органов дыхания. Именно в такой постановке формулировалась задача классификации шумов дыхания, рассмотренная в работе [1]. Следует однако отметить, что успешное решение этой задачи возможно только при наличии хорошо верифицированных (“эталонных”) записей всех возможных типов дыхательных шумов для данного пациента. К сожалению, последнее условие практически нереализуемо. В связи с этим целесообразно упростить постановку задачи. Для этого примем гипотезу о том, что при практически здоровых органах дыхания характеристики их шумов не должны существенно изменяться. Тогда задача диагностики заболевания может быть сведена к сравнительной оценке изменения характеристик шумов дыхания за некоторый период. Если изменения существенны, то это является признаком болезни.

Для решения этой задачи достаточно иметь некоторую систему координат, в которой могут отобразиться в виде точек метризованные характеристики шумов дыхания. В частности, мы можем использовать двумерное пространство, координатами которого являются расстояния до двух хорошо разделимых в этом пространстве групп шумов дыхания. В первую группу могут быть включены “эталонные” записи шумов, соответствующие здоровым органам дыхания, а во вторую группу – “эталонные” записи для какого-нибудь типичного

случая заболевания органов дыхания. Заметим, что эти “эталонные” могут содержать и записи шумов дыхания самого обследуемого пациента, полученные на предыдущих этапах обследования. При такой постановке задачи важно лишь, чтобы различные группы “эталонных” хорошо разделялись в некотором метрическом пространстве.

Таким образом, задача сводится к вычислению “расстояний” между непосредственно регистрируемой реализацией шума дыхания $u(t)$ и выбранными “эталонами” $y_i(t)$, $i=1, 2$, где $i=1$ соответствует состоянию “здоров”, а $i=2$ – состоянию “болен”. Согласно алгоритму классификации, описанному в [1], эти расстояния определяются функционалом вида

$$F_i(u, y_i) = F_i^\omega(u, y_i) + F_i^t(u, y_i), \quad (1)$$

где

$$F_i^\omega(u, y_i) = \sum_{k=k_n}^{k_b} \ln \frac{(\hat{g}_s(\omega_k) + \hat{g}_{si}(\omega_k))^2}{\hat{g}_{si}(\omega_k)}, \quad (2)$$

$$F_i^t(u, y_i) = (k_b - k_n + 1) \sum_{q=0}^{Q-1} \ln \frac{(\hat{D}_q + \hat{D}_{iq})^2}{\hat{D}_{iq}},$$

а k_b , k_n , Q и T определяют полосу частот и временной интервал, на котором проводится оценивание шумов дыхания. Здесь оценки спектральной плотности шумов дыхания определяются выражениями

$$\hat{g}_s(\omega_k) = \frac{1}{TQ} \sum_{q=0}^{Q-1} \frac{U_q(\omega_k)}{\hat{D}_q}, \quad (3)$$

$$\hat{g}_{si}(\omega_k) = \frac{1}{TQ} \sum_{q=0}^{Q-1} \frac{Y_{iq}(\omega_k)}{\hat{D}_{iq}},$$

а оценки квадрата модулирующей функции дыхания, вычисленные по текущей и “эталонным” реализациям – выражениями

$$\hat{D}_q = \frac{1}{T} \int_{qT}^{(q+1)T} u^2(t) dt, \quad (4)$$

$$\hat{D}_{iq} = \frac{1}{T} \int_{qT}^{(q+1)T} y_i^2(t) dt.$$

При этом спектральные преобразования текущей

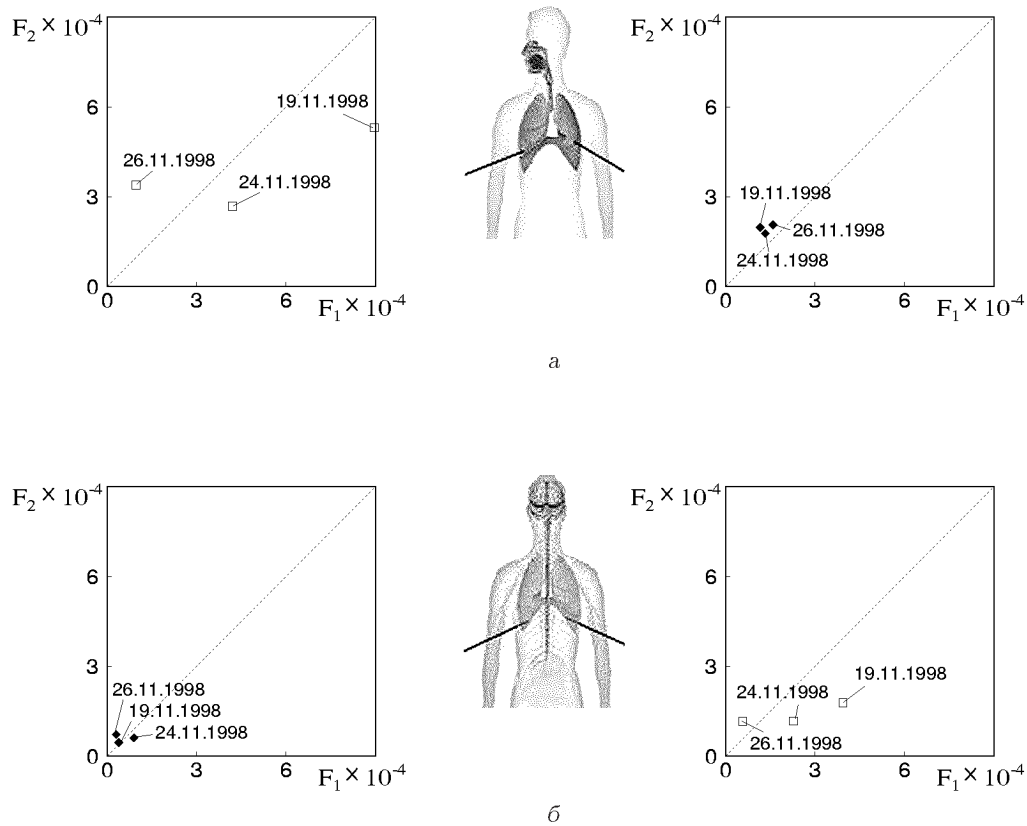


Рис. 2. Результаты обследования пациента “А” с правосторонней пневмонией при помощи адаптивного метода (классификация “болен–здоров”)

и “эталонных” реализаций имеют вид

$$U_q(\omega_k) = \left| \int_{qT}^{(q+1)T} u(t) \exp(-j\omega_k t) dt \right|^2, \quad (5)$$

$$Y_{iq}(\omega_k) = \left| \int_{qT}^{(q+1)T} y_i(t) \exp(-j\omega_k t) dt \right|^2.$$

На основе полученных оценок определяется положение условных точек (маркеров), характеризующих интегральные свойства исследуемых дыхательных шумов в заданном пространстве. Очевидно, что по изменению положения этих маркеров за некоторый интервал времени между обследованиями можно количественно оценивать степень улучшения (или ухудшения) состояния респираторной системы пациента. Таким образом, можно ожидать, что в результате систематического применения метода адаптивной классификации по принципу “болен–здоров” при наблюдении за больным в процессе лечения наблюдатель полу-

чит “траекторию”, характеризующую тенденции процесса выздоровления больного с течением времени. Проиллюстрируем эту возможность.

Ниже приведены результаты обследования для пациента “А” с правосторонней (рис. 2) и пациента “Б” с левосторонней (рис. 3) нижнедолевой пневмонией. В качестве “эталонов” использованы данные, полученные в результате обработки записей шумов дыхания двух групп субъектов. В первую группу были включены субъекты с диагнозом “здоров”, а во вторую группу субъекты с диагнозом “болен пневмонией”. Данные в пределах каждой группы были достаточно однородны, т. е. их спектральные характеристики в принятом метрическом пространстве занимали компактные, хорошо разделяемые области. По осям на рисунках отложены расстояния до центров верифицированных “эталонов” шумов дыхания класса “больных” (ось абсцисс) и класса “здоровых” (ось ординат). Таким образом, если маркеры находятся выше главной диагонали, это указывает на то, что они расположены ближе к классу “здоровых”.

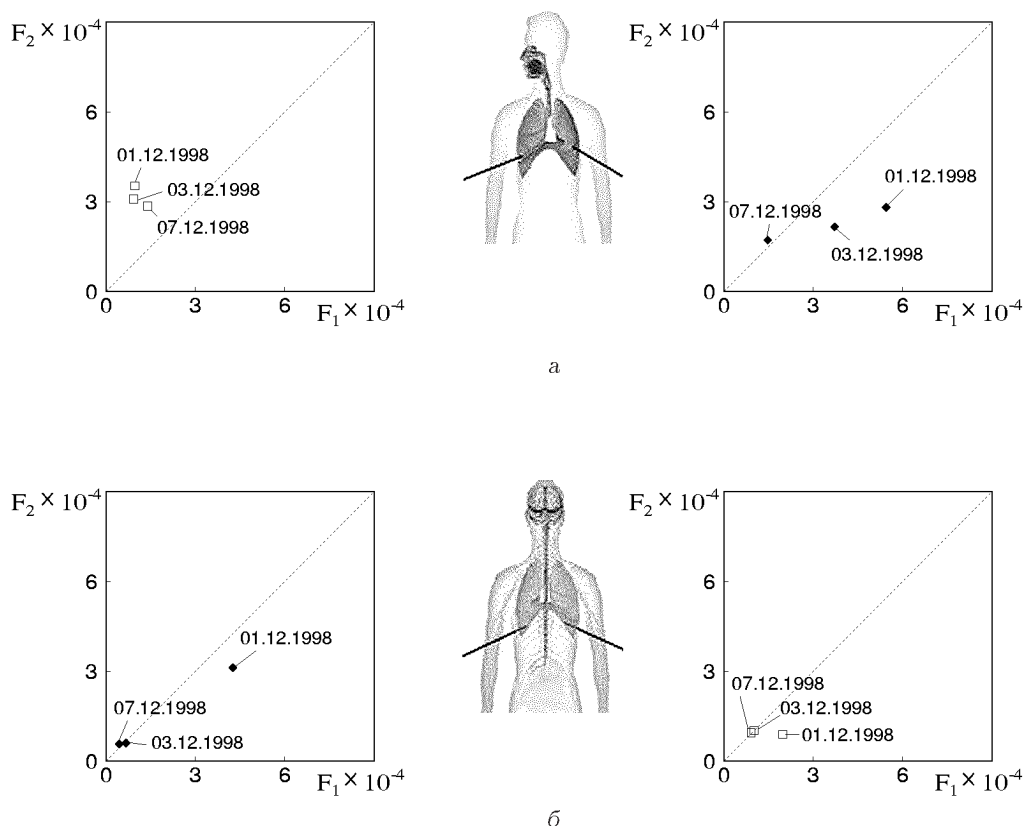


Рис. 3. Результаты обследования пациента “Б” с левосторонней пневмонией при помощи адаптивного метода (классификация “болен – здоров”)

Противоположная же ситуация свидетельствует о близости состояния пациента к классу “больных”. Для удобства восприятия на всех рисунках черными ромбами обозначены маркеры, соответствующие шумам дыхания, зарегистрированным в аускультационных точках, расположенных на левой стороне грудной клетки, а белыми квадратами – на правой стороне.

Анализ приведенных данных позволяет убедиться, что за период обследования, в процессе которого проводилась терапия больных, координаты маркеров и траектории их движения для пораженной и здоровой частей легких существенно отличаются. В частности, маркеры, соответствующие пораженной части легких, перемещаются из области, охватывающей класс “больных” органов дыхания, в область, охватывающей класс “здоровых” органов дыхания. В то же время маркеры, соответствующие здоровым участкам легких, практически не изменяют своего положения и, что существенно, достаточно компактно группируются в области, охватывающей класс “здо-

ровых” органов дыхания. Исключение составляют маркер с отметкой 24.11.1998 для пациента “А”, соответствующий измерениям в точке 7л (см. рис. 2, б), и маркер с отметкой 01.12.1998 для пациента “Б”, соответствующий измерениям в точке 7п (см. рис. 3, б).

Что касается первого из названных маркеров, то, во-первых, расстояние между ним и зоной, охватывающей класс “здоровых” органов дыхания, весьма невелик, а во-вторых, методы, основанные на статистических подходах, позволяют получать оценки лишь с некоторой долей вероятности, которая будет тем выше, чем обширней базы данных, закладываемые в методы. Поэтому для увеличения вероятности более правильного расположения маркеров, необходимо иметь более обширную базу данных, охватывающую классы “здоровых” и “больных” органов дыхания.

Что же касается упомянутой аномалии для пациента “Б”, то, как следует из истории болезни, на момент измерений 1 декабря 1998 года в нижнем отделе его правого легкого прослушивался

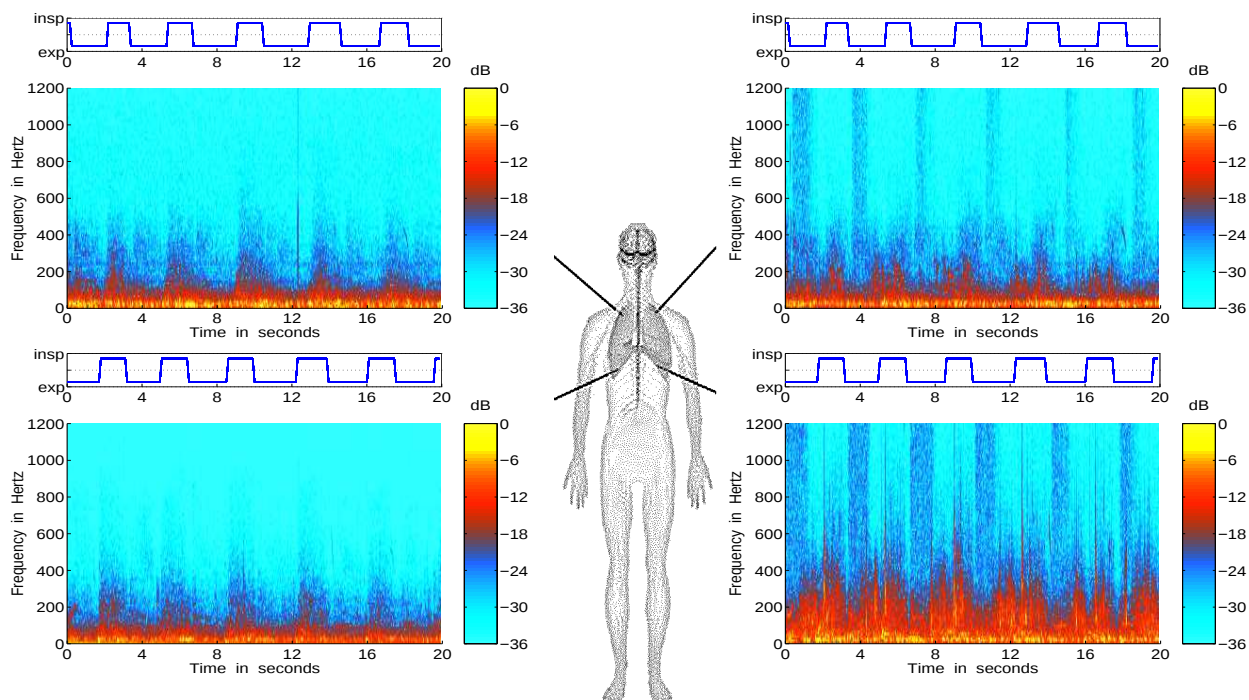


Рис. 4. Результаты обследования пациента “А” с правосторонней пневмонией с помощью спектрально-временного метода (состояние на 19 ноября 1998 года)

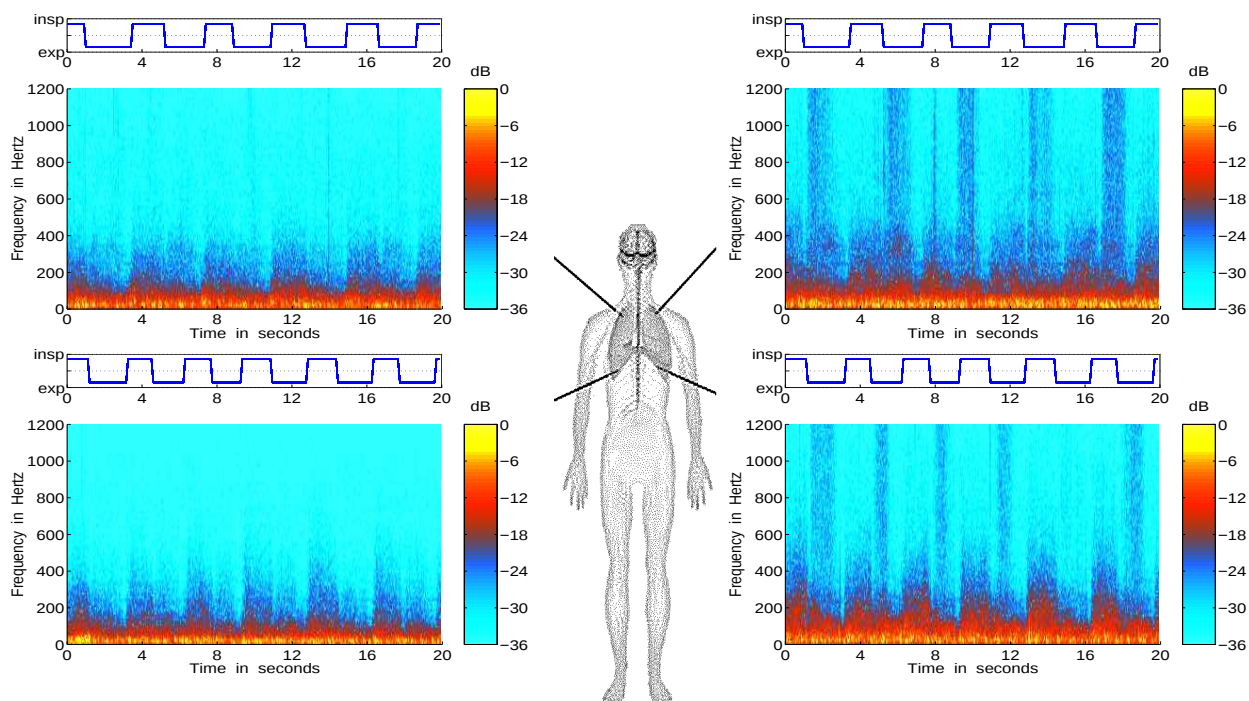


Рис. 5. Результаты обследования пациента “А” с правосторонней пневмонией с помощью спектрально-временного метода (состояние на 26 ноября 1998 года)

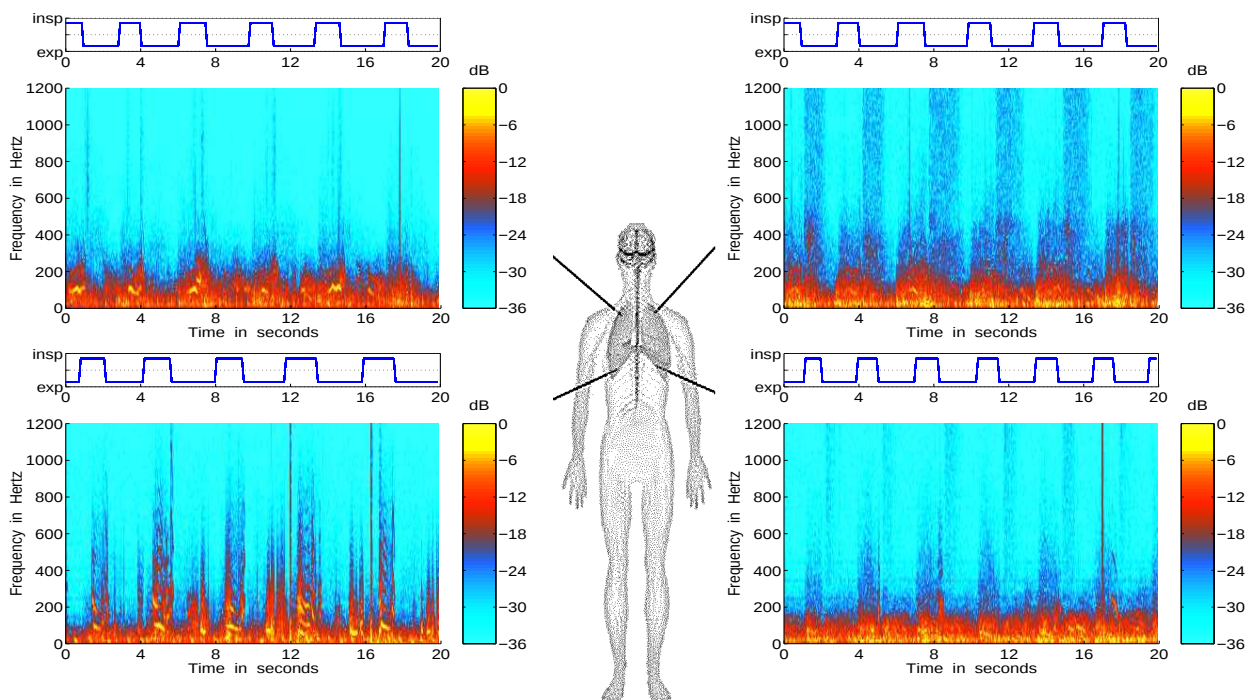


Рис. 6. Результаты обследования пациента “Б” с левосторонней пневмонией с помощью спектрально-временного метода (состояние на 1 декабря 1998 года)

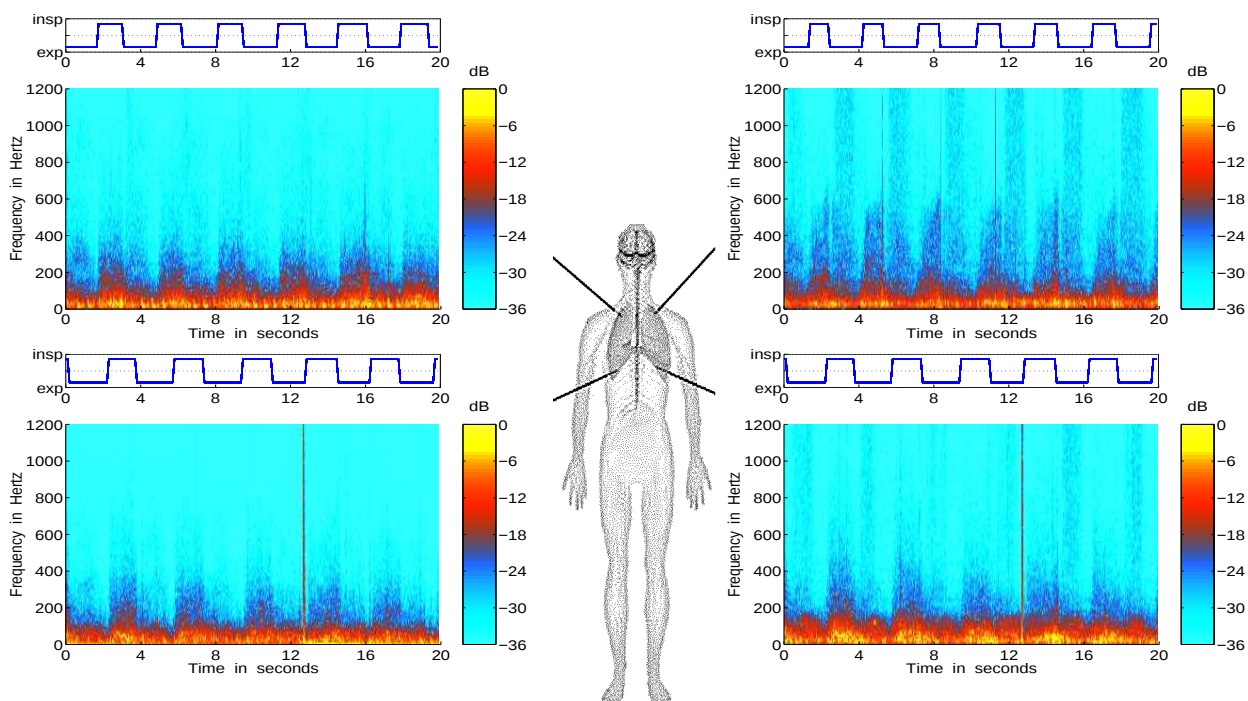


Рис. 7. Результаты обследования пациента “Б” с левосторонней пневмонией с помощью спектрально-временного метода (состояние на 7 декабря 1998 года)

шум трения плевры, предположительно проникающий из пораженного левого легкого. Именно такое проникновение шума трения плевры, по-видимому, не связанного в данном случае с патологическими процессами в правом легком, и способствовало тому, что шумы дыхания в точке 7п были квалифицированы как соответствующие состоянию “болен-здоров”.

Завершая анализ, можно сделать следующие выводы. Адаптивный метод полностью адекватен целям, которые были поставлены при его разработке, а именно: быстро оценивать состояние пациента на предмет наличия респираторных заболеваний по принципу “болен-здоров”. Однако, как можно было убедиться, этот метод обладает значительно более широкими возможностями. При систематическом его применении для наблюдения пациентов в процессе лечения (по крайней мере, при заболевании пневмонией) по траектории движения маркеров на плоскости (F_1, F_2) можно следить за тенденциями, и, даже, темпом процесса выздоровления.

2.2. Спектрально-временной метод

Как известно, одним из наиболее мощных способов обработки и визуализации шумов дыхания является спектрально-временной метод [2, 3, 8], в результате применения которого строятся частотно-временные образы (респиросонограммы), содержащие обширную объективную информацию об основных и дополнительных шумах дыхания, ритме дыхания и т. д.

Спектрально-временной метод многократно использовался нами для детального анализа текущего состояния респираторных трактов больных “А” и “Б”, в результате чего было получено большое количество респиросонограмм, позволивших шаг за шагом отслеживать особенности процессов лечения и выздоровления больных. Однако, учитывая естественную ограниченность объема статьи, для иллюстрации изменений респираторного тракта обследуемых пациентов на рис. 4–7 приводятся лишь некоторые из респиросонограмм, полученных в начале и в конце срока наблюдения, а именно – для аускультационных точек, расположенных на спине.

Сгруппированные на этих рисунках респиросонограммы соответствуют сигналам, зарегистрированным в течение одного часа. Поэтому можно считать, что каждый из рисунков отображает практически “одномоментную” картину состояния различных отделов легких данного пациента. Такая процедура регистрации шумов аналогична

процедуре выслушивания шумов дыхания врачом при осмотре больного. Заметим, что при одновременной регистрации шумов дыхания со всех аускультационных точек можно получить более полную информацию о них, включая когерентность, взаимную корреляцию и др. Это в определенных случаях позволило бы более корректно локализовать источники шумов, возникающие при патологии органов дыхания. Однако для этого необходимо, по сути, создать акустическую антенну и разработать специализированные алгоритмы обработки информации, поступающей с разных элементов антенны.

Обратимся к данным, полученным при обследовании пациента “А”. На рис. 4 представлены респиросонограммы, построенные по записям от 19 ноября 1998 года. Как видно из рисунка, в точке 7п наблюдаются интенсивные влажные и отдельные сухие хрипы. В остальных обследованных точках каких-либо ярко выраженных особенностей не наблюдается. Таким образом, характер респиросонограмм на момент поступления больного в госпиталь подтвердил наличие воспалительного очага в правой нижней доле легкого. Если теперь сравнить эти результаты с результатами, полученными 26 ноября 1998 года, на конечном этапе наблюдения за больным (см. рис. 5), то можно убедиться, что воспалительный процесс практически закончился. Действительно, хрипы в точке 7п пропали, хотя выслушиваемое дыхание оставалось несколько жестковатым. Последнее, в принципе, можно оценивать как наличие остаточных явлений после перенесения пневмонии, которые должны исчезнуть с течением времени.

Теперь остановимся на респиросонограммах, принадлежащих пациенту “Б” (левосторонняя нижнедолевая пневмония). На рис. 6 представлены респиросонограммы шумов дыхания, зарегистрированных 1 декабря 1998 года. Как видно, в точке 7л (нижняя доля левого легкого) наблюдаются ярко выраженные серии крупно- и мелкопузырчатых влажных хрипов. Здесь же (в области частот до 600 Гц) присутствуют и звуки, характерные для трения плевры. На респиросонограмме они отображаются как “гребенка”, состоящая из ряда полосок, изменяющихся по частоте. Звуки, подобные трению плевры, однако существенно более слабые, можно заметить и в точке 7п (нижняя доля правого легкого). Не исключено, что они просто проникают сюда из нижней доли левого легкого. Респиросонограмма, зарегистрированная в точке 4л (верхняя доля левого легкого), показывает, что здесь дыхание характеризуется наличием единичных влажных и сухих хрипов. В точке 4п

респиросонограмма достаточно четко идентифицирует жесткое дыхание. Таким образом респиросонограммы, полученные на момент поступления больного в госпиталь, полностью подтверждают заключение врача о том, что очаг заболевания расположен главным образом в нижней доле левого легкого.

Совершенно иным образом выглядят респиросонограммы от 7 декабря 1998 года, полученные на конечном этапе наблюдения за больным после проведения интенсивной терапии (см. рис. 7). Как нетрудно заметить, теперь во всех аускультационных точках дополнительные шумы дыхания практически исчезли и характер дыхания больного приближается к нормальному везикулярному. Это означает, что у пациента “Б” воспалительный процесс фактически прекратился.

Подводя итог проведенному анализу, можно заключить следующее. Если необходимо получить исчерпывающие сведения о характере шумов дыхания в норме и патологии, следует использовать спектрально-временной метод (метод респиросонограмм). Он позволяет объективно и во всех тонкостях анализировать шумы дыхания как на любых этапах наблюдения за респираторными больными, так и при профилактических наблюдениях за населением. По-видимому, метод респиросонограмм является наиболее мощным из имеющихся на сегодняшний день методов анализа шумов дыхания. Однако эффективное использование его предполагает определенную теоретическую и практическую подготовку медперсонала. Как показывает опыт, это неизбежно при внедрении медицинского инструментария, основанного на базе новых высоких технологий.

ВЫВОДЫ

С помощью адаптивного и спектрально-временного методов исследована динамика изменения акустических характеристик респираторного тракта двух пневмонийных больных в процессе их выздоровления. Показана высокая эффективность обоих методов, выражающаяся в наличии удовлетворительной разрешающей способности по времени (т.е. способности различать изменение степени тяжести заболевания во времени) и по пространству (т.е. способности указывать расположение очага заболевания). В частности:

- показано, что адаптивный метод позволяет быстро оценивать общее состояние респираторной системы человека по принципу “болен-здоров”;

- на примере пневмонийных больных установлено, что при периодическом использовании адаптивного метода в процессе лечения по положению маркеров на плоскости (F_1, F_2) и траектории их движения во времени можно с достаточно высокой степенью вероятности оценивать тенденции (и даже темпы) процесса выздоровления;

- показано, что спектрально-временной метод (метод респиросонограмм) позволяет исчерпывающим образом и в деталях отслеживать динамику основных и дополнительных дыхательных шумов в процессе выздоровления респираторных больных.

В заключение следует сказать, что потенциальные возможности спектрально-временной обработки шумов дыхания далеко не исчерпаны. Перспектива дальнейшего повышения его эффективности зависит от успешного решения проблем автоматического поиска и распознавания конкретных характеристик основных и дополнительных шумов дыхания, их количественной оценки и локализации очага заболевания [4].

1. Вовк И. В., Гринченко В. Т., Красный Л. Г., Макаренко А. П. Проблемы регистрации и классификации шумов дыхания человека // Акуст. ж. – 1994. – 40, N 1. – Р. 750–756.
2. Вовк И. В., Дахнов С. Л., Крижановский В. В., Олийник В. Н. Возможности и перспективы диагностики легочных патологий с помощью компьютерной регистрации и обработки шумов дыхания // Акуст. вісн. – 1998. – 1, N 2. – С. 21–33.
3. Вовк И. В., Гринченко В. Т., Дахнов С. Л., Крижановский В. В., Олийник В. Н. Шумы дыхания человека: объективизация аускультативных признаков // Акуст. вісн. – 1999. – 2, N 3. – С. 11–32.
4. *Understanding digital breath sounds technology*. – Israel: Karmel Medical Acoustic Technologies LTD, Sensor Medics, 1999 (CD-ROM).
5. *Телемедицина* Новые информационные технологии на пороге XXI века / Ред. Р. М. Юсупова и Р. И. Полонникова. – С.-Пб.: СПИИА РАН, 1998. – 489 с.
6. Murphy M., Pover V., Bergstorm K., Berman M., Murphy R. Comparison of the interpretation of chest roentgenograms and lung sound waveforms in chronic obstructive lung disease // Proc. 24-th Int. Lung Sounds Conf. – Institute of Physiology. Marburg, Germany, 6–8 Oct., 1999. – P. 69.
7. Vovk I. V., Grinchenko V. T., Dahnov S. L., Krizhanovsky V. V., Oliynik V. N. Dynamics of changes in acoustical characteristics of respiratory tract of pneumonic patients in process of treatment // Proc. 24-th Int. Lung Sounds Conf. – Institute of Physiology. Marburg, Germany, 6–8 Oct., 1999. – P. 71.
8. Pasterkamp H., Carson C., Daien D., Oh Y. Digital respirosography. New images of lung sounds // Chest. – 1989. – 96, N 6. – P. 1405–1412.