

ОПЫТ ЭЛЕКТРОННОЙ РЕГИСТРАЦИИ И КЛАССИФИКАЦИИ ШУМОВ ДЫХАНИЯ ДЕТЕЙ С БРОНХОЛЕГОЧНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Л. И. КОСОВЕЦ

Институт гидромеханики НАН Украины, Киев

С помощью электронного аппарата «КоРА – 03М1», разработанного в ИГМ, были зарегистрированы, классифицированы и проанализированы звуки дыхания детей с различными бронхолегочными заболеваниями. Исследования показали высокую достоверность и надежность при выявлении респираторных обструкций по сравнению с результатами прослушивания врачом с помощью механического стетофонендоскопа, что свидетельствует об эффективности использования компьютерного комплекса в медицинской практике.

ВВЕДЕНИЕ

Прослушивание (аускультация) дыхательных шумов человека является одним из наиболее важных неинвазивных методов диагностики заболеваний органов дыхания. В настоящее время наиболее распространенным является метод прослушивания с помощью традиционного механического стетофонендоскопа. В связи со сложным и разнообразным характером дыхательных шумов, не существует объективной классификации шумов дыхания, и врачи пользуются вербальными (описательными) моделями, которые, естественно, носят субъективный характер. Поэтому затруднительно поставить в соответствие субъективные слуховые ощущения врача и какие-либо объективные количественные характеристики шумов дыхания. Кроме того, звуки дыхания детей (особенно в раннем возрасте), в связи с особенностями развития бронхолегочной системы, являются более слабыми, чем у взрослых людей, чья респираторная система уже является полностью сформировавшейся. По этой причине представляется целесообразным применение прибора компьютерной фоноспирографии, который позволяет регистрировать даже весьма малые уровни звука, а также имеет возможность получить наглядную визуальную картину звуков дыхания.

Исследовались акустические характеристики шумов дыхания больных и здоровых детей при помощи электронного фоноспирографического комплекса и затем сравнивались с результатами прослушивания врачом при помощи механического стетофонендоскопа.

1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для диагностики заболеваний респираторной системы чаще всего используется метод традиционной аускультации при помощи механического стетофонендоскопа. Анализ полученных врачом слуховых данных связан с особенностями и остротой слуха врача и его практическим опытом. В недавнее время начаты исследования с целью разработки новых экологически безопасных методов диагностики заболеваний бронхолегочной системы человека. Таковым является метод компьютерной цифровой аускультации звуков дыхания людей [1, 2, 3]. Поэтому объективизация аускультативной информации является актуальной темой в биомедицинской акустике.

Исследование детей, больных бронхолегочными заболеваниями, проводилось в Институте фтизиатрии и пульмонологии им. Ф.Г. Яновского АМН Украины в период с октября 2009 года по сентябрь 2010 года.

2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Электронная регистрация звуков дыхания детей проводилась на сертифицированном четырехканальном компьютерном фоноспирографическом комплексе «КоРА-03М1», который позволяет регистрировать весьма слабые шумы дыхания, обрабатывать и визуализировать полученные сигналы. Визуализация значительно облегчает «прочтение» полученных данных и их анализ [4, 5]. В качестве электроакустических преобразователей используются специальные акселерометры АД-16 с линейной амплитудно-частотной характеристикой в диапазоне частот 20 - 2000 Гц, чувствительностью $15 \frac{мВ \cdot с^2}{м}$ и массой 12 г, которые были разработаны в ИГМ НАНУ [4, 5, 2]. Помещение, в котором проводились измерения, размещалось в малошумной части клиники, а все электронные устройства (медицинские приборы, компьютеры, мобильные телефоны и т.д.) выключались во избежание звуковых и электромагнитных помех [1].

Запись звуков дыхания пациентов осуществлялась синхронно на поверхности грудной клетки в двух точках спереди (немного ниже ключицы) и в двух точках сзади на спине (в подлопаточной области). Использовались такие обозначения: 1П – спереди на поверхности грудной клетки справа, 2П – сзади на спине справа, 3Л – сзади на спине слева, 4Л – спереди на поверхности грудной клетки слева. В особых случаях датчики располагались в других точках (спереди – в области груди и сзади – выше или ниже лопаток), вместо стандартных или в дополнение к стандартным точкам. Измерения звуков дыхания проводились в течение 18.6 сек в режиме «спокойное глубокое дыхание». Процедуру проводили дважды или больше для того, чтобы получить как можно более качественные фонограммы.

Электронная цифровая обработка зарегистрированных сигналов проводилась с помощью специального программного продукта, который содержится в комплексе «КоРА-03М1». Анализ зарегистрированных звуков дыхания всех групп обследованных пациентов осуществлялся с помощью фоноспирограмм, которые являются наиболее информативными, и, по сути, представляют собой спектрально-временные зависимости (спектрограммы) [4, 5].

Характер заболевания и диагноз устанавливались врачами. Всего был получен 81 звуковой образ здоровых и больных детей. В таблице 1 представлено количество из каждой обследуемой группы.

3. РЕГИСТРАЦИЯ И АНАЛИЗ ЗВУКОВ ДЫХАНИЯ ДЕТЕЙ С БРОНХОЛЕГОЧНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

Фоноспирографический комплекс визуализирует в виде временных реализаций и фоноспирограмм звуки дыхания. В процессе выслушивания пациента стетофонендоскопом врач обращает внимание на частотную полосу сигнала (определяет тональность звука и его высоту) и его временные характеристики (длительность вдоха, длительность выдоха, продолжительность паузы) [3, 6]. Компьютерная визуализация позволяет в реальном масштабе времени наблюдать динамику мгновенных спектров

звуков дыхания человека. Необходимо отметить, что то, что «слышит» врач при аускультации, в некоторых случаях отличалось от данных респиросонограмм. В частности, некоторые слабые хрипы (сухие или влажные) и жесткое дыхание не прослушивалось врачом с помощью стетофонендоскопа, но четко просматривалось на фоноспирограммах.

Сравнительный анализ фоноспирограмм здоровых детей и детей, больных бронхолегочными заболеваниями, позволил установить качественные различия в длительности дыхательного цикла, продолжительности вдоха и выдоха, паузы, интенсивности сигнала. В таблице 2 приведены примерный частотный/относительный диапазон звуков дыхания (в Гц и %) и длительность дыхательного цикла (в сек и %), а также соотношение полосы частот при вдохе/выдохе (в раз). За 100% принимались данные частотного диапазона и длительности дыхательного цикла здорового ребенка и относительно них рассчитывались соответствующие данные больных детей. Также были рассчитаны относительные продолжительности вдоха, выдоха и паузы как отношение соответственно длительности вдоха, выдоха и паузы к длительности дыхательного цикла (таблица 3).

Таблица 1. Группы обследованных пациентов

| № п/п | Группы | Количество пациентов | Возрастной диапазон | Средний возраст |
|-------|-----------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | Здоровые | 13 | 2 - 21 | 15.7 |
| 2 | Больные бронхиальной астмой | 14 | 5 - 16 | 9.1 |
| 3 | Больные бронхитом | 22 | 1 - 18 | 6.8 |
| 4 | Больные пневмонией | 14 | 3 - 15 | 7.1 |

Таблица 2. Различия в частотном диапазоне и длительности дыхательного цикла детей с различными патологиями бронхолегочной системы

| № п/п | Обследуемая группа | Примерный частотный / относительный диапазон звуков дыхания (Гц / %) | Временная / относительная длительность дыхательного цикла (сек / %) | Соотношение полосы частот при вдохе/выдохе (в раз) |
|-------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1 | Здоровые | 600 / 100 | 3.8 / 100 | ~2 |
| 2 | Больные бронхиальной астмой | 875 / 145.8 | 3.1 / 82.4 | ~2 |
| 3 | Больные бронхитом | 699 / 116.5 | 4.1 / 107.5 | ~2 |
| 4 | Больные пневмонией | 917 / 152.8 | 3.4 / 90 | ~2 |

Таблиця 3. Розличия в относительной продолжительности вдоха, выдоха и паузы детей с различными патологиями бронхолегочной системы

| № п/п | Обследуемая группа | Относительная продолжительность вдоха | Относительная продолжительность выдоха | Относительная продолжительность паузы |
|-------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | Здоровые | 0.49 | 0.44 | 0.09 |
| 2 | Больные бронхиальной астмой | 0.47 | 0.46 | 0.07 |
| 3 | Больные бронхитом | 0.48 | 0.47 | 0.05 |
| 4 | Больные пневмонией | 0.46 | 0.49 | 0.05 |

Примеры фоноспирограмм здорового и больных детей приведены на рис.1 – 7.

В таблицу 4 сведены результаты сравнения зарегистрированных электронным комплексом характеристик звуков дыхания с данными прослушивания врачом с помощью стетофонендоскопа при различных заболеваниях.

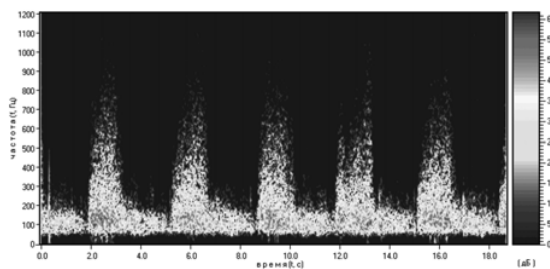


Рис.1. Фоноспирограмма звуков дыхания здорового 10-летнего ребенка в точке ЗЛ

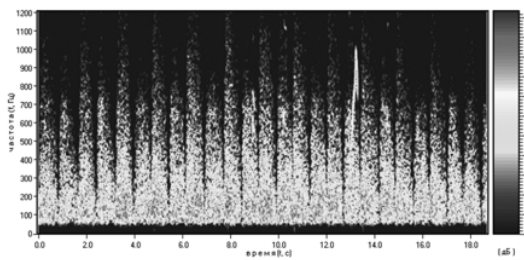


Рис.2. Фоноспирограмма звуков дыхания 14-летнего больного с персистирующей бронхиальной астмой в точке 1П

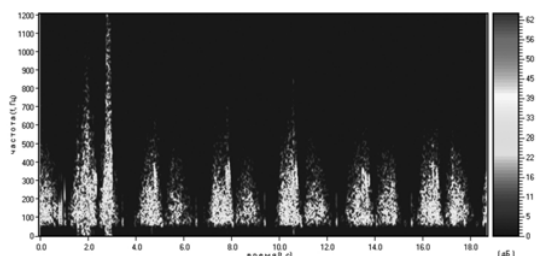


Рис.3. Фоноспирограмма звуков дыхания 10-летнего больного с персистирующей бронхиальной астмой в точке 1П

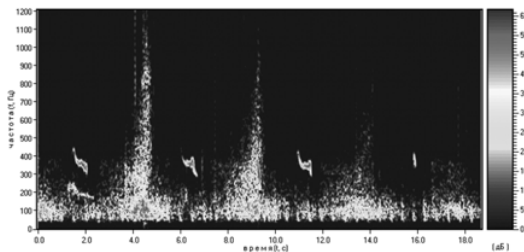


Рис.4. Фоноспирограмма звуков дыхания 11-летнего пациента, больного рецидивирующим бронхитом ЗЛ

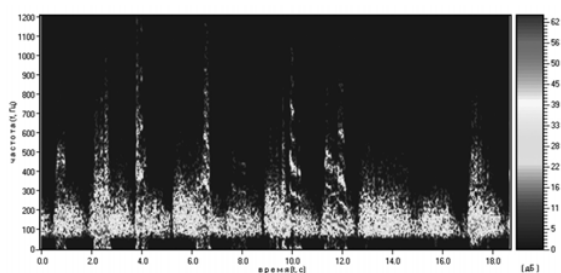


Рис.5. Фоноспирограмма звуков дыхания 6-летнего пациента, больного рецидивирующим обструктивным бронхитом в точке 2П

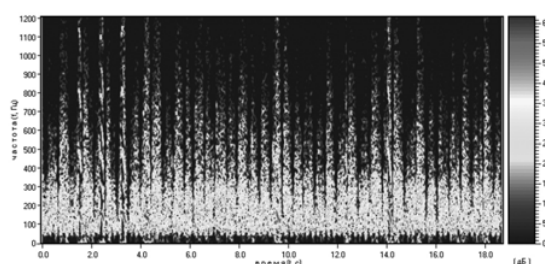


Рис.6. Фоноспирограмма звуков дыхания 4-летнего больного правосторонней пневмонией в точке 4Л

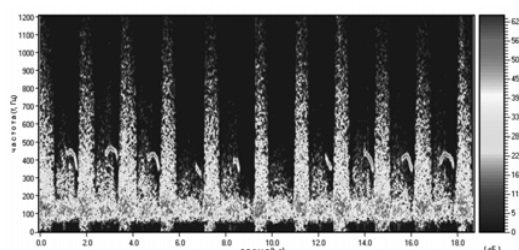


Рис.7. Фоноспирограмма звуков дыхания 6-летнего больного двухсторонней неспецифической нижнедолевой пневмонией в фазе рассасывания в точке 2П

Таблица 4. Сравнение зарегистрированных электронным комплексом характеристик звуков дыхания с результатами прослушивания врачом с помощью стетофонендоскопа при различных заболеваниях

| Больные бронхиальной астмой | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|
| Жесткое дыхание | | | Сухие хрипы | | | Влажные хрипы | | |
| Регистрация врачом (в %) | Регистрация комплексом (в %) | Совпадение результатов врача и комплекса (в %) | Регистрация врачом (в %) | Регистрация комплексом (в %) | Совпадение результатов врача и комплекса (в %) | Регистрация врачом (в %) | Регистрация комплексом (в %) | Совпадение результатов врача и комплекса (в %) |
| 80 | 20 | 40 | 40 | 46 | 30 | 26 | 6 | 25 |
| Больные бронхитом | | | | | | | | |
| Жесткое дыхание | | | Сухие хрипы | | | Влажные хрипы | | |
| Регистрация врачом (в %) | Регистрация комплексом (в %) | Совпадение результатов врача и комплекса (в %) | Регистрация врачом (в %) | Регистрация комплексом (в %) | Совпадение результатов врача и комплекса (в %) | Регистрация врачом (в %) | Регистрация комплексом (в %) | Совпадение результатов врача и комплекса (в %) |
| 76 | 17 | 29 | 41 | 29 | 30 | 23 | 12 | 25 |

| Больные пневмонией | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|
| Жесткое дыхание | | | Сухие хрипы | | | Влажные хрипы | | |
| Регистрация врачом (в %) | Регистрация комплексом (в %) | Совпадение результатов врача и комплекса (в %) | Регистрация врачом (в %) | Регистрация комплексом (в %) | Совпадение результатов врача и комплекса (в %) | Регистрация врачом (в %) | Регистрация комплексом (в %) | Совпадение результатов врача и комплекса (в %) |
| 82 | 27 | 45 | 9 | 36 | 0 | 18 | 36 | 25 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С помощью комплекса удастся уверенно регистрировать и классифицировать особенности дыхательных шумов детей, в том числе:

- надежно выявить различия в длительности дыхательного цикла, продолжительности вдоха, выдоха и паузы, а также в величине частотного диапазона звуков дыхания больных и здоровых детей, как на вдохе, так и на выдохе;
- фиксировать жесткое, учащенное и ослабленное дыхание у детей;
- четко регистрировать и классифицировать сухие и влажные хрипы.

Обобщая сравнительный анализ результатов, полученных с помощью комплекса и полученных врачом, использующим классический стетофонендоскоп, можно сказать, что примерно в 51% случаев из 100% (данные электронного комплекса) результаты совпадали, а в 49% случаев врач либо «не слышит» особенностей шумов, либо ошибается в их классификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренкова А.А. Акустические характеристики звуков дыхания у больных пневмокозиозом // Акуст. вісн. – 2008. – 11, №1. – С. 51 -59.
2. Комплекс фоноспирографический компьютерный “КоРА 03М1”. Технические условия.– ТУ У33.1 05417354 001:2006.
3. Свідоцтво про державну реєстрацію “Комплекс фоноспірографічний комп’ютерний КоРА 03М1”.– N 5528/2006 р.м
4. Вовк И.В., Гринченко В.Т., Дахнов С.Л. Влияние физиологических особенностей дыхательных путей на характеристики шумов дыхания // Акуст. вісн. – 1998. – 1, №3. – С. 14 - 23.
5. Вовк И.В., Дахнов С.Л., Крижановский В.В., Олийнык В.Н. Возможности и перспективы диагностики легочных патологий с помощью компьютерной регистрации и обработки шумов дыхания // Акуст. вісн. – 1998. – 1, №2. – С. 21 - 33.
6. Вовк И.В., Гринченко В.Т., Красный Л.Г., Макаренко А.П. Проблемы регистрации и классификации шумов дыхания человека // Акустический журнал – 1994. – 40, №1. – С. 50 - 56.