

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РАЗНЫХ ТИПОВ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ

А.В. Присакарь
Томский политехнический университет
nastyaprisakar@mail.ru

Введение

Бронхиальная астма (БА) – хроническое воспалительное заболевание дыхательных путей, проявляющееся приступами одышки, которые зачастую сопровождаются кашлем и могут перерасти в приступы удушья [1]. Данное заболевание достаточно **широко** распространено и трудно диагностируемо. Вопросам исследования особенностей у больных бронхиальной астмой посвящены работы многих ученых, однако нерешенными остались проблемы, связанные с учетом случайности процессов дыхания у больных с различными типами бронхиальной астмы.

В настоящее время существует несколько классификаций бронхиальной астмы в зависимости от их определяющих принципов. Рассмотрим классификацию, согласно которой выделено 4 типа бронхиальной астмы [2]:

- психогенно-индуцированная БА;
- непсихогенная БА;
- сомато-психогенная БА;
- психогенная одышка.

Бронхиальная астма проявляется на движениях воздушного потока, а скорость движения воздушного потока регистрируется на пневмотахограммах, которые были исследованы в данной работе [3].

Предлагаемое решение

При проведении анализа пневмотахограмм пациентов разных групп был сделан вывод, что, исходя только из графиков пневмотахограмм, сложно выявить какие-то особенности, и тем более определить, какой тип бронхиальной астмы. Поэтому было выдвинуто предположение о том, что между характеристиками пневмотахограммы и типами астмы имеется связь, и есть возможность предложить наиболее эффективный способ определения типа бронхиальной астмы.

Инновационность решения

Анализ временных рядов пневмотахограмм осуществлен современными методами нелинейной динамики. Они позволяют оценить фундаментальные свойства физиологических процессов и **дают** возможность прогнозировать динамику **патологического** процесса [4].

Для дыхания человека свойственна определенная мера хаоса, поэтому процесс дыхания может быть рассмотрен с помощью нелинейно-динамических методов.

В данной работе были рассмотрены такие характеристики как фрактальная размерность, автокорреляционная функция и спектральная плотность.

Фрактальная размерность – количественная характеристика множества точек в n -мерном пространстве, показывающая, насколько плотно точки заполняют подпространство, когда их число становится большим. Вычисляется по формуле 1

$$d = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\log N(\varepsilon)}{\log(1/\varepsilon)}, \quad (1)$$

где $N(\varepsilon)$ – минимальное число кубов, покрывающих наше множество ($N(\varepsilon) < N_0$), а ε – ребро куба [4].

Архитектура системы и детали реализации

В данной работе были использованы прикладная программа MATLAB и специализированный пакет LORENC, разработанный на кафедре Прикладной математики.

Программа LORENC позволяет определять такие характеристики как размерность пространственной фазовой траектории, размерность фазового пространства, в которое вложена данная траектория, ее автокорреляционную функцию и спектральные характеристики.

Стоит отметить, что LORENC позволяет исследовать любой временной ряд, но только определенного формата, поэтому потребовалось использовать функцию, которая конвертирует данные в формат DAT. Реализация данной функции выполнена в пакете MATLAB.

Проведение исследований

Размер временного ряда исходных данных составляет более 60000 значений. Однако программа LORENC имеет ограничения на длину входных данных до 10000, поэтому для исследования были выбраны начальный, средний и конечный интервалы длиной 10000 с целью исследования изменения характера дыхания во время сна.

Зависимость фрактальной размерности от типа болезни

На примере здорового пациента мы исследовали зависимость фрактальной размерности от входных параметров и в результате выбрали значения для последующих исследований.

При полученных параметрах была рассчитана фрактальная размерность для одного пациента из

каждой группы на трех интервалах сна, что представлено на рисунке 1.

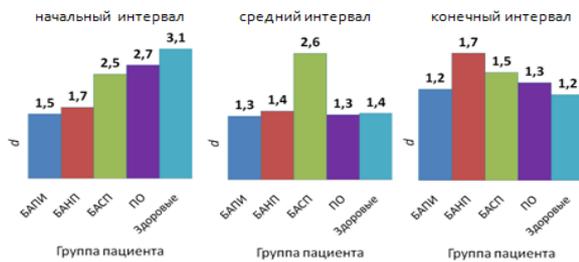


Рис.1. Зависимость фрактальной размерности от типа болезни

Из рисунка видно, что данные неоднородны в особенности на первой стадии сна. Было выдвинуто предположение о том, что первый интервал является наиболее подходящим для исследования данного показателя. И чтобы в этом убедиться, был проведен расчет фрактальной размерности для имеющихся пациентов при тех же параметрах.

Средние фрактальные размерности среди различных групп пациентов

Таким образом, получены средние значения фрактальных размерностей среди различных групп пациентов (рис.2.).



Рис.2. Средние фрактальные размерности среди различных групп пациентов

Как и предполагалось, наибольшие различия фрактальной размерности между группами проявляются на первой стадии.

Групповые оценки для первой стадии сна

Далее были проведены групповые оценки для первой стадии сна.

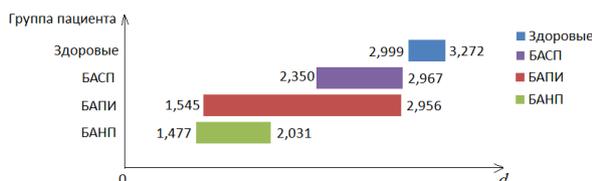


Рис.3. Групповая оценка фрактальной размерности для всех групп

Из рисунка 3 видно, что фрактальная размерность больных БА заметно отличается от здоровых. Можно заметить, что фрактальная размерность БАПИ имеет широкий диапазон значений, поэтому пересекается с БАМП и БАСП, а они в свою очередь имеют разные диапазоны и не пересекаются между собой. Таким образом, при получении значения в диапазоне БАПИ невозможно однозначно определить тип болезни, однако можно поставить два наиболее вероятных диагноза или поставить под вопрос существование такого типа БА как отдельного вида.

Перспективность и жизнеспособность решения

На основании полученных результатов сделаны следующие выводы. На начальной стадии сна полученные показатели являются наиболее неоднородными, что позволяет отследить групповые оценки в большей степени. Полученные значения фрактальной размерности для каждой группы пациентов образуют различные диапазоны, принадлежность к которым определяет состояние здоровья. То есть, эксперимент показал, что можно связать такой показатель как фрактальная размерность с различными типами бронхиальной астмы.

Поскольку программа LORENC имеет функциональные ограничения, планируется создать инструмент анализа временных рядов современными программными средствами с расширенными возможностями, а именно, используя пакет MATLAB. В перспективе *исследование большего количества медицинских данных*, формализация полученных оценок, а также получение решающих правил для автоматической постановки диагноза на основе полученных характеристик.

Список литературы

1. Что такое бронхиальная астма? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://medportal.ru/enc/pulmonology/astma/>, свободный.
2. Бурцева А.Л. Статистический анализ медико-биологических показателей у больных с различными формами бронхиальной астмы // Материалы VI Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/482/2361>.
3. Исследование отношения «поток-объем» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://online.adviser.kg/Document/?doc_id=3047945, свободный.
4. Мун Ф. Хаотические колебания: Вводный курс для научных работников и инженеров: Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 312 с., ил.