

# СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В АНАЛИЗЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ И МЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ

Бурцева А.Л.

*Томский политехнический университет, Томск, Россия (634050, Томск, пр. Ленина, 30), e-mail: anechkabv@mail.ru*

В настоящее время наибольшую известность приобретает способ оценки состояния различных биосистем на основе интегральных критериев с помощью алгоритмического и программного обеспечения. Для того чтоб оценить достоверно состояние биосистемы нужно определить признаки, которые характеризуют ее и найти оценки этой системы, которые определяются с помощью интегрального критерия. Методы многомерного анализа данных – это один из наиболее эффективных количественных инструментов для изучения процессов, описываемых большим числом характеристик. В работе рассмотрены некоторые методы статистического анализа многомерных данных в медицине: критерий Вилкоксона и критерий Крускала-Уоллиса. Для применения статистических критериев были рассмотрены различные программные продукты. Из огромного множества пакетов электронной обработки данных, в частности пакетов SAS, STATISTICA, Stadia, Statgraphics, SPSS для решения поставленной задачи был выбран пакет STATISTICA 6.0.

**Ключевые слова:** бронхиальная астма (БА), структура медицинских данных, структурные методы анализа данных, интегральная оценка состояния биосистем, методы Вилкоксона и Крускала-Уоллиса.

## STATISTICAL METHODS IN THE ANALYSIS OF THE INDICATORS OF VENTILATION AND RESPIRATORY MECHANICS IN VARIOUS FORMS OF ASTHMA

Burtseva A. L.

*Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30), e-mail: anechkabv@mail.ru*

Methods of assessment of different biological systems based on integral criterion using algorithmic and software support becomes the best-known at the present time. We need to identify the features that characterize it. This is necessary in order to evaluate fairly the state of biosystem. Then find the evaluation of this system, which are determined by the integral criterion. Methods of multivariate analysis is one of the most effective tool for studying the processes which are described by a variety of characteristics. In this work considered some methods of statistical analysis of multivariate data in medicine: Wilcoxon matched pair test and Kruskal-Wallis H-test. For the application of statistical tests were considered a variety of software products. Of the myriad of electronic data processing packages, including packages SAS, STATISTICA, Stadia, Statgraphics, SPSS solutions to this problem has been selected package STATISTICA 6.0.

**Key words:** bronchial asthma, medical data structure, structural methods of analysis data, integral estimation of biosystems state, Wilcoxon matched pair test and Kruskal-Wallis H-test.

### Введение

Состояние здоровья населения всей нашей планеты является одной из наиболее значимых ценностей. Если несколько лет назад главная роль в решении проблем связанных с БА принадлежала медицине, то в современном обществе очевиден тот факт, что одна лишь только медицина бессильна в решении данной проблемы. В данном вопросе требуется комплексный подход. Актуальность этой проблемы растет вместе с числом больных БА. Интерес не ослабевает, потому что распространенность БА имеет тенденцию к увеличению и контроля астмы до сих пор не достигнуто [3].

Нельзя недооценивать значение статистического анализа данных в этом вопросе. Так как она позволяет повысить эффективность медицинской помощи и создать более комфортные условия для пациентов. Применение новейших технологий и статистических пакетов позволяют раньше и точнее проводить диагностику заболевания, подбирать более рациональную терапию, а также тщательно наблюдать за результатами лечения [2, 3].

### **Постановка задачи**

Объект исследования: больные с различными формами БА и группа больных с психогенной одышкой, у которых измерены различные физиологические показатели. Каждый объект описывается в виде вектора порядка  $n$ . Каждый элемент такого объекта – некоторая числовая характеристика. Так как, число данных велико и их анализ не представляется возможным без использования математического аппарата, то необходимо прибегнуть к статистическим методам.

Предмет исследования: изучение физиологических особенностей у больных с различными формами БА.

Целью данной работы является изучение роли аудиовизуальной стимуляции (АВС) в развитии, течении и контроле БА и астмаподобных симптомов у лиц с невротическими тревожными расстройствами на основе современной парадигмы БА.

Имеются данные о больных БА, у которых измерены различные показатели до и после процедуры АВС путем синхронной регистрации спирограммы, пневмотахограммы и кривой транспульмонального давления. Изучались традиционные показатели вентиляции легких и параметры механики дыхания.

Возраст испытуемых от 15 до 56 лет. Каждый пациент испытал психофизиологическое воздействие (АВС).

Для хранения экспериментальных данных медицинскими работниками была создана база данных, которая содержит информацию о пациентах (фамилия, возраст, рост, вес, пол, диагноз) и результаты проведенных исследований до и после курса АВС;

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо оценить различие экспериментальных данных полученных в двух разных условиях на одной и той же выборке больных различными формами БА, а также выявить различия в уровне какого-либо признака для трех и более выборок. С помощью данных оценок становится возможным выявить направленность изменений и установить насколько сдвиг показателей в каком-то одном направлении является более интенсивным, чем в другом. Это необходимо для исследования физиологических особенностей в каждой группе, оценки классификации и выбора правильной терапии [6, 7, 8].

### **Характеристика экспериментальных данных**

Исходной информацией являются сведения о пациентах с четырьмя типами БА.

Первая группа (основная) – БАПИ, исходно условно названная как БА психогенно индуцированная. В состав этой группы вошли пациенты, у которых первый приступ удушья развился после перенесенного эмоционального стресса или психотравмирующего жизненного события. Последующее резкое ухудшение течения болезни было связано с какими-либо психологическими проблемами, имеющими негативный характер.

Вторая группа – БАНП – это группа больных с БА, исходно условно названной непсихогенной. В эту группу вошли лица с БА, главным образом, атопической формой заболевания, у которых в начале болезни наблюдались различные проявления атопии (риниты и конъюнктивиты). К обострению болезни, в свою очередь, приводили аллергия, различные вирусные инфекции, а также физические факторы (холод, перепады температуры). Влияния психологических факторов не наблюдалось.

Третья группа (дополнительная) – БАСП, исходно условно обозначенная как БА соматопсихогенная. У пациентов данной группы «обычное» течение «обычной» болезни было нарушено жизненным стрессом, после которого психо-эмоциональные триггеры (внешние раздражители) вызывали тяжелые приступы удушья, а также обострение болезни.

Четвертую группу, исходно условно отмеченную как «психогенная одышка» (ПО), образовали пациенты, направляемые к пульмонологу для исключения астмы, с жалобами на приступы удушья и одышку, связанные с психотравмирующими жизненными событиями, у которых многочисленными обследованиями была исключена бронхиальная обструкция.

Нам нужно исследовать физиологические изменения в ответ на психофизиологическое воздействие (АВС). Под АВС понимается метод, при котором изменение функционального состояния центральной нервной системы достигается за счет воздействия периодическими импульсами света на зрительный анализатор и на слуховой анализатор [6, 7].

### **Т-критерий Вилкоксона**

Критерий позволяет провести сравнение двух зависимых выборок по непараметрическому критерию Вилкоксона и определить достоверности различий.

Зависимые выборки – это выборки, представляющие собой параметры одной и той же совокупности до и после воздействия некоторого фактора (воздействия). Исходя из этого можно сделать вывод, что зависимые выборки всегда должны содержать одинаковое количество наблюдений. Рекомендуемая численность каждой выборки от 12 до 40. Критерий позволяет установить не только направленность изменений, но и их выраженность. С его помощью мы определяем, является ли сдвиг показателей в каком-то одном направлении более интенсивным, чем в другом.

Суть: сопоставить выраженность сдвигов в тех и иных направлениях по абсолютной

величине. Сначала необходимо провести ранжирование всех абсолютных величин сдвигов, а потом суммировать ранги. В свою очередь, если сдвиги в положительную и в отрицательную сторону происходит случайным образом, то суммы рангов абсолютных значений их будут примерно равны. Однако, если же интенсивность сдвига в одном из направлений перевешивает, то сумма рангов абсолютных значений сдвигов в противоположную сторону будет значительно ниже, чем это могло бы быть при случайных изменениях. Изначально принимаем, что типичным сдвигом будет сдвиг в более часто встречающемся направлении, а нетипичным (редким) сдвигом – сдвиг в более редко встречающемся направлении [1, 4, 5].

### **Н-критерий Крускала-Уоллиса**

Критерий предназначен для оценки различий одновременно между тремя, четырьмя и так далее выборками по уровню какого-либо признака. Он позволяет установить, что уровень признака изменяется при переходе от группы к группе, но не указывает на направление этих изменений.

Гипотезы для критерия Крускала-Уоллиса формулируются следующим образом:

H<sub>0</sub>: Между выборками 1, 2, 3 и так далее существуют лишь случайные различия по уровню исследуемого признака.

H<sub>1</sub>: Между выборками 1, 2, 3 и так далее существуют неслучайные различия по уровню исследуемого признака.

Данный критерий является продолжением критерия U-Манна-Уитни для трех и более одновременно сопоставляемых выборок. Все индивидуальные значения ранжируются так, как если бы это была одна большая выборка. Затем все индивидуальные значения возвращаются в свои первоначальные выборки, и подсчитываются суммы полученных ими рангов отдельно по каждой выборке. Если различия между выборками случайны, суммы рангов не будут различаться сколько-нибудь существенно, так как высокие и низкие ранги равномерно распределятся между выборками. Но если в одной из выборок будут преобладать низкие значения рангов, в другой – высокие, а в третьей – средние, то критерий Н позволит установить эти различия [1, 4].

### **Визуализация и процесс компьютерного моделирования**

Для решения поставленных задач необходимо прибегнуть к компьютерной обработке данных, которая представляет собой некоторое математическое преобразование данных, которое осуществляется с помощью определенных программных средств. Для решения поставленных задач необходимо иметь представление не только о математических и статистических методах обработки данных, но и некоторые навыки работы в соответствующих программных средствах [6].

Компьютерных программ анализа данных очень много. На современном рынке пред-

ставлены продукты как отечественных, так и зарубежных фирм. Из зарубежных пакетов наибольшую популярность приобрели: STATGRAPHICS, STATISTICA, SPSS и SAS. Из отечественных: STADIA и ЭВРИСТА. STADIA и STATISTICA, являются наиболее универсальными пакетами, потому что содержат большинство стандартных статистических методов. Они проще остальных пакетов в обращении и содержат наибольшее количество методов статистического анализа [5].

В данной работе была использована программа STATISTICA, возможности которой соответствуют требованиям поставленной задачи и являются ориентированными на медицину. STATISTICA – это интегрированная система статистического анализа и обработки данных. Среди пользователей данного продукта можно отметить крупнейшие университеты различных, многообразные исследовательские центры, различные компании и государственные учреждения. Это прежде всего эффективный инструмент для научных исследований и наиболее удобная среда для обучения методам статистического анализа данных [5].

### Результаты применения Т-критерия Вилкоксона

У нас имеются данные обследования, полученные в двух замерах, но на одной и той же группе больных БА до (1) и после (2) процедуры АВС. Определим значимость различий внутригрупповых изменений. Будем производить сравнение показателей до и после АВС в каждой группе: БАПИ, БАСП, БАНП, ПО, используя исходные данные для каждого измерения.

Для проведения анализа различий до и после воздействия АВС по количественным показателям, распределение которых отличалось от нормального, применяли парный тест Вилкоксона (T, Z). Нулевую гипотезу отклоняли при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ . Если полученный в результате эксперимента сдвиг показателей статистически значим при уровне статистической значимости  $p < 0,05$ , то АВС имеет существенное воздействие на изменение показателей.

По каждому показателю до и после воздействия АВС были выявлены статистически значимые различия. Значения критерия до и после АВС в каждой группе больных (БАПИ, БАСП, БАНП) и группе ПО представлены в таблице 1 для отдельной группы измерений (показателей).

Таблица 1. Сравнение внутригрупповых изменений

Код группы	T – критерий (МОД1 и МОД2)	T – критерий (ЖЕЛ1 и ЖЕЛ2)	T – критерий (ФЖЕЛ1 и ФЖЕЛ2)	T – критерий (ОФВ1_1 и ОФВ1_2)
ВАРІ	TЭмп= 45 находится в зоне значимости.	TЭмп = 25 находится в зоне значимости.	TЭмп = 8 находится в зоне значимости.	TЭмп = 8 находится в зоне значимости.

BASP	ТЭмп = 50 находится в зоне незначимости.	ТЭмп = 22 находится в зоне значимости.	ТЭмп = 29 находится в зоне значимости.	ТЭмп = 20 находится в зоне значимости.
BANP	ТЭмп = 113.5 находится в зоне неопределенности.	ТЭмп = 245 находится в зоне незначимости.	ТЭмп = 157.5 находится в зоне незначимости.	ТЭмп = 96.5 находится в зоне значимости.
PD	ТЭмп = 6.5 находится в зоне значимости.	ТЭмп = 5 находится в зоне значимости.	ТЭмп = 30 находится в зоне незначимости.	ТЭмп = 27.5 находится в зоне незначимости.

В итоге расчета критерия для всех измерений (показателей) четырех групп имеем: в группе BAP1 в зоне значимости находятся показатели: МОД1/МОД2, ЖЕЛ1/ЖЕЛ2, ФЖЕЛ1/ФЖЕЛ2, ОФВ1\_1/ОФВ1\_2, МВЛ1/МВЛ2, ПОС1/ПОС2, МОС25\_1/МОС25\_2, МОС50\_1/МОС50\_2, МОС75\_1/МОС75\_2, Рвд1/Рвд2, WМОД10\_1/WМОД10\_2; BASP: ЖЕЛ1/ЖЕЛ2, ФЖЕЛ1/ФЖЕЛ2, ОФВ1\_1/ОФВ1\_2, Рвд1/Рвд2, Рвд1/Рвд2, WМОД10\_1/WМОД10\_2; BANP: ОФВ1\_1/ОФВ1\_2, Wобщ1/Wобщ2, WМВЛуд1/WМВЛуд2; PD: МОД1/МОД2, ЖЕЛ1/ЖЕЛ2.

Расшифровка сокращений:

МОД – минутный объем дыхания

ЖЕЛ – жизненная емкость легких

ФЖЕЛ – форсированная ЖЕЛ

ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1 секунду

МВЛ – максимальная вентиляция легких

ПОС – пиковая объемная скорость выдоха

МОС25 – максимальная объемная скорость выдоха на уровне 25% ФЖЕЛ

МОС50 – максимальная объемная скорость выдоха на уровне 50% ФЖЕЛ

МОС75 – максимальная объемная скорость выдоха на уровне 75% ФЖЕЛ

Рвд – бронхиальное сопротивление на вдохе

Рвд1 – бронхиальное сопротивление на выдохе

Wобщ – общая работа дыхания

W МОД10 – общая работа дыхания при МОД10

W МВЛуд – общая работа дыхания при МВЛ

## Результаты применения Н-критерия Крускала-Уоллиса

В программе Statistica 8.0. при обработке данных требуется отметить группирующий признак и анализируемые признаки. Группирующий признак – это качественный признак, по которому ищутся различия. Анализируемые – количественные признаки.

В таблицах 2-3 представлено сравнение межгрупповых изменений между всеми четырьмя группами.

Таблица 2. Сравнение межгрупповых изменений

H ( 3, N= 83) p =,5727			
Индекс И-МОД	Уникальный код группы (число)	Число значений в группе	Сумма рангов
БАПИ	102	24	975,000
БАСП	103	18	842,000
БАНП	104	29	1254,000
ПО	105	12	415,000

Таблица 3. Сравнение межгрупповых изменений

H ( 3, N= 83) p =,0054			
Индекс И-ЖЕЛ	Уникальный код группы (число)	Число значений в группе	Сумма рангов
БАПИ	102	24	1245,000
БАСП	103	18	739,000
БАНП	104	29	882,000
ПО	105	12	620,000

Расчеты критерия Крускала-Уоллиса, были произведены с применением опции Статистика – Непараметрические методы – Независимые выборки в пакете Statistica 8.0. Анализируя суммы рангов, можно говорить о влиянии уровня фактора на влияние ABC. Из результатов, видно что лучшее влияние ABC обеспечивается в группе, где сумма рангов больше, а худшее, где сумма рангов меньше. В статистике Крускала-Уоллиса вычисляется сумма квадратов разностей средних рангов в группе и среднего ранга по всей выборке. Тогда, если верна гипотеза H<sub>0</sub> и влияние фактора незначимо, то значение статистики мало. Если заданный нами уровень значимости много больше значения 0.05, то нулевую гипотезу следует отвергнуть в пользу альтернативной гипотезы H<sub>1</sub> – влияние фактора существенное.

Таким образом, самым важным в этих таблицах является уровень значимости p. Он указывает на то, что разность между средними значениями каждой переменной (физиологический показатель) для совокупности каждой из групп статистически достоверна. p – статистическая значимость, вероятность того, что наблюдаемые различия случайны. В таблицах с результатами необходимо отыскать величину ошибки p для нулевой гипотезы о том, что

между выборками существуют неслучайные различия по уровню исследуемого признака. Если  $p > 0,05$  то следует вывод об отсутствии различий между сравниваемыми группами.

Данный вид психофизиологического воздействия хорош тем, что позволяет избегать побочных реакций, так как является немедикаментозным. АВС осуществляет влияние на человеческий организм посредством зрительного и слухового анализатора с помощью воздействия на нейрогуморальную регуляцию пациента.

В итоге видим, что у больных с психогенно индуцированной БА наблюдаются некоторые увеличения большей части показателей вентиляции легких, но при этом уменьшаются значения эластической фракции. У пациентов с непсихогенной формой астмы наблюдается тенденция к увеличению объема форсированного выдоха за 1 секунду. Ни в одной из этих групп значительных изменений показателей не наблюдалось, уменьшились бронхиальное сопротивление на вдохе и выдохе.

### Список литературы

1. Берестнева, О.Г. Компьютерный анализ данных: учеб. пособие / О.Г. Берестнева, Е.А. Муратова, А.М. Уразаев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 204 с.

2. Карвасарский, Б.Д. Психотерапевтическая энциклопедия. – СПб.: «Питер Ком», 1998. – 752 с.

3. Коваленко, Н.А. Эмоциональный и телесный опыт ребенка с бронхиальной астмой: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. психол. наук. М., 1998. – 227 с.

4. Сидоренко, Е.В. Методы математической обработки в психологии. /Е.В.Сидоренко. – СПб.: Социально-психологический центр, 2006. – 352 с.

5. Шаропин К.А., Берестнева О.Г., Шкатова Г.И. Визуализация результатов экспериментальных исследований // Известия Томского политехнического университета, 2010 – т.316, - №5. – С. 172 – 176.

6. Берестнева О. Г. , Осадчая И. А. , Немеров Е. В. Методы исследования структуры медицинских данных [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. – 2012 – №. 1 (2). – С. 333-338. – Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/245/250>

7. Бурцева, А.Л. Анализ особенностей у больных с различными формами бронхиальной астмы на основе структурных методов анализа данных [Электронный ресурс] / А.Л. Бурцева. – Электронные текстовые данные (1 файл : 124 Кб) // V Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум 2013» [Электронный ресурс]:. – Свободный доступ из сети Интернет. – Adobe Reader. – URL: <http://www.scienceforum.ru/2013/pdf/6949.pdf>

8. Бурцева, А.Л. Исследование психологических и физиологических особенностей у больных с различными формами бронхиальной астмы на основе структурных методов анализа данных [Электронный ресурс] / А.Л. Бурцева, И.А. Осадчая. – Электронные текстовые данные (1 файл : 383 Кб) // Технологии Microsoft в теории и практике программирования [Электронный ресурс] : сборник трудов X Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (Томск, 19-20 марта 2013 г.) / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – Свободный доступ из сети Интернет. – Adobe Reader. – URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2013/C28/028.pdf>

Сведения о рецензентах: Берестнева О.Г., доктор технических наук, профессор, Томский политехнический университет.