

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК: 519.23

Мудров В.А.

АЛГОРИТМЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ В БИМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ПРОГРАММ SPSS

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 672000, г. Чита, ул. Горького, 39-а.

Цель исследования. Предметом исследования явился статистический анализ количественных признаков. Темой исследования явился статистический анализ количественных признаков в биомедицинских исследованиях. Целью работы явилось описание подробных алгоритмов статистического анализа количественных признаков в биомедицинских исследованиях с помощью пакета программ SPSS.

Материалы и методы. Проведен научный обзор методов статистического анализа количественных признаков в биомедицинских исследованиях. Практические основы статистической обработки количественных результатов исследования рассмотрены на примере пакета программ «IBM SPSS Statistics Version 25.0» (International Business Machines Corporation, США).

Результаты. Определены оптимальные алгоритмы статистического анализа количественных признаков в биомедицинских исследованиях. Подробно описан принцип интеграции результатов исследования при описании статистических методов с помощью пакета программ SPSS.

Заключение. Использование описанных алгоритмов статистического анализа количественных признаков позволит повысить уровень представления результатов биомедицинских исследований.

Ключевые слова. Статистический анализ, алгоритм, количественные признаки, результат исследования, биомедицинские исследования.

Mudrov V.A.

STATISTICAL ANALYSIS ALGORITHMS OF QUANTITATIVE FEATURES IN BIOMEDICAL RESEARCH USING THE SPSS SOFTWARE PACKAGE

Chita State Medical Academy, 39a, Gorky street, Chita, Russia, 672000

The aim of the research. The subject of research was a statistical analysis of quantitative signs. The topic of the research was a statistical analysis of quantitative features in biomedical research. The aim of the study was to describe a detailed statistical analysis algorithms of quantitative features in biomedical research using the SPSS software package.

Materials and methods. A scientific review of a statistical analysis methods of quantitative features in biomedical research is carried out. The practical foundations of a statistical processing of quantitative research results are examined using the IBM SPSS Statistics (Version 25.0) software package (International Business Machines Corporation, USA) as an example.

Results. The optimal algorithms for statistical analysis of quantitative features in biomedical research is determined. The principle of research results integration in the description of statistical methods using the IBM SPSS Statistics (Version 25.0) software package is described in detail.

Conclusion. The use of the described algorithms for statistical analysis of quantitative features will increase a presentation's level of biomedical research results.

Keywords. Statistical analysis, algorithm, quantitative features, research's result, biomedical research.

В настоящее время не подлежит сомнению тот факт, что статистический анализ результатов биомедицинских исследований является сложной, требующей значительного времени и сил задачей. Между тем, большинство авторов ввиду отсутствия опыта используют при описании исследований только элементарные статистические методы, не позволяющие в полной мере раскрыть перспективность их исследования. Отсутствие стандартизованного алгоритма статистического анализа результатов биомедицинских исследований порождает большое число ошибок, которые носят характер заблуждений. Удивляет тот факт, что в статьях современных биомедицинских журналов имеются ошибки в базовой статистике, что

зачастую связано с отсутствием подробных инструкций для авторов к описанию методов статистического анализа [1]. Безусловно, при отсутствии навыка и опыта проведения статистической обработки результатов исследования авторам следует обращаться за помощью к профессионалам [2]. Однако в эпоху рыночных отношений услуги профессионального статистика требуют значительных материальных вложений, что в совокупности с существующим экономическим кризисом приводит к отсутствию таковой возможности. Поэтому создание подробных алгоритмов статистического анализа, представленных в доступном для читателя виде, является актуальным методом предупреждения научных заблуждений, что в перспективе позволит повысить уровень представления результатов биомедицинских исследований [3].

В данной статье основное внимание будет уделяться правилам выбора наиболее подходящего способа обработки количественных признаков в биомедицинских исследованиях, а также алгоритмам применения основных статистических процедур с помощью пакета программ SPSS. Количественными являются признаки, количественная мера которых четко определена, они подразделяются на непрерывные и дискретные. К непрерывным относятся признаки, которые могут принимать любое значение на непрерывной шкале (масса плода, объем послеродовой кровопотери, биохимические показатели и т.д.). К дискретным относятся признаки, которые могут выражаться только целыми числами (количество родов и абортов в анамнезе, частота мочеиспускания, количество половых партнеров, число рецидивов заболевания и т.д.) [4].

Целью работы явилось описание подробных алгоритмов статистического анализа количественных признаков в биомедицинских исследованиях с помощью пакета программ SPSS.

Материалы и методы. Научный обзор методов статистического анализа количественных признаков в биомедицинских исследованиях проведен на основании анализа современных зарубежных и отечественных источников литературы. В качестве основополагающих рассмотрены общеизвестные источники, имеющие наибольший авторитет и широкое распространение. Практические основы статистической обработки количественных результатов исследования рассмотрены на примере пакета программ «IBM SPSS Statistics Version 25.0» (International Business Machines Corporation, США).

Результаты и их обсуждение. При проведении исследования следует руководствоваться принципами Международного комитета редакторов медицинских журналов (ICMJE):

1. Описание статистических методов следует проводить максимально подробно, что позволит компетентному читателю оценить значимость представленного результата.
2. Результаты исследования также должны быть представлены максимально подробно, что позволит включить их во вторичный анализ [5].

При описании в статье использованных статистических методов не следует ограничиваться проверкой лишь одной гипотезы, приводить только уровень значимости P . Между тем, необходимо приводить ссылки на использованные литературные источники, определения статистических терминов, сокращений и большинства символов, а также указывать использованное современное программное обеспечение. Уровень значимости P не дает информации о размере наблюдаемого эффекта, не достаточен для выполнения вторичного анализа. Перед проведением статистического анализа следует указать любые формальные процедуры, использованные для преобразования исходных данных (преобразование непрерывных данных в категориальные, объединение категорий и т.д.) [1].

Согласно рекомендациям САМПЛ при проведении первичного анализа следует указать:

1. Цель проведения анализа;
2. Описательную статистику для каждого анализируемого признака;
3. Наименьшие различия, являющиеся клинически значимыми;
4. Основные статистические методы, используемые для достижения основных целей исследования;
5. Статистические методы, используемые для описания каждого конкретного анализа;

6. Условия применимости использованного метода (теста);
7. Поправки при проведении множественных сравнений (при наличии);
8. Метод обработки выбросов (при наличии);
9. Обоснование использования одностороннего или двустороннего теста;
10. Пороговую величину α -ошибки (уровня значимости P), определяющую статистическую значимость;
11. Полное наименование использованной статистической программы [1].

Представление описательной статистики количественного признака проводится в соответствии со следующим кратким алгоритмом [1, 4, 5]:

1. Необходимо оценить нормальность распределения количественного признака для больших выборок (число исследуемых превышает 50) с помощью критерия Колмогорова-Смирнова, для малых выборок (число исследуемых менее 50) с помощью критерия Шапиро-Уилка.
2. Описательную статистику нормально распределенных данных следует представить в виде среднего значения (M) и стандартного отклонения (σ). Следует использовать формат: M (σ), а не $M \pm \sigma$.
3. Описательную статистику данных, распределение которых не соответствует нормальному, следует представить в виде медианы и интерквартильного интервала или размаха: Me (25%; 75%).
4. Для указания вариабельности данных не следует использовать стандартную ошибку среднего (m).

Описательный статистический анализ количественного признака в программе IBM SPSS Statistics Version 25.0 проводится следующим образом [1, 4, 5, 6]:

1. После внесения количественных признаков в исходную форму исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Описательные статистики», подраздел «Разведочный анализ». В открывшемся диалоговом окне из списка переменных, расположенных слева, необходимо выбрать переменные, для которых проводится проверка распределения (их необходимо перенести в окно «Список зависимых переменных»). Кнопка «Статистика» позволяет открыть диалоговое окно, в котором можно изменить установленный по умолчанию 95% доверительный интервал для среднего значения (M) и выброс. Кнопка «Графики» позволяет оценить распределение графически, в новом диалоговом окне можно выбрать необходимый тип графика, а также следует выбрать категорию «Графики и критерии для проверки нормальности». В результате исследователь получает данные, представленные в виде и табличных, и графических данных.
2. Для оценки нормальности распределения следует сравнить значения среднего арифметического и медианы, а также оценить значения эксцесса и асимметрии. Для нормального (симметричного) распределения характерно совпадение значений среднего арифметического и медианы, значения эксцесса и асимметрии при этом будут равны нулю.
5. При определении нормальности распределения количественного признака для больших выборок (число исследуемых более 50) оценивают критерий Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса, для малых выборок (число исследуемых менее 50) – критерий Шапиро-Уилка. Если значимость при проверке нулевой гипотезы для выбранного критерия меньше критического уровня значимости ($p < 0,05$), то распределение считается отличным от нормального. Если значимость для выбранного критерия больше критического уровня значимости ($p > 0,05$), то распределение не отличается от нормального.
6. Графическое отображение нормальности распределения количественного признака обладает высокой наглядностью, однако, автоматическое создание программной шкалы не может сравниться с точностью оценки уровня значимости.
7. Описательную статистику нормально распределенных данных следует представить в виде среднего значения (M) и стандартного отклонения (σ). Следует использовать формат: M (σ), а не $M \pm \sigma$.

8. Описательную статистику данных, распределение которых не соответствует нормальному, следует представить в виде медианы и интерквартильного интервала или размаха: Me (25%; 75%).

Сравнение двух независимых исследуемых групп по количественному признаку, распределение которого в обеих группах не отличается от нормального, проводится в соответствии со следующим кратким алгоритмом [1, 4, 7]:

1. Необходимо указать общий объем выборки и объемы исследуемых групп для каждого анализа;
2. Необходимо указать числитель и знаменатель для всех вычисленных процентов;
3. Для сравнения исследуемых групп необходимо использовать t-критерий Стьюдента для несвязанных совокупностей. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо сравнить рассчитанное значение t-критерия Стьюдента с критическим значением или определить уровень значимости p с помощью статистической программы.
4. Необходимо описать результаты сравнения исследуемых групп, указав вначале средние значения показателя (M) для каждой группы и стандартное отклонение (σ).
5. При описании расчетов следует указать: группу, в которой наблюдается наибольшее среднее значение анализируемого показателя, уровень значимости различий p .
6. Для наглядного представления в данной ситуации следует использовать столбиковую диаграмму.

Сравнение двух исследуемых групп по количественному признаку, распределение которого в обеих группах не отличается от нормального, в программе IBM SPSS Statistics Version 25.0 проводится следующим образом [1, 4, 6, 7]:

1. После внесения количественных признаков в исходную форму исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Описательные статистики», подраздел «Разведочный анализ». В открывшемся диалоговом окне из списка переменных, расположенных слева, необходимо выбрать переменные, для которых проводится проверка распределения (их необходимо перенести в окно «Список зависимых переменных»), группировочную переменную следует перенести в окно «Список факторов». Кнопка «Статистика» позволяет открыть диалоговое окно, в котором можно изменить установленный по умолчанию 95% доверительный интервал для среднего значения (M) и выброс. Кнопка «Графики» позволяет оценить распределение графически: в новом диалоговом окне следует выбрать тип графика - «Гистограмма», исключить построение «Ящичных диаграмм с усами», выбрать категорию «Графики и критерии для проверки нормальности», в меню «Разброс по уровням с критерием Ливиня» - выбрать вариант «Без преобразования» для проверки условия равенства дисперсий. В результате исследователь получает данные, представленные в виде и табличных, и графических данных, позволяющих не только оценить результаты описательной статистики, но и подтвердить нормальность распределения изучаемых количественных признаков.
2. Для определения t-критерия Стьюдента для несвязанных совокупностей исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Сравнение средних», подраздел «Т-критерий для независимых выборок». В открывшемся диалоговом окне из списка переменных, расположенных слева, необходимо выбрать переменные, для которых определяется t-критерий (их необходимо перенести в окно «Проверяемые переменные»), группировочную переменную следует перенести в окно «Группировать». Кнопка «Параметры» позволяет открыть диалоговое окно, в котором можно изменить установленный по умолчанию 95% доверительный интервал для независимых переменных и выбрать параметры исключения пропущенных значений.
3. При отсутствии статистической значимости различий между дисперсиями ($p > 0,05$) – в табличном заключении программы SPSS соответствует подразделу «Значимость» в разделе «Критерий равенства дисперсий Ливиня» - результаты применения критерия Стьюдента оцениваем в первой строке, соответствующей выражению «Предполагаются

равные дисперсии». При обнаружении статистической значимости различий ($p < 0,05$) результаты применения критерия Стьюдента оцениваем во второй строке, соответствующей выражению «Не предполагаются равные дисперсии».

4. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо оценить уровень значимости p – в табличном заключении программы SPSS соответствует подразделу «Значимость (двухсторонняя)» в разделе «t-критерий для равенства средних» в соответствующей строке, характеризующей предположение о равенстве дисперсий. Если достигнутый уровень значимости t-критерия меньше критического значения (0,05), можно отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между групповыми средними. Т.е. можно сделать вывод о наличии статистически значимых различий между средними значениями в исследуемых группах.

5. Сравнительную статистику нормально распределенных данных следует представить в виде критерия Стьюдента (t), степени свободы (df) и уровня значимости (p). Следует использовать формат: утвердительное выражение ($t = \dots, df = \dots, p = \dots$).

Сравнение двух независимых исследуемых групп по количественному признаку, распределение которого хотя бы в одной группе отличается от нормального, проводится в соответствии со следующим кратким алгоритмом [1, 4, 7]:

1. Необходимо указать общий объем выборки и объемы исследуемых групп для каждого анализа;
2. Необходимо указать числитель и знаменатель для всех вычисленных процентов;
3. Для сравнения исследуемых групп необходимо использовать непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо сравнить рассчитанное значение U-критерия с критическим значением или определить уровень значимости p с помощью статистической программы.
4. Необходимо описать результаты сравнения исследуемых групп, указав вначале медиану и значения нижнего и верхнего квартилей показателя для каждой группы.
5. При описании расчетов следует указать: группу, в которой наблюдается наибольшее значение медианы анализируемого показателя, уровень значимости различий p .
6. Для наглядного представления в данной ситуации следует использовать ящичную диаграмму («ящик с усами» / box-plot).

Сравнение двух исследуемых групп по количественному признаку, распределение которого хотя бы в одной группе отличается от нормального, в программе IBM SPSS Statistics Version 25.0 проводится следующим образом [1, 4, 6, 7]:

1. После внесения количественных признаков в исходную форму исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Описательные статистики», подраздел «Разведочный анализ». В открывшемся диалоговом окне из списка переменных, расположенных слева, необходимо выбрать переменные, для которых проводится проверка распределения (их необходимо перенести в окно «Список зависимых переменных»), группировочную переменную следует перенести в окно «Список факторов». Кнопка «Графики» позволяет оценить распределение графически: в новом диалоговом окне следует выбрать тип графика - «Ящичные диаграммы с усами», исключить построение «Гистограммы», выбрать категорию «Графики и критерии для проверки нормальности», в меню «Разброс по уровням с критерием Ливиния» - выбрать вариант «Без преобразования» для проверки условия равенства дисперсий. В результате исследователь получает данные, представленные в виде и табличных, и графических данных, позволяющих не только оценить результаты описательной статистики, но и исключить нормальность распределения изучаемых количественных признаков.
2. Для определения U-критерия Манна-Уитни исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Непараметрические критерии», подраздел «Для независимых выборок». В открывшемся диалоговом окне в поле «Проверяемые поля» помещаются изучаемые переменные, в поле «Группы» - группировочная переменная. В папке «Параметры» необходимо выбрать статистический критерий «Критерий U Манна-Уитни».

3. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо оценить уровень значимости p – в табличном заключении программы SPSS соответствует подразделу «Значимость». Если достигнутый уровень значимости U -критерия Манна-Уитни меньше критического значения (0,05), можно отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между групповыми средними.
4. В случае, когда требуется числовое значение U -критерия Манна-Уитни, W -критерия Уилкоксона, величины Z Колмогорова-Смирнова и достигнутого уровня значимости различий, исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Непараметрические критерии», подраздел «Устаревшие диалоговые окна», подраздел «Для двух независимых выборок». В открывшемся диалоговом окне в поле «Список проверяемых переменных» помещаются изучаемые переменные, в поле «Группировать по...» - группировочная переменная. В поле «Критерии» необходимо выбрать статистический критерий «Критерий U Манна-Уитни».
5. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо оценить уровень значимости p – в табличном заключении программы SPSS соответствует подразделу «Значимость». Если достигнутый уровень значимости критериев U , W и K меньше критического значения (0,05), можно отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между групповыми средними. Т.е. можно сделать вывод о наличии статистически значимых различий между средними значениями в исследуемых группах.
6. Сравнительную статистику распределенных данных следует представить в виде критерия Манна-Уитни (U), Колмогорова-Смирнова (Z) и уровня значимости (p). Следует использовать формат: утвердительное выражение ($U = \dots, Z = \dots, p = \dots$).

Сравнение количественных параметров, распределение которых не отличается от нормального, в динамике при двухэтапности измерения (до определенного момента и после) проводится в соответствии со следующим кратким алгоритмом [1, 4, 7]:

1. Необходимо указать общий объем выборки и объемы исследуемых групп для каждого анализа;
2. Необходимо указать числитель и знаменатель для всех вычисленных процентов;
3. Для сравнения исследуемых групп необходимо использовать t -критерий Стьюдента для связанных совокупностей. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо сравнить рассчитанное значение парного t -критерия Стьюдента с критическим значением или определить уровень значимости p с помощью статистической программы.
4. Необходимо описать результаты сравнения исследуемых групп, указав вначале средние значения показателя (M) для каждой группы и стандартное отклонение (σ).
5. При описании расчетов следует указать: направление изменения исследуемого количественного показателя (уменьшение или увеличение), уровень значимости различий p .
6. Для наглядного представления в данной ситуации следует использовать столбиковую диаграмму.

Сравнение количественных параметров, распределение которых не отличается от нормального, в динамике при двухэтапности измерения (до определенного момента и после) в программе IBM SPSS Statistics Version 25.0 проводится следующим образом [1, 4, 6, 7]:

1. После внесения количественных признаков в исходную форму исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Описательные статистики», подраздел «Разведочный анализ». В открывшемся диалоговом окне из списка переменных, расположенных слева, необходимо выбрать переменные, для которых проводится проверка распределения (их необходимо перенести в окно «Список зависимых переменных»), группировочную переменную следует перенести в окно «Список факторов». Кнопка «Статистика» позволяет открыть диалоговое окно, в котором можно изменить установленный по умолчанию 95% доверительный интервал для среднего значения (M) и выброс. Кнопка «Графики» позволяет оценить распределение графически: в новом диалоговом окне следует выбрать тип графика - «Гистограмма», исключить построение «Ящичных диаграмм с усами»,

выбрать категорию «Графики и критерии для проверки нормальности», в меню «Разброс по уровням с критерием Ливиня» - выбрать вариант «Без преобразования» для проверки условия равенства дисперсий. В результате исследователь получает данные, представленные в виде и табличных, и графических данных, позволяющих не только оценить результаты описательной статистики, но и подтвердить нормальность распределения изучаемых количественных признаков.

2. Для определения парного t-критерий Стьюдента для связанных совокупностей исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Сравнение средних», подраздел «Т-критерий для парных выборок». В открывшемся диалоговом окне из списка переменных, расположенных слева, необходимо выбрать переменные, для которых определяется парный t-критерий (их необходимо перенести в окно «Парные переменные»). Кнопка «Параметры» позволяет открыть диалоговое окно, в котором можно изменить установленный по умолчанию 95% доверительный интервал для зависимых переменных и выбрать параметры исключения пропущенных значений.
3. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо оценить уровень значимости p – в табличном заключении программы SPSS соответствует подразделу «Значимость (двухсторонняя)» в таблице «Критерий парных выборок». Если достигнутый уровень значимости парного t-критерия меньше критического значения (0,05), можно отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между групповыми средними. Т.е. можно сделать вывод о наличии статистически значимых различий между средними значениями в исследуемых группах.
4. Сравнительную статистику нормально распределенных данных следует представить в виде парного критерия Стьюдента (t), степени свободы (df) и уровня значимости (p). Следует использовать формат: утвердительное выражение ($t = \dots, df = \dots, p = \dots$).

Сравнение количественных параметров, распределение которых отличается от нормального, в динамике при двухэтапности измерения (до определенного момента и после) проводится в соответствии со следующим кратким алгоритмом [1, 4, 7]:

1. Необходимо указать общий объем выборки и объемы исследуемых групп для каждого анализа;
2. Необходимо указать числитель и знаменатель для всех вычисленных процентов;
3. Для сравнения исследуемых групп необходимо использовать ранговый Т-критерий Уилкоксона. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо сравнить рассчитанное значение ранговый Т-критерия Уилкоксона с критическим значением или определить уровень значимости p с помощью статистической программы.
4. Необходимо описать результаты сравнения исследуемых групп, указав вначале медиану и значения нижнего и верхнего квартилей показателя для каждой группы.
5. При описании расчетов следует указать: группу, в которой наблюдается наибольшее значение медианы анализируемого показателя, уровень значимости различий p .
6. Для наглядного представления в данной ситуации следует использовать ящичную диаграмму («ящик с усами» / box-plot).

Сравнение количественных параметров, распределение которых отличается от нормального, в динамике при двухэтапности измерения (до определенного момента и после) в программе IBM SPSS Statistics Version 25.0 проводится следующим образом [1, 4, 6, 7]:

1. После внесения количественных признаков в исходную форму исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Описательные статистики», подраздел «Разведочный анализ». В открывшемся диалоговом окне из списка переменных, расположенных слева, необходимо выбрать переменные, для которых проводится проверка распределения (их необходимо перенести в окно «Список зависимых переменных»), группировочную переменную следует перенести в окно «Список факторов». Кнопка «Графики» позволяет оценить распределение графически: в новом диалоговом окне следует выбрать тип графика - «Ящичные диаграммы с усами», исключить построение «Гистограммы»,

выбрать категорию «Графики и критерии для проверки нормальности», в меню «Разброс по уровням с критерием Ливиня» - выбрать вариант «Без преобразования» для проверки условия равенства дисперсий. В результате исследователь получает данные, представленные в виде и табличных, и графических данных, позволяющих не только оценить результаты описательной статистики, но и исключить нормальность распределения изучаемых количественных признаков.

2. Для определения Т-критерий Уилкоксона исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Непараметрические критерии», подраздел «Для связанных выборок». В открывшемся диалоговом окне в поле «Проверяемые поля» помещаются изучаемые переменные.
3. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо оценить уровень значимости p – в табличном заключении программы SPSS соответствует подразделу «Значимость». Если достигнутый уровень значимости Т-критерий Уилкоксона меньше критического значения (0,05), можно отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между групповыми средними. Т.е. можно сделать вывод о наличии статистически значимых различий между средними значениями в исследуемых группах.
4. Необходимо описать результаты сравнения исследуемых групп, указав вначале медиану и значения нижнего и верхнего квартилей показателя для каждой группы.
5. При описании расчетов следует указать: группу, в которой наблюдается наибольшее значение медианы анализируемого показателя, уровень значимости различий p .

Сравнение трех и более независимых групп по количественному признаку, распределение которого во всех группах не отличается от нормального, проводится в соответствии со следующим кратким алгоритмом [1, 4, 8]:

1. Необходимо указать общий объем выборки и объемы исследуемых групп для каждого анализа;
2. Необходимо указать числитель и знаменатель для всех вычисленных процентов;
3. Для сравнения исследуемых групп необходимо использовать однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), в результате которого находится значение F-критерия Фишера. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо сравнить рассчитанное значение F-критерия Фишера с критическим значением или определить уровень значимости p с помощью статистической программы.
4. Необходимо описать результаты сравнения исследуемых групп, указав вначале средние значения показателя (M) для каждой группы и стандартное отклонение (σ).
5. При описании расчетов следует указать: группы, в которых наблюдаются наибольшее и наименьшее среднее значение анализируемого показателя, уровень значимости различий p , определенный при помощи F-критерия Фишера.
6. Для наглядного представления в данной ситуации следует использовать столбиковую диаграмму, каждый столбик которой соответствует значению показателя в определенной группе.
7. При выявлении статистически значимых различий при сравнении всех групп для более точного описания наблюдаемых тенденций необходимо использовать апостериорные критерии, позволяющие оценить различия показателей при сравнении групп попарно. При относительном равенстве размеров сравниваемых групп парные сравнения необходимо проводить с помощью критерия Тьюки. При значительном различии размера сравниваемых групп парные сравнения необходимо проводить с помощью критерия Шеффе.
8. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо сравнить рассчитанное значение апостериорных критериев с критическим значением или определить уровень значимости p с помощью статистической программы.

Сравнение трех и более независимых групп по количественному признаку, распределение которого во всех группах не отличается от нормального, в программе IBM SPSS Statistics Version 25.0 проводится следующим образом [1, 4, 6, 8]:

1. После внесения количественных признаков в исходную форму исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Описательные статистики», подраздел «Разведочный анализ». В открывшемся диалоговом окне из списка переменных, расположенных слева, необходимо выбрать переменные, для которых проводится проверка распределения (их необходимо перенести в окно «Список зависимых переменных»), группировочную переменную следует перенести в окно «Список факторов». Кнопка «Статистика» позволяет открыть диалоговое окно, в котором можно изменить установленный по умолчанию 95% доверительный интервал для среднего значения (M) и выброс. Кнопка «Графики» позволяет оценить распределение графически: в новом диалоговом окне следует выбрать тип графика - «Гистограмма», исключить построение «Ящичных диаграмм с усами», выбрать категорию «Графики и критерии для проверки нормальности», в меню «Разброс по уровням с критерием Ливиня» - выбрать вариант «Без преобразования» для проверки условия равенства дисперсий. В результате исследователь получает данные, представленные в виде и табличных, и графических данных, позволяющих не только оценить результаты описательной статистики, но и подтвердить нормальность распределения изучаемых количественных признаков.
2. Для применения однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) для несвязанных совокупностей исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Сравнение средних», подраздел «Однофакторный дисперсионный анализ». В открывшемся диалоговом окне из списка переменных, расположенных слева, необходимо выбрать переменные, для которых определяется F-критерий Фишера (их необходимо перенести в окно «Список зависимых переменных»), группировочную переменную следует перенести в окно «Фактор». Кнопка «Параметры» позволяет открыть диалоговое окно, в котором следует отметить «Описательные» для получения данных описательной статистики, «Проверка однородности дисперсии» для проверки условия равенства дисперсий и «График средних», а также выбрать параметры исключения пропущенных значений.
3. Отсутствие статистической значимости различий между дисперсиями соответствует $p > 0,05$ – в табличном заключении программы SPSS оценивается в подразделе «Значимость» в разделе «Критерий однородности Ливиня».
4. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо оценить уровень значимости p – в табличном заключении программы SPSS соответствует подразделу «Значимость» в таблице «ANOVA» в соответствующей строке, характеризующей предположение о равенстве дисперсий. Если достигнутый уровень значимости F-критерия Фишера меньше критического значения (0,05), можно отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии различий между групповыми средними. Т.е. можно сделать вывод о наличии статистически значимых различий между средними значениями в исследуемых группах.
5. Результаты дисперсионного анализа следует представить в виде критерия Фишера (F), степени свободы (df) и уровня значимости (p). Следует использовать формат: утвердительное выражение ($F = \dots, df = \dots, p = \dots$).
6. Для определения апостериорных критериев, позволяющих оценить различия показателей при сравнении групп попарно, исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Сравнение средних», подраздел «Однофакторный дисперсионный анализ». В открывшемся диалоговом окне нажать кнопку «Апостериорные множественные сравнения». При относительном равенстве размеров сравниваемых групп парные сравнения необходимо выбрать критерий Тьюки. При значительном различии размера сравниваемых групп необходимо выбрать критерий Шеффе.
7. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо оценить уровень значимости p для выбранных апостериорных критериев.

Сравнение трех и более независимых групп по количественному признаку, распределение которого хотя бы в одной группе отличается от нормального, проводится в соответствии со следующим кратким алгоритмом [1, 4, 8]:

1. Необходимо указать общий объем выборки и объемы исследуемых групп для каждого анализа;
2. Необходимо указать числитель и знаменатель для всех вычисленных процентов;
3. Для сравнения исследуемых групп необходимо использовать непараметрический критерий Краскела-Уоллиса. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо сравнить рассчитанное значение непараметрического критерия Краскела-Уоллиса с критическим значением или определить уровень значимости p с помощью статистической программы.
4. Необходимо описать результаты сравнения исследуемых групп, указав вначале средние значения показателя (M) для каждой группы и стандартное отклонение (σ).
5. При описании расчетов следует указать: группы, в которых наблюдаются наибольшее и наименьшее среднее значение анализируемого показателя, уровень значимости различий p , определенный при помощи критерия Краскела-Уоллиса.
6. Для наглядного представления в данной ситуации следует использовать ящичную диаграмму («ящик с усами» / box-plot), при этом определенный «ящик» соответствует значениям каждой группы.
7. При выявлении статистически значимых различий при сравнении всех групп с помощью критерия Краскела-Уоллиса для более точного описания наблюдаемых тенденций необходимо использовать критерий Манна-Уитни при сравнении групп попарно.
8. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо сравнить рассчитанное значение критерия Манна-Уитни с критическим значением или определить уровень значимости p с помощью статистической программы.

Сравнение трех и более независимых групп по количественному признаку, распределение которого хотя бы в одной группе отличается от нормального, в программе IBM SPSS Statistics Version 25.0 проводится следующим образом [1, 4, 6, 8]:

1. После внесения количественных признаков в исходную форму исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Описательные статистики», подраздел «Разведочный анализ». В открывшемся диалоговом окне из списка переменных, расположенных слева, необходимо выбрать переменные, для которых проводится проверка распределения (их необходимо перенести в окно «Список зависимых переменных»), группировочную переменную следует перенести в окно «Список факторов». Кнопка «Статистика» позволяет открыть диалоговое окно, в котором можно изменить установленный по умолчанию 95% доверительный интервал для среднего значения (M) и выброс. Кнопка «Графики» позволяет оценить распределение графически: в новом диалоговом окне следует выбрать тип графика - «Ящичные диаграммы с усами», исключить построение «Гистограммы», выбрать категорию «Графики и критерии для проверки нормальности», в меню «Разброс по уровням с критерием Ливиня» - выбрать вариант «Без преобразования» для проверки условия равенства дисперсий. В результате исследователь получает данные, представленные в виде и табличных, и графических данных, позволяющих не только оценить результаты описательной статистики, но и исключить нормальность распределения изучаемых количественных признаков.
2. Для применения непараметрического критерия Краскела-Уоллиса для несвязанных совокупностей исследователю необходимо в меню «Анализ» выбрать раздел «Непараметрические критерии», подраздел «Устаревшие диалоговые окна», подраздел «Две независимые выборки или более». В открывшемся диалоговом окне в поле «Проверяемые поля» помещаются изучаемые переменные, в поле «Группы» - группировочная переменная. В папке «Параметры» необходимо выбрать статистический критерий «Однофакторный дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса».
3. Для определения статистической значимости различий показателей необходимо оценить уровень значимости p – в табличном заключении программы SPSS соответствует подразделу «Значимость» в таблице «Итоги по проверке гипотезы». Если достигнутый уровень значимости меньше критического значения (0,05), можно отвергнуть нулевую гипотезу об

отсутствии различий между групповыми средними. Т.е. можно сделать вывод о наличии статистически значимых различий между средними значениями в исследуемых группах.

4. При определении статистически значимых различий во всех исследуемых группах, следует проводить попарное сравнение групп при помощи критерия Манна-Уитни (описан ранее).

Заключение. Использование подробных алгоритмов статистического анализа количественных признаков в перспективе позволит повысить уровень представления результатов биомедицинских исследований. Статистическая обработка количественных результатов исследования с помощью пакета программ «IBM SPSS Statistics Version 25.0» доступна для широкого круга исследователей, отличается своей простотой и наглядностью.

Список литературы:

1. Lang T.A., Altman D.G. Basic statistical reporting for articles published in Biomedical Journals: The “Statistical Analyses and Methods in the Published Literature” or the SAMPL Guidelines. *International Journal of Nursing Studies*. 2015. 52 (1). 5-9. doi:10.1016/j.ijnurstu.2014.09.006.
2. Peacock J.L., Peacock P.J. *Oxford Handbook of Medical Statistics* / J.L. Peacock, P.J. Peacock. OxfordUniversityPress. 2011.
3. Левин И.А., Манухин И.Б., Пономарева Ю.Н., Шуметов В.Г. *Методология и практика анализа данных в медицине: монография*. М. Тель-Авив. АПЛИТ. 2010.
4. Гржибовский А.М. Типы распределения, проверка распределения и описательная статистика. *Экология человека*. 2008. 1. 52-58.
5. International Committee of Medical Journal Editors. *Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals: writing and editing for biomedical publication*. 2011. Available from: <http://www.icmje.org>.
6. Наследов А.Д. *SPSS 19. Профессиональный статистический анализ данных*. Санкт-Петербург. Питер. 2011.
7. Гржибовский А.М. Анализ количественных данных для двух независимых групп. *Экология человека*. 2008. 2. 54-61.
8. Гржибовский А.М. Анализ трех и более независимых групп количественных данных. *Экология человека*. 2008. 3. 50-58.

References:

1. Lang T.A., Altman D.G. Basic statistical reporting for articles published in Biomedical Journals: The “Statistical Analyses and Methods in the Published Literature” or the SAMPL Guidelines. *International Journal of Nursing Studies*. 2015. 52 (1). 5-9. doi:10.1016/j.ijnurstu.2014.09.006.
2. Peacock J.L., Peacock P.J. *Oxford Handbook of Medical Statistics* / J.L. Peacock, P.J. Peacock. OxfordUniversityPress. 2011.
3. Levin I.A., Manukhin I.B., Ponomareva Yu.N., Shumetov V.G. *Methodology and practice of data analysis in medicine: monograph*. Moscow. Tel-Aviv. APLIT. 2010. in Russian.
4. Grzhibovskiy A.M. Distribution types, distribution verification, and descriptive statistics. *Ekologiya cheloveka*. 2008. 1. 52-58. in Russian.
5. International Committee of Medical Journal Editors. *Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals: writing and editing for biomedical publication*. 2011. Available from: <http://www.icmje.org>.
6. Nasledov A.D. *SPSS 19. Professional statistical data analysis*. Sankt-Peterburg. Piter. 2011. in Russian.
7. Grzhibovskiy A.M. Quantitative data analysis for two independent groups. *Ekologiya cheloveka*. 2008. 2. 54-61. in Russian.
8. Grzhibovskiy A.M. Analysis of three or more independent groups of quantitative data. *Ekologiya cheloveka*. 2008. 3. 50-58. in Russian.