

Получена: 3 мая 2016 / Принята: 25 мая 2016 / Опубликовано online: 30 июня 2016

УДК 614.2 + 303.4

СРАВНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ ДВУХ ПАРНЫХ ВЫБОРОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ STATISTICA И SPSS: ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ И НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ

Андрей М. Гржибовский¹⁻⁴, <http://orcid.org/0000-0002-5464-0498>,

Сергей В. Иванов⁵, <http://orcid.org/0000-0003-0254-3941>

Мария А. Горбатова², <http://orcid.org/0000-0002-6363-9595>

¹ Национальный Институт Общественного Здоровья, г. Осло, Норвегия;

² Северный Государственный Медицинский Университет, г. Архангельск, Россия;

³ Международный Казахско-Турецкий Университет им. Х.А. Ясави, г. Туркестан, Казахстан;

⁴ Северо-Восточный Федеральный Университет, г. Якутск, Россия;

⁵ Северо-Западный Государственный Медицинский Университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Россия.

Резюме

В настоящей работе представлены общие сведения об использовании парного критерия Стьюдента, непараметрического критерия Вилкоксона и критерия знаков для сравнения количественных признаков парных выборок. Описан алгоритм расчета данных критериев с использованием программного обеспечения Statistica 10 и SPSS 20 и представлена интерпретация результатов расчетов. Настоящая статья призвана дать общие сведения об использовании парного критерия Стьюдента, парного критерия Вилкоксона и критерия знаков, и не заменяет прочтения специализированной литературы по статистике и клинической эпидемиологии.

Ключевые слова: *Statistica, SPSS, парный критерий Стьюдента, парный критерий Вилкоксона, критерий знаков, парные выборки*

Abstract

ANALYSIS OF QUANTITATIVE DATA IN TWO NON- INDEPENDENT GROUPS USING STATISTICA AND SPSS SOFTWARE: PARAMETRIC AND NON-PARAMETRIC TESTS

Andrej M. Grjibovski¹⁻⁴, <http://orcid.org/0000-0002-5464-0498>,

Sergej V. Ivanov⁵, <http://orcid.org/0000-0003-0254-3941>

Maria A. Gorbatova², <http://orcid.org/0000-0002-6363-9595>

¹Norwegian Institute of Public Health, Oslo, Norway;

²Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

³North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia;

⁴International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan;

⁵North-Western State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia.

In this article we present general information about Student's paired t-test, non-parametric Wilcoxon test for paired samples and sign test which are often used for comparing paired numerical data. Algorithms for the use of all abovementioned criteria using Statistica 10 and SPSS 20 software are presented as well

as recommendations on how to interpret results of the tests. This article covers basic knowledge needed for practical implementation of tests for paired observations (continuous data) and does not substitute reading specialized literature in biostatistics and clinical epidemiology.

Ключевые слова: *Statistica, SPSS, paired t-test, Wilcoxon test, sign test, paired samples*

Түйіндеме

STATISTICA И SPSS БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІ ҚОЛДАНУМЕН ЕКІ ҚОСАРЛЫ ІРІКТЕМЕЛЕРДІҢ САНДЫҚ МӘЛІМЕТТЕРІН САЛЫСТЫРУ: ПАРАМЕТРЛІК ЖӘНЕ ПАРАМЕТРЛІК ЕМЕС КРИТЕРИЛЕР

Андрей М. Гржибовский¹⁻⁴, <http://orcid.org/0000-0002-5464-0498>,

Сергей В. Иванов⁵, <http://orcid.org/0000-0003-0254-3941>

Мария А. Горбатова², <http://orcid.org/0000-0002-6363-9595>

¹ Қоғамдық Денсаулық сақтау Ұлттық Институты, Осло қ., Норвегия;

² Солтүстік Мемлекеттік Медициналық Университеті, Архангельск қ., Ресей;

³ Х.А. Ясави ат. Халықаралық Қазақ – Түрік Университеті, Туркестан, Қазақстан;

⁴ Солтүстік - Шығыс Федералдық Университеті, Якутск қ., Ресей;

⁵ И. И. Мечников атынд. Солтүстік – Батыс мемлекеттік медициналық университеті, Санкт-Петербург қ., Ресей.

Осы жұмыста қосарлы іріктемелердің сандық белгілерін салыстыру үшін Стьюдент қосарлы критерилері және Вилкоксон параметрлік емес критерилерін қолдану туралы жалпы мәліметтер берілген. Statistica 10 және SPSS 20 бағдарламалық қамтамасыз етуді пайдаланумен критерилер мәліметтері есебінің алгоритмі суреттелген және есептер нәтижелерінің интерпретациясы берілген. Осы мақала Стьюдент қосарлы критерилері, Вилкоксон қосарлы критерилері және белгілер критерилерін қолдану туралы жалпы мәліметтер беруге талап етілген және статистика және клиникалық эпидемиология бойынша мамандандырылған әдебиетті оқудың орнын толтырмайды.

Негізгі сөздер: *Statistica, SPSS, Стьюдент қосарлы критерилері, Вилкоксонның қосарлы критерилері, белгілер критерилері, қосарлы іріктемелер.*

Библиографическая ссылка:

Гржибовский А. М., Иванов С. В., Горбатова М. А. Сравнение количественных данных двух парных выборок с использованием программного обеспечения statistica и spss: параметрические и непараметрические критерии // Наука и Здравоохранение. 2016. №3. С. 5-25.

Grijbovski A. M., Ivanov S. V., Gorbatoва M. A. Analysis of quantitative data in two non-independent groups using Statistica and SPSS software: parametric and non-parametric tests. Nauka i Zdravookhranenie [Science & Healthcare]. 2016, 3, pp. 5-25.

Гржибовский А. М., Иванов С. В., Горбатова М. А. Statistica и SPSS бағдарламалық қамтамасыз етуді қолданумен екі қосарлы іріктемелердің сандық мәліметтерін салыстыру: параметрлік және параметрлік емес критерилер // Ғылым және Денсаулық сақтау. 2016. №3. Б. 5-25.

Настоящая статья продолжает серию публикаций, посвященных статистическому анализу данных биомедицинских исследований [11, 12]. Цель данной серии статей – формирование у начинающего исследователя базисных представлений о статистическом

анализе данных, приобретение читателем практического опыта использования современного статистического программного обеспечения и предупреждение типичных ошибок, возникающих в процессе статистической обработки данных.

Для более полного понимания представленного материала, авторы настоящей статьи настоятельно рекомендуют читателю предварительно ознакомиться с литературой по эпидемиологии [29, 19, 32]. Практические аспекты организации и анализа результатов различных типов научных исследований в здравоохранении (одномоментных, когортных, экологических, экспериментальных исследований и «случай-контроль») представлены в серии статей, опубликованных в журнале «Наука и Здоровье» в 2015 году [8, 9, 10, 13, 14].

Вопросы корректной статистической обработки данных исследований в здравоохранении актуальны не только в Казахстане, но и в странах СНГ, Европы и США, и высокое качество статистического анализа является обязательным условием востребованности научных результатов и транспарентности научных достижений отдельных исследователей и исследовательских коллективов в международном научном сообществе [23, 1].

Настоящая статья посвящена вопросу сравнения количественных данных двух парных выборок с использованием программного обеспечения Statistica 10 и SPSS 20.

В предыдущих выпусках журнала были представлены статистические способы сравнения независимых групп наблюдений, но в процессе выполнения исследований в здравоохранении часто возникает необходимость сравнивать связанные выборки, например в следующих случаях [29, 19]:

– Исследования по типу «до – после» (в том числе неконтролируемые исследования), в которых сравниваются уровни исследуемого параметра до и после определенного воздействия (например, сравнение уровня артериального давления у пациентов до и после курса приема гипотензивного препарата).

– Перекрестные исследования, когда на одного и того же участника исследования в случайной последовательности действуют несколько различных сравниваемых факторов (например сравнение влияния на массу тела 2-х вариантов диеты, которые последовательно в случайном порядке

применяются каждым участником исследования).

– Оценка определенного параметра двумя различными способами у одного и того же участника исследования (например, сравнение двух лабораторных методов определения концентрации оксида азота с использованием набора проб воздуха).

– Исследования «случай-контроль» с использованием метода подобранных пар, когда к каждому «случаю» подбирается похожий на него «контроль», например лица одного пола, возраста, социального положения и т.п. (например, ретроспективное сравнение длительности госпитализации при использовании двух различных видов оперативного вмешательства).

– Исследования с участием близнецов (например, изучение влияния факторов внешней среды на фенотипические особенности близнецов, проживающих в различных географических регионах).

Принципиальное отличие сравнения связанных (парных) выборок от сравнения независимых выборок состоит в том, что в случае повторных наблюдений имеется связь между значениями измеряемого параметра для каждого наблюдения: значения параметра у одного и того же участника исследования в парных выборках будут ближе друг к другу, чем значения измеренного параметра у нескольких участников, и соответственно, дисперсия значений при повторных измерениях будет меньше [28, 5, 22].

Параметрическим критерием для сравнения двух парных выборок является парный критерий Стьюдента, непараметрическими – парный критерий Вилкоксона и критерий знаков.

Парный критерий Стьюдента предназначен для сравнения средних величин двух связанных выборок и может быть использован только в случае соблюдения следующих условий [6, 28, 5]:

1. Количественный тип данных (желательно наличие непрерывных, а не дискретных данных).

2. Сравнение не более чем двух связанных выборок.

3. Нормальное распределение разности между значениями изучаемого признака в группах.

4. Каждая из изучаемых пар должна быть независима от остальных пар наблюдений.

Первое условие использования парного критерия Стьюдента не требует обсуждения в силу своей очевидности. Соблюдение второго и четвертого условий обеспечивается дизайном исследования. Третье условие может быть проверено с помощью программных средств, о чем подробно сказано в первой статье настоящей серии публикаций [11]. Заметим, что

нормально должна быть распределена именно разность между значениями, а не сами значения в сравниваемых выборках, как это должно быть в случае расчета непарного критерия Стьюдента [12].

Для примера ручного расчета парного критерия Стьюдента рассмотрим гипотетическое исследование, целью которого является сравнение уровня глюкозы крови у 12 пациентов до и после курса лечения пероральным сахароснижающим препаратом.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Уровень глюкозы крови пациентов до и после курса лечения сахароснижающим препаратом

№	Уровень глюкозы крови, ммоль/л		Разность значений (Δ), моль/л
	До начала терапии	После окончания терапии	
1.	6,8	5,5	-1,3
2.	5,9	4,8	-1,1
3.	7,3	6,5	-0,8
4.	7,1	6,4	-0,7
5.	6,0	5,3	-0,7
6.	9,4	8,9	-0,5
7.	10,0	9,6	-0,4
8.	8,6	7,8	-0,8
9.	7,8	7,6	-0,2
10.	6,6	5,7	-0,9
11.	5,7	5,2	-0,5
12.	6,1	5,2	-0,9

Для расчета парного критерия Стьюдента в первую очередь рассчитываем разность для каждой пары значений (Δ), как показано в таблице 1.

Далее найдем среднее арифметическое значение вычисленных разностей по формуле:

$$M_{\Delta} = \frac{\sum \Delta}{n}$$

где $\sum \Delta$ – сумма разностей, n – количество пар наблюдений.

$$M_{\Delta} = -8,8 / 12 = -0,73$$

Далее найдем стандартное отклонение разностей по формуле:

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum (M_{\Delta} - \Delta)^2}{n - 1}}$$

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{(1,03/11)} = 0,31$$

Далее рассчитаем парный критерий Стьюдента по формуле:

$$t = \frac{M_{\Delta}}{\sigma_{\Delta} / \sqrt{n}}$$

$$t = -0,73 / (0,31/\sqrt{12}) = -8,15$$

Далее сравним полученное значение критерия Стьюдента с табличным значением при числе степеней свободы, равном $df = n - 1 = 11$, и уровня статистической значимости, равного 0,05 или 0,01 [26, 20, 5]. Абсолютное значение (модуль) рассчитанного значения критерия превышает критическое значение t для $p = 0,01$ ($t_{кр} = 3,11$), что позволяет отвергнуть нулевую статистическую гипотезу о равенстве средних значений в обеих выборках.

Для представления результатов нам потребуется рассчитать среднее арифметическое значение (M) уровня глюкозы до начала и после окончания лечения и соответствующие стандартные отклонения (SD):

$$M_{\text{начало терапии}} = 7,28, \quad SD_{\text{начало терапии}} = 1,42.$$

$$M_{\text{окончание терапии}} = 6,54, \quad SD_{\text{окончание терапии}} = 1,58.$$

Таким образом, результаты исследования можно представить следующим образом: среднее значение уровня глюкозы после окончания лечения сахароснижающим препаратом (M = 6,54 ммоль/л, SD = 1,58 ммоль/л) статистически значимо снизилось в среднем на 0,73 ммоль/л ($t_{11} = -8,15, p < 0,01$) по сравнению с моментом начала лечения (M = 7,28 ммоль/л, SD = 1,42 ммоль/л).

Далее рассмотрим непараметрические способы сравнения связанных выборок – парный критерий Вилкоксона и критерий знаков.

Оба критерия не требуют нормального распределения разности парных значений и могут использоваться для парных сравнений двух выборок, представленных количественным или качественным порядковым (ординальным) признаком [6, 30, 5].

Рассмотрим следующий практический пример – гипотетическое исследование, направленное на сравнение двух различных методов определения уровня загрязнения свинцом пресной воды.

В результате исследования были проанализированы 10 проб воды из открытых источников, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты определения концентрации свинца в пробах пресной воды

№	Концентрация свинца в воде, мг/мл		Разность значений	Модуль разности значений	Ранг
	Метод 1	Метод 2			
1.	0,023	0,020	-0,003	0,003	4,5
2.	0,031	0,028	-0,003	0,003	4,5
3.	0,017	0,016	-0,001	0,001	1
4.	0,071	0,068	-0,003	0,003	4,5
5.	0,016	0,012	-0,004	0,004	7
6.	0,047	0,045	-0,002	0,002	2
7.	0,010	0,010	0	0	-
8.	0,018	0,010	-0,008	0,008	9
9.	0,009	0,012	0,003	0,003	4,5*
10.	0,047	0,041	-0,006	0,006	8

* «нетипичный» ранг

Для вычисления парного критерия Вилкоксона рассчитаем разность значений каждой пары и возьмем модуль полученных чисел, как показано в таблице 2. Разность значений для пары №7 равна нулю, поэтому она исключается из дальнейших расчетов.

Далее проранжируем полученные значения от минимального до максимального и присвоим им соответствующие ранги (начиная со значения 0,001, которое является минимальным в данном ряду). Заметим, что значение 0,003 встречается в проранжированном ряду 4 раза, поэтому во

всех четырех случаях ему присваивается средний ранг: $(3 + 4 + 5 + 6) / 4 = 4,5$.

В третьем столбце таблицы мы видим, что большая часть значений имеет отрицательный знак, и только одно имеет положительное значение (№9), которому соответствует ранг 4,5 («нетипичный» ранг). Сумма «нетипичных» рангов – это и есть значение парного критерия Вилкоксона (T). В нашем примере сумма складывается из одного значения, и, соответственно T = 4,5.

Далее сравниваем рассчитанное значение T с критическим значением, полученным из

соответствующей статистической таблицы критических значений T [26, 20, 5]. Для $n = 10$ критическое значение T для $p < 0,05$ составляет 8. Рассчитанное значение T меньше критического, и значит, мы можем отвергнуть нулевую статистическую гипотезу и сделать вывод о том, что использование двух сравниваемых методов определения концентрации свинца в воде дает различные результаты измерений ($T = 4,5$; $n = 10$; $p < 0,05$). Альтернативным вариантом сравнения расчетного и критического значения критерия является z -значение парного критерия Вилкоксона, с формулой расчета которого можно ознакомиться в [30].

Помимо парного критерия Вилкоксона, для сравнения выборок, не удовлетворяющих условиям применения парного критерия Стьюдента, применяется критерий знаков [30, 5].

Для расчета критерия знаков также создается переменная разности значений, но рассчитывается она только одним способом – из второго значения вычитается первое. Далее подсчитываются суммы нулевых, положительных и отрицательных сдвигов в разности значений. В нашем случае нулевой сдвиг соответствует наблюдению №7 (1 наблюдение), положительный сдвиг – наблюдению №9 (1 наблюдение), а все остальные наблюдения соответствуют отрицательному сдвигу (8 наблюдений).

В дальнейшем в процессе анализа нулевые сдвиги не используются. Сумма сдвигов, получившаяся наибольшей, называется типичным сдвигом (в нашем случае – 8 наблюдений), а сумма сдвигов, получившаяся наименьшей – нетипичным сдвигом (в нашем случае – 2 наблюдения). Следует учесть, что для ситуаций, когда суммы типичных и нетипичных сдвигов равны, критерий знаков неприменим.

Далее с помощью специальной таблицы сопоставляют получившееся количество типичных и атипичных сдвигов с уровнем статистической значимости [30, 15]. Согласно данной таблице, случай 8-ми типичных и 1-го атипичного сдвига соответствует уровню статистической $< 0,05$ (если бы при 8-ми типичных сдвигах количество атипичных сдвигов было бы равно нулю, тогда уровень статистической значимости был бы $< 0,01$).

Таким образом, в данном случае уровень статистической значимости критерия знаков, как и парного критерия Вилкоксона, говорят о статистически значимых различиях между результатами измерения концентрации свинца в воде при использовании двух сравниваемых методов ($p < 0,05$).

Так как статистическая обработка данных не может рассматриваться отдельно от целей и задач эпидемиологического исследования, следует различать понятия статистически и клинически значимых различий. Примером может служить ситуация, когда на большой выборке пациентов мы сможем обнаружить даже небольшие различия параметра до начала и после окончания наблюдения и установить, что они статистически значимы, но с клинической точки зрения этот результат не будет иметь практического значения (например, статистически значимое снижение уровня систолического артериального давления, в среднем, на 3 мм рт. ст., что не может считаться удовлетворительным эффектом терапии). Именно поэтому еще на этапе планирования исследования целесообразно определять минимальные уровни изменения анализируемых показателей, которые будут считаться клинически значимыми.

Для приобретения читателем практических навыков проведения статистического сравнения двух связанных выборок количественных переменных с использованием специального программного обеспечения, будет представлен практический пример, основанный на фрагменте данных, которые были собраны в процессе крупного исследования, направленного на изучение метаболического синдрома и его детерминант в условиях неблагоприятной социально-экологической ситуации в Южном Казахстане [16, 17, 21, 25]. В ходе данного поперечного исследования получены значения массы тела и уровня холестерина крови (непрерывные количественные признаки) 65 пациентов. Допустим, данные 65 пациентов были консультированы на предмет коррекции избыточной массы тела, им было рекомендовано соответствующее лечение, и через 3 месяца была проведена динамическая оценка массы тела и уровня холестерина.

Соответственно, мы проведем сравнение значений массы тела и уровня холестерина крови у пациентов до и после периода наблюдения (зависимые группы) с использованием программного обеспечения Statistica 10 [24, 3] и SPSS 20 [4]. Данные пакеты статистических программ являются инструментами анализа данных, удобных в использовании начинающими исследователями, не требуют специального образования и приобрели заслуженную популярность среди исследователей стран СНГ, работающих в области медицины. Демо-версии программ Statistica и SPSS можно загрузить с официальных сайтов разработчиков (www.stastsoft.com и www.ibm.com соответственно).

Следует отметить, что представленные алгоритмы обработки данных являются только рабочим инструментом анализа, тогда как корректная интерпретация полученных результатов исследования требует наличия базисных знаний в области биомедицинской статистики, которые могут быть получены только путем изучения специализированной литературы [5, 2, 8, 20, 31, 33].

Сравнение 2-х парных выборок с использованием программы Statistica 10.

Для начала работы необходимо открыть файл 3_Mass_chol_STAT.sta, который следует загрузить с сайта журнала «Наука и Здравоохранение». В данном файле представлены следующие вариационные ряды:

1. Масса тела пациентов до начала и после окончания лечения (переменные «Body_mass_1» и «Body_mass_2» соответственно).

2. Уровень холестерина крови пациентов до начала и после окончания лечения (переменные «Cholesterol_1» и «Cholesterol_2»).

3. Разность между массой тела пациентов после окончания и до начала лечения – динамика массы тела (переменная «Mass_difference»). К сожалению, в программе Statistica 10 не реализован удобный для

начинающего исследователя способ расчета разности значений двух переменных, поэтому переменная «Mass_difference» была рассчитана отдельно (например, с помощью программы MS Excel) и затем внесена в файл программы Statistica 10.

4. Разность между уровнем холестерина крови пациентов после окончания и до начала лечения – динамика уровня холестерина (переменная «Chol_difference»).

Задача статистического анализа данных – выяснить, различаются ли масса тела и уровень холестерина крови пациентов до и после курса лечения.

Сначала проведем сравнение массы тела пациентов до начала после окончания наблюдения.

Для этого в первую очередь необходимо определить, какой из критериев (параметрический или непараметрический) целесообразно применить в данном случае.

Проведем проверку распределения разности значений массы тела (переменная «Mass_difference»).

Проверка распределения включает в себя визуальную оценку гистограммы распределения и расчет критериев Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова. Подробный алгоритм проверки распределения подробно описан в первой статье настоящей серии [11], и другой статистической литературе [7, 24, 27] поэтому остановимся на основных действиях:

1. Войдем в меню «Statistics» и выберем раздел «Basic Statistics/Tables».

2. В открывшемся окне выберем верхнюю строку («Descriptive statistics») и нажмем кнопку «OK».

3. В открывшемся окне нажмем на кнопку «Variables» и выберем для анализа переменную «Mass_difference», подтвердив выбор кнопкой «OK».

4. Нажмем на вкладку «Normality» и отметим позиции «Kolmogorov-Smirnov & Liliefors test for normality» и «Shapiro-Wilk's W test», после чего нажмем на кнопку «Histograms» для вывода результатов анализа (рисунок 1).

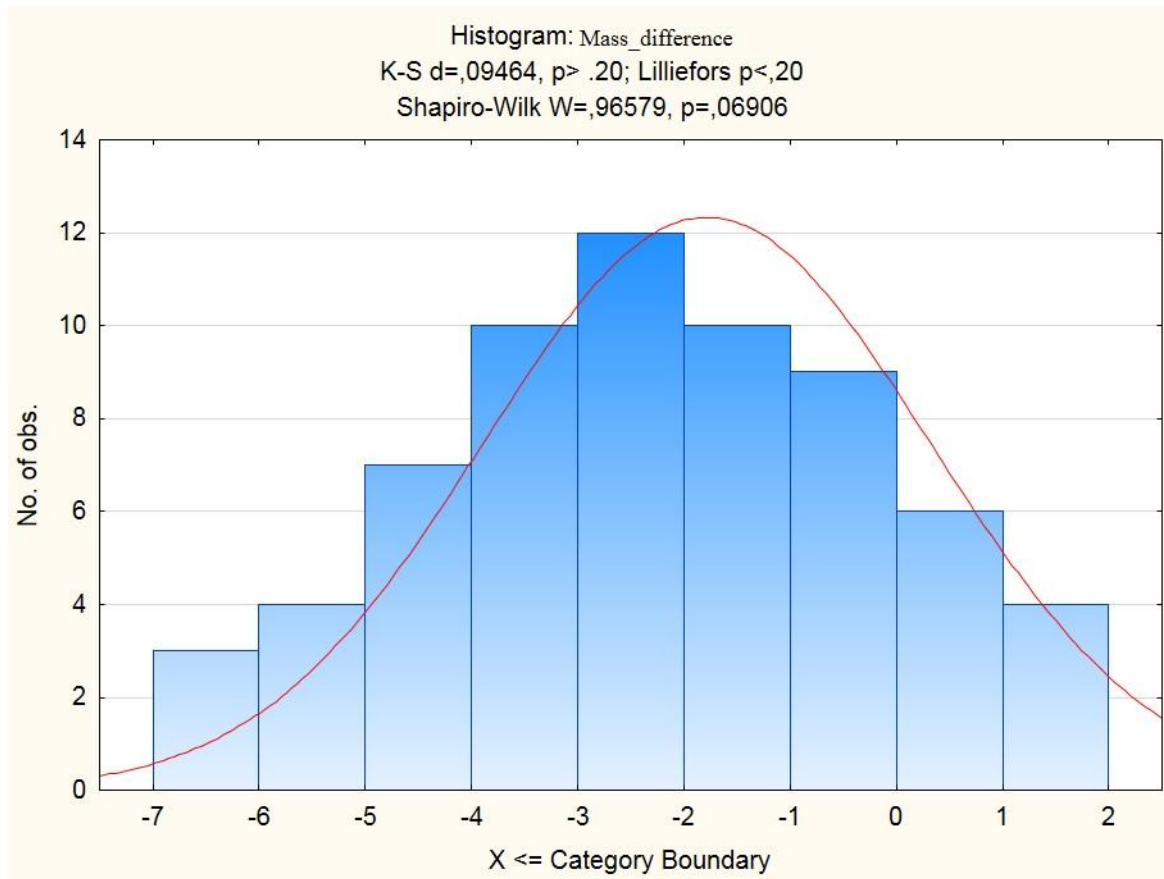


Рис. 1. Результаты проверки на «нормальность» распределения переменной «Mass_difference».

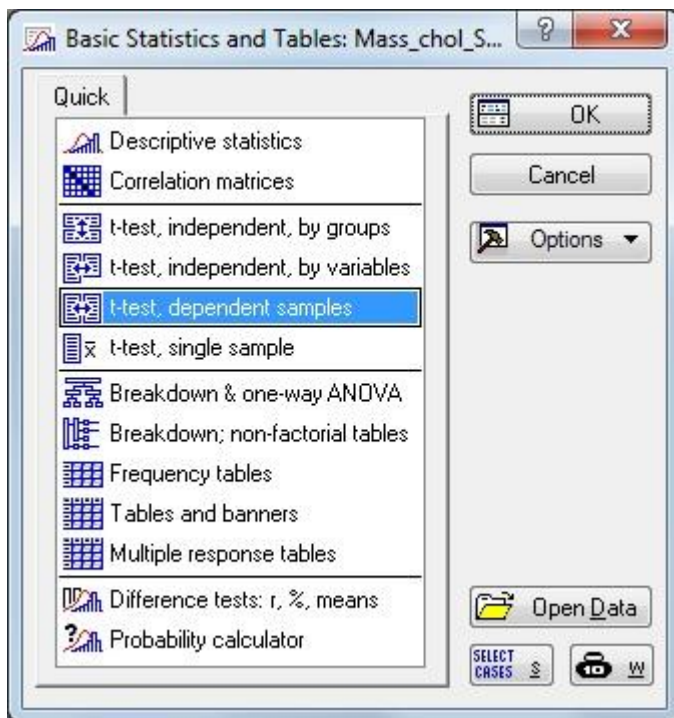


Рис. 2. Окно «Basic Statistics/Tables» программы Statistica 10.

На рисунке 1 видно, что распределение имеет колоколообразную форму, и уровень статистической значимости критериев Колмогорова-Смирнова («K-S d») и Шапиро-Уилка («Shapiro-Wilk W») превышает 0,05. Таким образом, распределение переменной «Mass_difference» статистически значимо не отличается от нормального, что позволяет нам использовать для анализа парный критерий Стьюдента (соблюдение третьего условия его применения).

Далее снова войдем в меню «Statistics», выберем раздел «Basic Statistics/Tables» и в открывшемся окне выберем позицию «t-test, dependent samples», подтвердив выбор кнопкой «OK» (рисунок 2).

Программа откроет окно «T-Test for Dependent Samples» (рисунок 3), в котором в первую очередь с помощью кнопки «Variables»

потребуется выбрать переменные для анализа (подтвердив выбор кнопкой «ОК»), как это показано на рисунке 4.

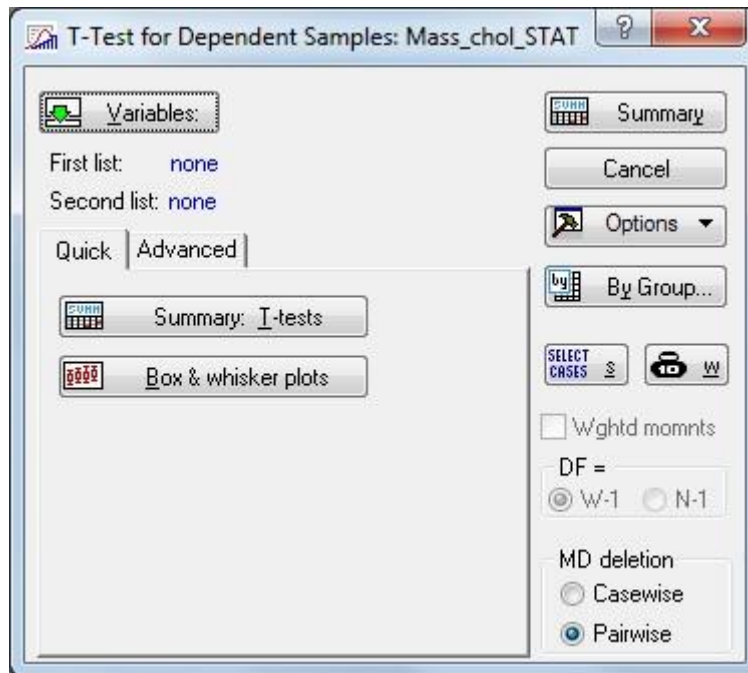


Рис. 4 Окно «T-Test for Dependent Samples» программы Statistica 10.

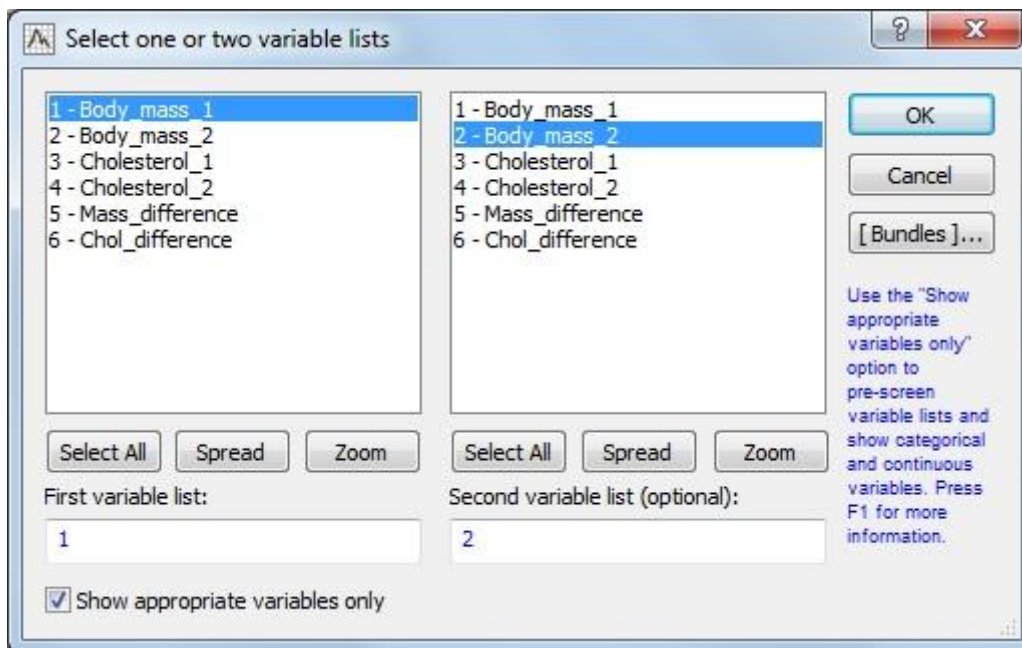


Рис. 4. Окно «Select one or two variable lists» программы Statistica 10.

Нажатие на кнопку «Summary» (рисунок 4) запустит расчет значения парного критерия

Стьюдента. Результаты анализа представлены на рисунке 5.

T-test for Dependent Samples (Mass_chol_STAT)										
Marked differences are significant at p < ,05000										
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p	Confidence -95,000%	Confidence +95,000%
Body_mass_1	79,18462	15,28622								
Body_mass_2	77,40000	15,60078	65	1,784615	2,102768	6,842422	64	0,000000	1,263575	2,305656

Рис. 5. Результаты расчета парного критерия Стьюдента с помощью программы Statistica 10.

Программа представляет в виде таблицы ряд сведений, из которых нас интересует следующая информация (рисунок 5):

- Среднее арифметическое значение и стандартное отклонение переменных «Body_mass_1» и «Body_mass_2» (столбцы «Mean» и «Std. Dv.» соответственно).
- Разность средних значений («Diff.»).
- Значение парного критерия Стьюдента («t»).
- Число степеней свободы («df»).
- Уровень статистической значимости критерия («p»).

Таким образом, по результатам исследования можно сделать заключение о том, что среднее значение массы тела после окончания лечения ($M = 77,4$ кг, $SD = 15,3$ кг) снизилось по сравнению с моментом начала лечения ($M = 79,2$ кг, $SD = 15,6$ кг) и различия были статистически значимыми ($t_{64} = 6,84$, $p < 0,0001$). Среднее арифметическое значение динамики массы тела составило 1,8 кг.

Следует учесть, что решение вопроса о том, считать ли клинически значимым снижение массы тела в среднем на 1,8 кг, всецело зависит от того, какая минимальная величина динамики была задана как клинически значимая на этапе планирования

исследования (исходя из цели и задач данного исследования).

Разумеется, представление данных в виде среднего арифметического значения и стандартного отклонения правомерно только в случае нормально распределенных переменных [11, 7], в ином случае следует использовать медиану и квартили (не следует путать нормально распределенную разность значений сравниваемых переменных и нормальное распределение самих переменных). То, что переменные «Body_mass_1» и «Body_mass_2» имеют распределение, статистически значимо не отличающееся от нормального, читатель может убедиться самостоятельно, выполнив действия, направленные на проверку типа распределения вариационного ряда [11].

Далее рассмотрим непараметрические способы сравнения двух парных выборок – уровня холестерина до и после лечения (переменные «Cholesterol_1» и «Cholesterol_2» соответственно).

Для этого снова войдем в меню «Statistics» и выберем раздел «Nonparametrics», после чего в открывшемся окне «Nonparametric Statistics» выберем раздел «Comparing two dependent samples (variables)», подтвердив выбор нажатием на кнопку «ОК» (рисунок 6).

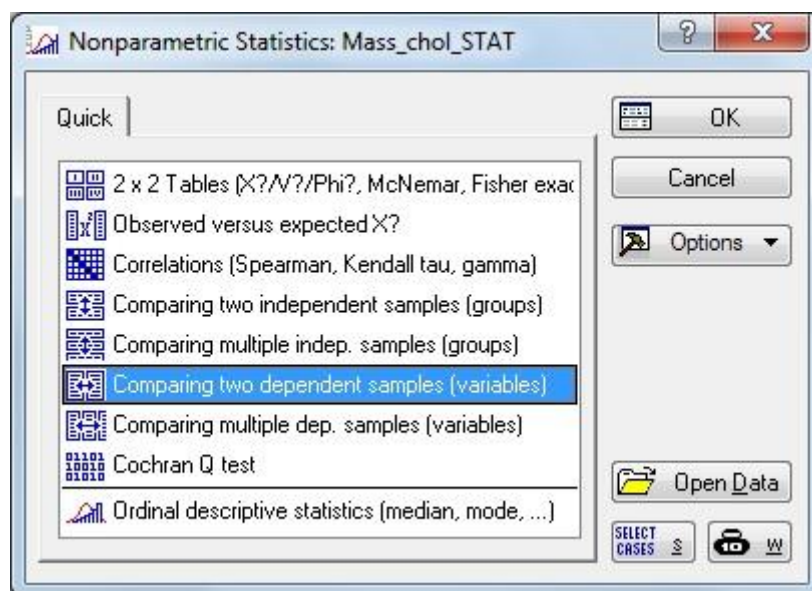


Рис. 6. Окно «Nonparametric Statistics» программы Statistica 10.

В открывшемся окне (рисунок 7) нажмем на кнопку «Variables» для выбора переменных

для анализа, как это показано на рисунке 8, и подтвердим выбор нажатием на кнопку «ОК».

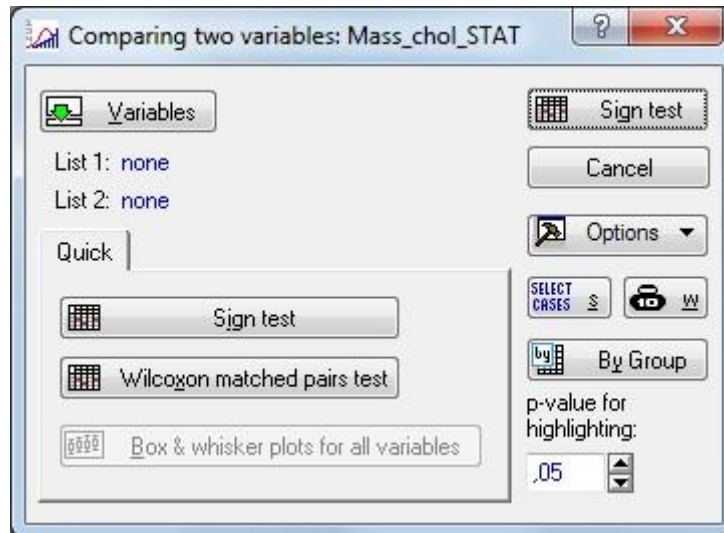


Рис. 7. Окно «Comparing two variables» программы Statistica 10.

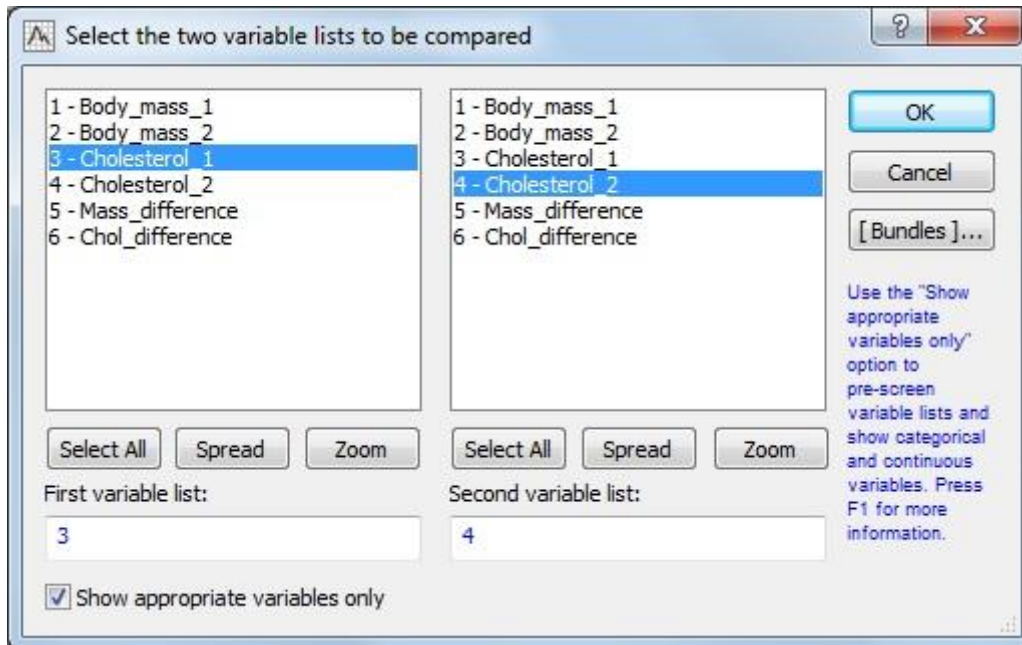


Рис. 8. Окно «Select the two variable lists to be compared» программы Statistica 10.

Далее запустим расчет значения критерия Вилкоксона для парных выборок, для чего нажмем на кнопку «Wilcoxon matched pairs test» (рисунок 7). Результат представлен на рисунке 8.

Wilcoxon Matched Pairs Test (Mass_chol_STAT)				
Marked tests are significant at p <,05000				
Pair of Variables	Valid N	T	Z	p-value
Cholesterol 1 & Cholesterol 2	49	245,0000	3,655631	0,000257

Рис. 8. Результаты расчета парного критерия Вилкоксона в программе Statistica 10.

В окне результатов программа представит значение T, равное 245, значение z, равное 3,656 и уровень статистической значимости (p = 0,000257). Следует обратить внимание, что программа указывает, что количество пар, включенных в анализ, равно 49 (а не 65, имеющихся в выборке), то есть программа включает в анализ только те пары, разность значений которых отлична от нуля.

Для расчета критерия знаков вернемся к окну «Comparing two variables», нажав на соответствующую вкладку в нижней левой части рабочего экрана программы и нажмем на кнопку «Sign test» (рисунок 7).

Результаты расчета критерия знаков представлены на рисунке 8.

Самым главным из представленных программой результатов является уровень статистической значимости («p-value»), который говорит о статистически значимых различиях между парными выборками ($p = 0,022$).

Sign Test (Mass_chol_STAT)				
Marked tests are significant at $p < ,05000$				
Pair of Variables	No. of Non-ties	Percent $v < V$	Z	p-value
Cholesterol_1 & Cholesterol_2	49	32,65306	2,285714	0,022271

Рис. 9. Результаты расчета критерия знаков в программе Statistica 10.

Таким образом, по результатам расчета обоих непараметрических критериев мы можем сделать вывод о том, что уровень холестерина у пациентов до начала и после окончания лечения отличается. Но вопрос о том, увеличился или уменьшился уровень холестерина после курса лечения остается открытым. Для ответа на него проанализируем еще один вариационный ряд – динамику значения уровня холестерина (переменная «Chol_difference»).

Проанализируем данную производную переменную с помощью программных средств Statistica 10. Для этого войдем в

меню «Statistics», раздел «Basic Statistics/Tables», подраздел «Descriptives statistics». С помощью кнопки «Variables» в окне «Descriptive Statistics» выберем для анализа переменную «Chol_difference» и нажмем на кнопку «OK». В снова открывшемся окне «Descriptive Statistics» перейдем на вкладку «Advanced» и отметим позиции «Median» и «Lower & Upper quartiles» (рисунок 10) для вывода значений медианы и верхнего и нижнего квартилей (о параметрах описательной статистики и их расчетах с помощью программных продуктов подробно сказано [11, 7]).

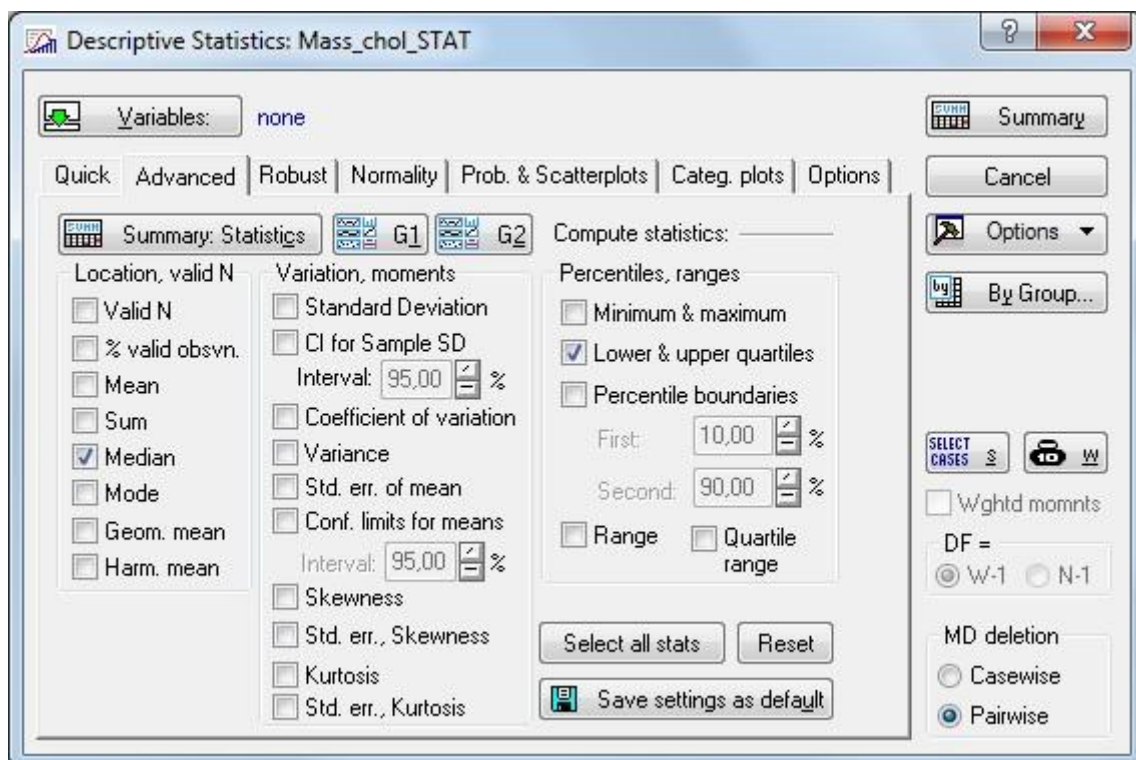


Рис. 10. Окно «Descriptive Statistics» программы Statistica 10.

Результаты расчета медианы и верхнего и нижнего квартилей представлены на рисунке 11.

Descriptive Statistics (Mass_chol_STAT)			
Variable	Median	Lower Quartile	Upper Quartile
Chol_difference	-0,100000	-0,200000	0,00

Рис. 11. Результаты расчета медианы, верхнего и нижнего квартилей для переменной «Chol_difference» программой Statistica 10.

Итак, по результатам анализа переменной «Chol_difference», представляющей собой динамику значений уровня холестерина во всех парах наблюдений, мы видим, что нижний квартиль, как и медиана, расположены ниже нуля, а верхний квартиль равен нулю: $Me = -0,1$ ммоль/л, $Q_1 = -0,2$ ммоль/л, $Q_3 = -0,2$ ммоль/л. Таким образом, большая часть значений динамики переменных (в нашем случае – $\frac{3}{4}$) расположена ниже нуля, то есть уровень холестерина после курса лечения уровень холестерина в крови снизился у большей части пациентов.

В случае нормально распределенного вариационного ряда динамики значений (например, «Mass_difference») с целью совокупной оценки динамики изучаемого

показателя следует использовать среднее арифметическое значение и стандартное отклонение (отметить позиции «Mean» и «Standard deviation» в окне «Descriptive Statistics» – рисунок 10).

Сравнение 2-х парных выборок с использованием программы SPSS 20.

Для начала работы необходимо открыть файл 3_Mass_chol_SPSS.sav, который следует загрузить с сайта журнала «Наука и Здоровоохранение». В файле представлены те же основные вариационные ряды, что и в файле данных программы Statistica: масса тела («Body_mass_1» и «Body_mass_2») и уровень холестерина («Cholesterol_1» и «Cholesterol_2») до и после лечения соответственно.

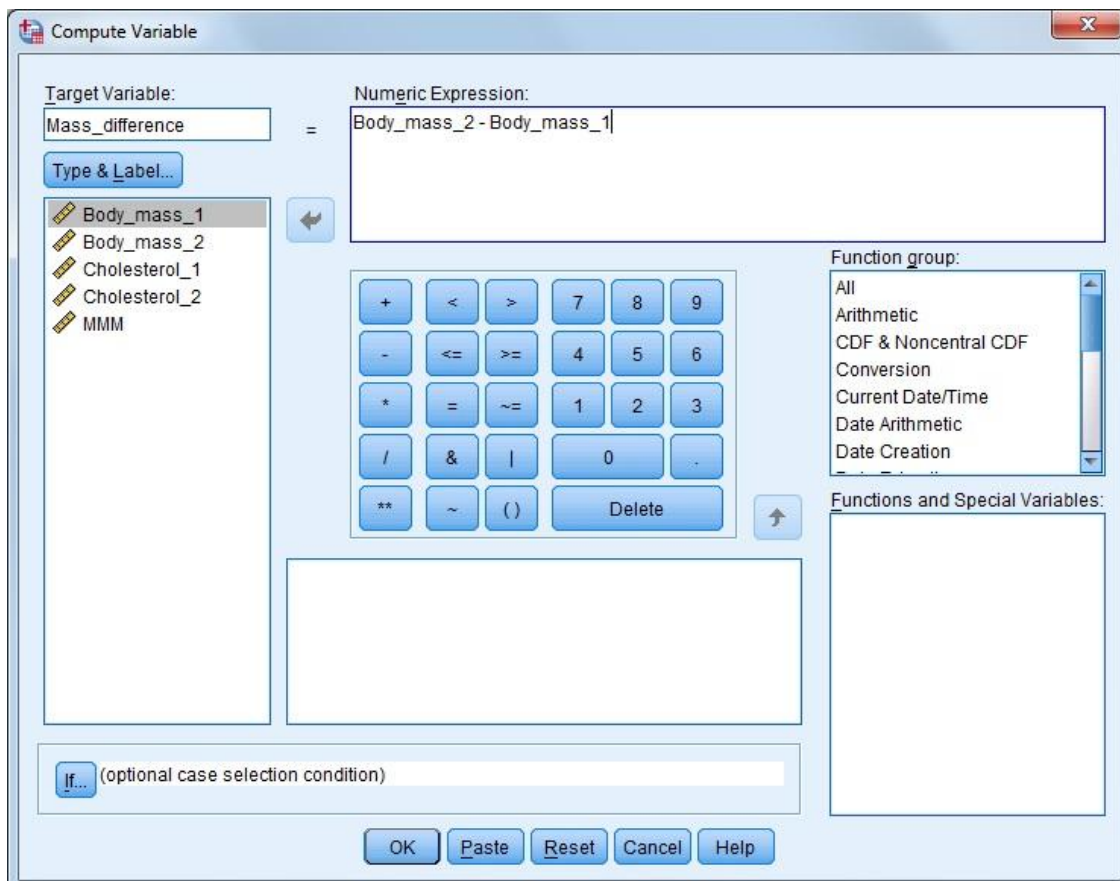


Рис. 12. Окно «Compute Variable» программы SPSS 20.

В первую очередь с помощью программных средств рассчитаем динамику значений переменных «Body_mass_1» и «Body_mass_2». Для этого откроем меню «Transform», раздел «Compute variable». В открывшемся окне «Compute Variable» в поле «Target Variable» ввешаем название новой переменной «Mass_difference», после чего с помощью стрелки перенесем в поле «Numeric Expression» переменную «Body_mass_2», нажмем на кнопку «-» (минус) на «калькуляторе» в центре окна и затем перенесем в то же поле переменную «Body_mass_1». В итоге сформируется формула разности значений переменных «Body_mass_2» и «Body_mass_1». Нажатием на кнопку «ОК» вернемся к анализу (рисунок 12).

В результате наших действий программа сформирует новую переменную «Mass_difference», которая будет равна разности значений переменных «Body_mass_2» и «Body_mass_1» и разместится правее уже имеющихся в файле данных.

Далее проведем проверку на «нормальность» распределения данной переменной «Mass_difference». Процесс проверки распределения с помощью программы SPSS подробно описан в [11, 7], поэтому будет представлен только перечень действий без подробных пояснений.

Краткое описание действий, направленных на проверку распределения данных:

1. Вход в раздел описательной статистики.

Выбираем меню «Analyze» и входим в раздел «Descriptive Statistics», подраздел «Explore».

2. Выбор вариационных рядов для анализа.

В окне «Explore» переносим из левого поля в поле «Dependent List» переменную «Mass_difference».

3. Настройка вывода параметров описательной статистики.

В окне «Explore» нажимаем на кнопку «Statistics» и отмечаем галочками позиции «Descriptives» и «Percentiles», после чего нажимаем на кнопку «Continue».

4. Настройка расчета статистических критериев для проверки распределения на «нормальность», гистограмм распределения и квантильных диаграмм.

В окне «Explore» нажимаем на кнопку «Plots» и отмечаем галочками позиции «Histogram» и «Normality plots with tests», после чего нажимаем на кнопку «Continue».

5. Запуск анализа данных.

В окне «Explore» нажимаем на кнопку «ОК».

Программа представит параметры описательной статистики (таблицы «Descriptives» и «Percentiles» не приводятся из-за большого размера), результаты расчетов критерия Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова с поправкой Lilliefors (таблица 3) и гистограмму распределения, также и квантильную диаграмму (рисунок 13). Все представленные программой SPSS результаты соответствуют тем, что были приведены выше в результатах анализа данных программы Statistica, и не требуют дополнительных комментариев (нормальность распределения разности значений сравниваемых переменных позволяют в данном случае использовать параметрический парный критерий Стьюдента).

Таблица 3.

Результаты расчета критериев Колмогорова-Смирнова и Шапиро-Уилка программой SPSS 20.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Mass_difference	,095	65	,200*	,966	65	,069

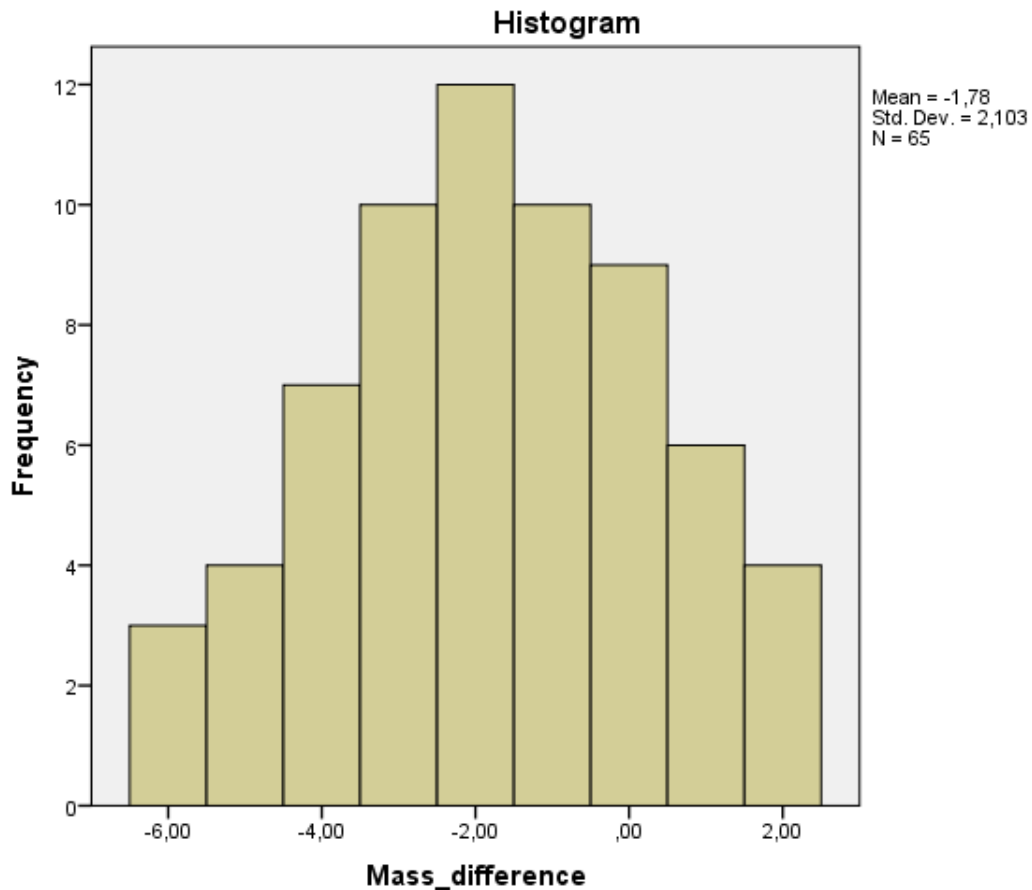


Рис. 13. Гистограмма распределения переменной «Mass_difference».

Далее войдем в меню «Analyze» и выберем раздел «Compare means», подраздел «Paired-Samples T Test» (рисунок 14).

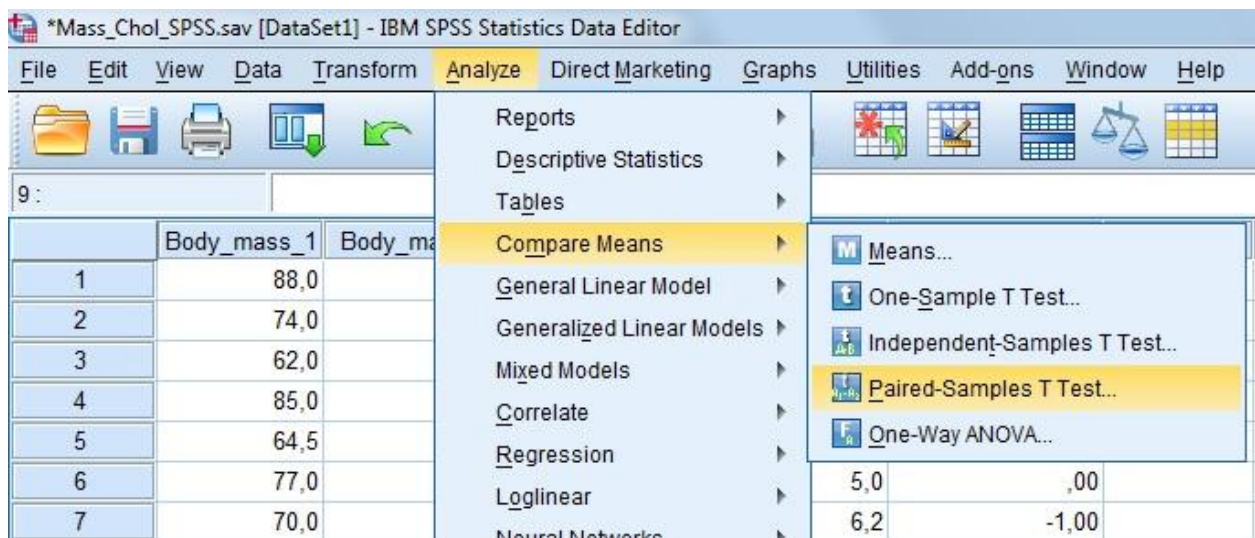


Рис. 14. Выбор подраздела «Paired-Samples T Test» раздела «Compare means» меню «Analyze» программы SPSS 20.

Программа откроет окно «Paired-Samples T Test», в котором с помощью стрелки перенесем переменные «Body_mass_1» и «Body_mass_2» в поле «Paired Variables» и нажмем кнопку «OK» для запуска расчетов (рисунок 15).

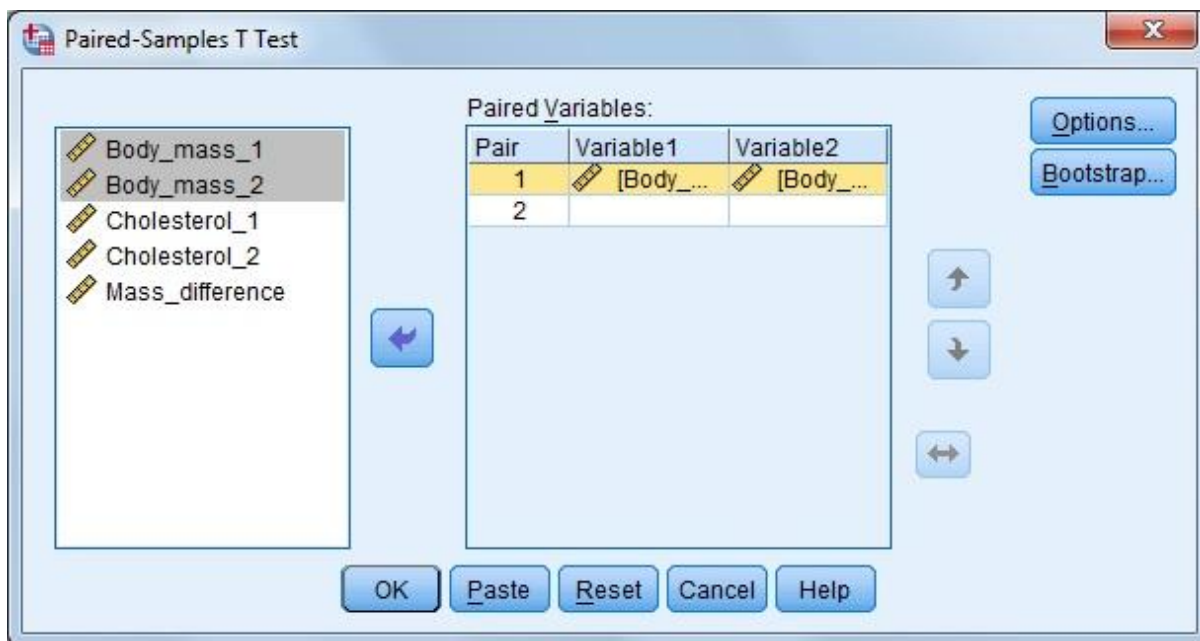


Рис. 15. Окно «Paired-Samples T Test» программы SPSS 20.

Программа представит результаты расчета парного критерия Стьюдента в виде таблицы (таблица 4).

Таблица 4.

Результаты расчета парного критерия Стьюдента для переменных «Body_mass_1» и «Body_mass_2»

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Body_mass_1 - Body_mass_2	1,7846	2,1028	,2608	1,2636	2,3057	6,842	64	,000

В приведенной таблице среднее арифметическое и стандартное отклонение разности значений анализируемых переменных представлено в столбцах «Mean» и «Std. Deviation», значение парного критерия Стьюдента – в столбце «t», число степеней свободы – в столбце «df», а уровень статистической значимости – в столбце «Sig. (2-tailed)». Результаты расчетов соответствуют тем, которые были получены при использовании программы Statistica 10

(рисунок 5) и не требуют дополнительных комментариев.

Далее рассмотрим алгоритм расчета непараметрических критериев, предназначенных для сравнения связанных выборок – парного критерия Вилкоксона и критерия знаков.

Для этого снова войдем в меню «Analyze», раздел «Nonparametric Tests», подраздел «Legacy Dialogs», позиция «2 Related Samples» (рисунок 16).

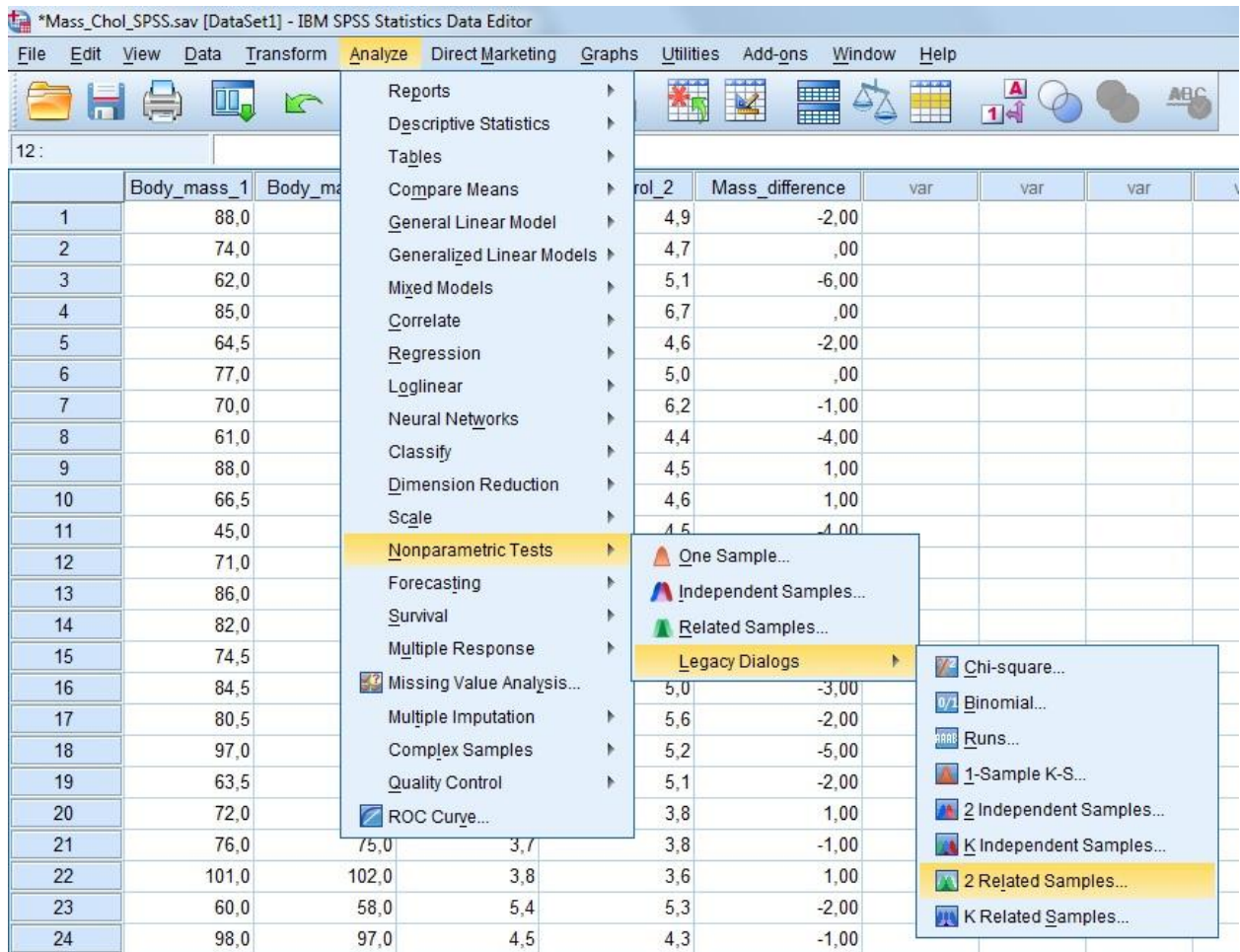


Рис. 16. Выбор позиции «2 Related Samples», подраздела «Legacy Dialogs», раздела «Nonparametric Tests» меню «Analyze» программы SPSS 20.

Далее в открывшемся окне «Two-Related-Samples Tests» перенесем переменные «Cholesterol_1» и «Cholesterol_2» в поле «Test

Pairs», отметим позиции «Wilcoxon» и «Sign» и запустим анализ кнопкой «OK» (рисунок 17).

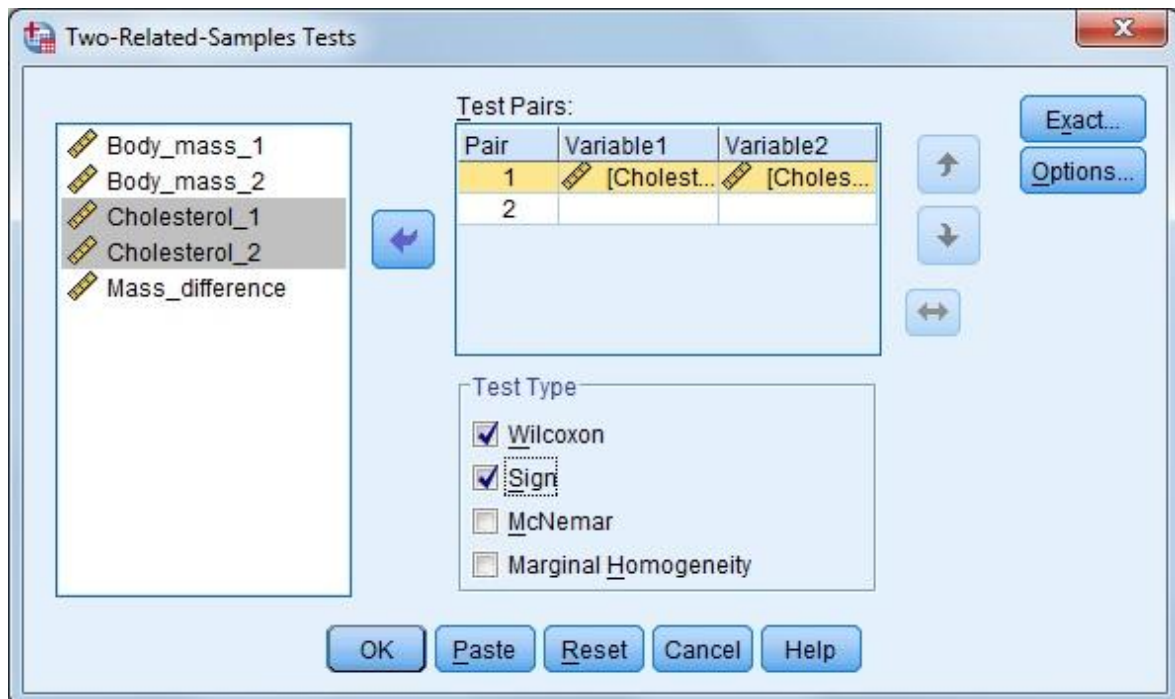


Рис. 17. Окно «Two-Related-Samples Tests» программы SPSS 20.

Основные результаты расчета критерия Вилкоксона программа представит в виде таблицы 4, критерия знаков – в виде таблицы 5.

Таблица 4.

Результаты расчета парного критерия Вилкоксона для переменных «Cholesterol_1» и «Cholesterol_2».

	Cholesterol_2 - Cholesterol_1
Z	-3,684 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

Таблица 5.

Результаты расчета парного критерия знаков для переменных «Cholesterol_1» и «Cholesterol_2».

	Cholesterol_2 - Cholesterol_1
Z	-2,286
Asymp. Sig. (2-tailed)	,022

В обеих таблицах основной является строка «Asymp. Sig. (2-tailed)», в которой представлено значение уровня статистической значимости для рассчитанного значения критерия.

Заметим, что результаты расчета парного критерия Вилкоксона с помощью программы SPSS 20 и Statistica 10 несколько отличаются, возможно, вследствие несколько различающихся методик расчета данного критерия.

В следующей статье будет представлен алгоритм статистической обработки данных, представленных более чем двумя парными группами.

Литература:

1. Аканов А.А., Турдалиева Б.С., Изекенова А.К., Рамазанова М.А., Абдраимова Э.Т., Гржибовский А.М. Оценка использования статистических методов в научных статьях медицинских журналов Казахстана // Экология человека. 2013. №5. С. 61-64.
2. Банержи А. Медицинская статистика понятным языком: вводный курс. М. : Практическая медицина, 2007. 287 с.
3. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. СПб. : Питер, 2003. 688 с.
4. Бююль А., Цефель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление

скрытых закономерностей. СПб. : ООО «ДиаСофтЮП», 2005. 608 с.

5. Гланц С. Медико-биологическая статистика. М. : Практика, 1998. 459 с.

6. Гржибовский А.М. Одномерный анализ повторных измерений // Экология человека. 2008. №4. С. 51-60.

7. Гржибовский А.М. Типы данных, проверка распределения и описательная статистика // Экология человека. 2008. №1. С. 52-58.

8. Гржибовский А.М., Иванов С.В. Горбатова М.А. Исследования типа «случай-контроль» в здравоохранении // Наука и Здравоохранение. 2015. № 4. С. 5-17

9. Гржибовский А.М., Иванов С.В. Когортные исследования в здравоохранении // Наука и Здравоохранение. 2015. № 3. С. 5-16.

10. Гржибовский А.М., Иванов С.В. Поперечные (одномоментные) исследования в здравоохранении // Наука и Здравоохранение. 2015. № 2. С. 5-18.

11. Гржибовский А.М., Иванов С.В. Описательная статистика с использованием пакетов статистических программ Statistica и SPSS // Наука и Здравоохранение. 2016. № 1. С. 7-23.

12. Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. Сравнение количественных данных двух независимых выборок с использованием программного обеспечения Statistica и SPSS: параметрические и

непараметрические критерии // Наука и Здоровоохранение. 2016. № 2. С. 5-28..

13. Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. Экологические (корреляционные) исследования в здравоохранении // Наука и Здоровоохранение. 2015. № 5. С. 5-18.

14. Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. Экспериментальные исследования в здравоохранении // Наука и Здоровоохранение. 2015. № 6. С. 5-17.

15. Ермолаев О.Ю. Математическая статистика для психологов. 2-е изд., испр. М. : Московский психолого-социальный институт Флинта, 2003. 336 с.

16. Жунисова М.Б., Шалхарова Ж.С., Шалхарова Ж.Н., Гржибовский А.М. Типы пищевого поведения и абдоминальное ожирение // Журн. Медицина. 2015. №4. С. 92-95.

17. Жунисова М.Б., Шалхарова Ж.С., Шалхарова Ж.Н., Нускабаева Г.О., Садыкова К.Ж., Маденбай К.М., Гржибовский А.М. Психоэмоциональный стресс как предиктор типа пищевого поведения в Казахстане // Экология человека. 2015. №5. С. 36-45.

18. Зайцев В.М., Лифляндский В.Г., Маринкин В.И. Прикладная медицинская статистика. СПб. : Фолиант, 2003. 428 с.

19. Зуева Л.П., Яфаев Р.Х. Эпидемиология: учебник. СПб : ООО «Издательство Фолиант», 2008. 752 с.

20. Лакин Г.Ф. Биометрия. М. : Высшая школа, 1990. 351 с.

21. Маденбай К.М., Шалхарова Ж.С., Шалхарова Ж.Н., Жунисова М.Б., Садыкова К.Ж., Нускабаева Г.О., Гржибовский А.М. Оценка связи между площадью подкожной жировой ткани и показателями электронейромиографии // Экология человека. 2015. №7. С. 58-64.

22. Петри А., Сэбин К. Наглядная статистика в медицине. М. : ГЭОТАР-Мед, 2003. 140 с.

23. Рахылбеков Т.К., Гржибовский А.М. К вопросу о необходимости повышения качества казахстанских научных публикаций для успешной интеграции в международное научное сообщество // Наука и Здоровоохранение. 2015. №1. С. 5-11.

24. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета

прикладных программ STATISTICA. М. : МедиаСфера, 2002. 312 с.

25. Садыкова К.Ж., Шалхарова Ж.С., Нускабаева Г.О., Садыкова А.Д., Жунисова М.Б., Маденбай К.М., Гржибовский А.М. Распространенность анемии, ее социально-демографические детерминанты и возможная связь с метаболическим синдромом в г. Туркестан, Южный Казахстан // Экология человека. 2015. №8. С. 58-64.

26. Статистический анализ эмпирических исследований [электронный ресурс]. URL:www.statexpert.org/articles/таблицы_критических_значений_статистических_критериев (дата обращения 17.10.2015).

27. Субботина А.В., Гржибовский А.М. Описательная статистика и проверка нормальности распределения количественных данных // Экология человека. 2014. №2. С. 51-57.

28. Субботина А.В., Гржибовский А.М. Сравнение количественных данных в двух парных выборках с использованием пакета статистических программ STATA // Экология человека. 2014. №10. С. 61-64.

29. Флетчер Р. Клиническая эпидемиология. Основы доказательной медицины: пер. с англ. / Р. Флетчер, С. Флетчер, Э. Вагнер. М. : Медиа Сфера, 1998. 352 с.

30. Харькова О.А., Гржибовский А.М. Сравнение двух парных выборок с помощью пакета статистических программ STATA: непараметрические критерии // Экология человека. 2014. №12. С. 55-60.

31. Юнкеров В.И., Григорьев С.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований. СПб :ВМедА, 2002. 266 с.

32. Beaglehole R., Bonita R. Basic epidemiology. World Health Organization, Geneva, 1993.

33. Cleopas T.J. et al. Statistics Applied to Clinical Trials. 4th ed. Springer, 2009.

References:

1. Akanov A.A., Turdalieva B.S., Izenkova A.K., Ramazanova M.A., Abdraimova, Grjibovski A.M. Otsenka ispolzovania statisticheskikh metodov v nauchnykh statyakh Kazakhstana [Assesment of use of statistical methods in scientific articles of the Kazakhstan's medical journals]. Ekologiya cheloveka [Human Ecology]. 2013. 5. pp. 61-64. [in Russian]

2. Banerzhi A. *Meditsinskaya statistika ponyatnym yazykom: vvodnyy kurs* [Medical statistics in plain language: an introductory course]. M. : Prakticheskaya meditsina, 2007. P. 287. [in Russian]
3. Borovikov V. *STATISTICA. Iskusstvo analiza dannykh na kompyutere: dlya professionalov* [STATISTICA. The art of data analysis using computer: for professionals]. SPb. : Piter, 2003. p. 688.
4. Buhl A., Zofel P. *SPSS: isskustvo obrabotki informatsii. Analiz statisticheskikh dannykh i vosstanovlenie skrytykh zakonomernostey* [SPSS: the art of information analysis. Statistical data analysis and hidden regularities identification]. SPb. : OOO «DiaSoftUP», 2005. p. 608. [in Russian]
5. Glants S. *Mediko-biologicheskaya statistika* [The biomedical statistics]. M. : Praktika, 1998. p. 459. [in Russian]
6. Grijbovski A.M. Odnomernyi analiz povtornykh izmereniy [One-way analysis of repeated measures]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2008. 4. pp. 51-60. [in Russian]
7. Grijbovski A.M. Tipy dannikh, proverka raspredeleniya i opisatel'naya statistika [Types of data, distribution estimation and descriptive statistics]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2008. 1. pp. 52-58. [in Russian].
8. Grijbovski A.M., Ivanov S.V., Gorbatova M.A. Issledovaniya tipa sluchay-kontrol v zdavoohranenii [Case-control studies in health sciences]. *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2015, 4, pp. 5-17 [in Russian].
9. Grijbovski A.M., Ivanov S.V. Kogortnie issledovaniya v zdavoohranenii [Cohort studies in health sciences]. *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2015, 3, pp. 5-16. [in Russian].
10. Grijbovski A.M., Ivanov S.V. Poperechnie (odnomomentnie) issledovanoya v zdavoohranenii [Cross-sectional studies in health sciences]. *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2015, 2, pp. 5-18. [in Russian].
11. Grijbovski A.M., Ivanov S.V. Opisatel'naya statistika s ispol'zovaniyem paketov statisticheskikh program Statistica i SPSS [Descriptive statistics using Statistica and SPSS software]. *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2016. 1. pp. 7-23 [in Russian].
12. Grijbovski A.M., Ivanov S.V., Gorbatova M.A. Sravneniye kolichestvennykh dannykh dvukh nezavisimyykh vyborok s ispol'zovaniyem programmogo obespecheniya Statistica i SPSS: parametricheskiye i neparametricheskiye kriterii [Comparing the quantitative data of two independent groups using the software Statistica and SPSS: parametric and nonparametric tests] // *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2016. 2. pp. 5-28. [in Russian].
13. Grijbovski A.M., Ivanov S.V., Gorbatova M.A. Ekologicheskiye (korrelyatsionnye) issledovaniya v zdavoohranenii [Ecological (correlational) studies in health sciences]. *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2015, 5, pp. 5-18. [in Russian].
14. Grijbovski A.M., Ivanov S.V., Gorbatova M.A. Eksperimentalnie issledovaniya v zdavoohranenii [Experimental studies in health sciences]. *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2015, 6, pp. 5-17 [in Russian].
15. Ermolaev O.Yu. *Matematicheskaya statistika dlya psikhologov* [Mathematical statistics for psychologists]. Moscow, Flints psychological and social institute, 2003, 336 p.
16. Zhunissova M.B., Shalkarova Zh.S., Shalkarova Zh. N., Nuskabayeva G.O., Sadykova K. Zh., Madenbay K.M., Grijbovski A.M. Tipy pischevogo povedeniya i abdominalnoe ozhirenie [Eating behavior types and abdominal obesity]. *Medicine*. 2015. 4. pp. 92-95. [in Russian].
17. Zhunissova M.B., Shalkarova Zh.S., Shalkarova Zh. N., Nuskabayeva G.O., Sadykova K. Zh., Madenbay K.M., Grijbovski A.M. Psykhoemotsionalniy stress kak predictor tipa pischevogo povedeniya v Kazakhstane [Psychoemotional stress and eating behavior in Kazakhstan]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015. 5. pp. 36-45. [in Russian]
18. Zaitsev V.M., Lifyandskiy V.G., Marinkin V.I. *Prikladnaya meditsinskaya statistika* [Applied medical statistics]. SPb.: Foliant, 2003. p. 428. [in russian]
19. Zueva L.P., Yafaev R.H. *Epidemiologiya: uchebnik* [Epidemiology: the textbook]. SPb : OOO «Izdatelstvo Foliant», 2008. p. 752. [in Russian].
20. Lakin G.F. *Biometria* [Biometrics]. M. : Viscshaya shkola. 1990. P. 351. [in Russian].
21. Madenbay K.M., Shalkarova Zh.S., Shalkarova Zh. N., Zhunissova M.B., Sadykova K. Zh., Nuskabayeva G.O., Grijbovski A.M. Otsenka svyazi mezhdru ploshadyu podkozhnoi zhirovoi tkani i pokazatelyami

electroneymyografi [Assesment of the relationship between subcutaneous fat tissue an results of electromyoneurography]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015. 7. pp. 58-64. [in Russian].

22. Petri A., Sebin K. *Naglyadnaya statistika v meditsine* [Demonstrative statistics in medicine]. M. : GEOTAR-Med, 2003. p. 140. [in Russian].

23. Rakhypbekov T.K., Grijbovski A.M. K voprosu o neobkhodimosti povysheniya kachestva kazakhstanskih nauchyh publikatsii dlya uspeshnoi integratsii v mezhdunarodnoe nauchnoe soobshchestvo [The need for improvement of the quality of Kazakhstani publications for successful integration in the international research community]. *Nauka i Zdravookhranenie* [Science & Healthcare]. 2015. No.1. PP. 5-11 [in Russian].

24. Rebrova O. Yu. Statisticheskiy analiz meditsinskih daanikh. Primenenie paketa prikladnikh program STATISTICA [Statistical analysis of medical data. Using of STATISTICA software]. M. : Media Sphera, 2002. p. 312 [in Russian].

25. Sadykova K.Zh., Shalkharova Zh.S., Shalkharova Zh.N. Nuskabaeva G.O., Sadykova A.D., Zhunissova M.B., Madenbay K.M., Grijbovski A.M. Rasprostranennost' anemii, yeye sotsial'no - demograficheskiye determinanty i vozmozhnaya svyaz' s metabolicheskim sindromom v g. Turkestan, Yuzhniy Kazakhstan [Prevalence of anemia, its socio-demographic determinants and potential association with metabolic syndrome in residents of Turkestan, Southern Kazakhstan]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015. No.8. P. 58-64. [in Russian]

26. Statistical analysis of empirical research [website] Available at: www.statexpert.org/articles/таблицы_критически_значений_статистических_критериев (Accesed 10 October 2015).

27. Subbotina A.V., Grijbovski A.M. Opisatel'naya statistika i proverka normal'nosti raspredeleniya kolichestvennih dannikh [Descriptive statistics and normality testing for quantitative data]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014. 2. pp. 51-57. [in Russian].

28. Subbotina A.V., Grijbovski A.M. Sravnenie kolichestvennykh dannikh v dvukh parnykh vyborkakh s ispolzovaniem paketa statisticheskikh program STATA [Comparison of quantitative data in two paired samples using STATA software]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014. 10. pp. 61-64. [in Russian].

29. Fletcher R. et al. *Klinicheskaya epidemiologiya. Osnovy dokazatel'noi meditsiny* [Clinical epidemiology. Basics of the evidence-based medicine] / R. Fletcher, C. Fletcher, E. Vagner. M. : Media Sphere, 1998. 352 p. [in Russian].

30. Kharkova O.A., Grijbovski A.M. Sravnenie dvukh parnykh vyborok s pomoshch'yu paketa statisticheskikh programm STATA: neparametricheskie kriterii [Non-Parametric Tests for two paires samples using STATA]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014. 12. pp. 55-60. [in Russian].

31. Yunkerov V.I., Grigoryev S.G. *Matematiko-statisticheskaya obraboka dannykh meditsinskikh issledovaniy* [Mathematical and statistical analysis of medical research data]. SPb: VMedA, 2002. P. 266. [in Russian].

Контактная информация:

Гржибовский Андрей Мечиславович – доктор медицины, магистр международного общественного здравоохранения, Старший советник Национального Института Общественного Здравоохранения, г. Осло, Норвегия; Руководитель отдела международных программ и инновационного развития ЦНИЛ СГМУ, г. Архангельск, Россия; Профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения Медицинского Института Северо-Восточного Федерального Университета, г. Якутск, Россия; Профессор Международного Казахско-Турецкого Университета им. Х.А. Ясяви, г, Туркестан, Казахстан.

Почтовый адрес: INFA, Nasjonalt folkehelseinstitutt, Postboks 4404 Nydalen, 0403 Oslo, Norway.

Email: Andrej.Grijbovski@gmail.com

Телефон: +4745268913 (Норвегия), +79214717053 (Россия), +77471262965 (Казахстан).