



Статистические методы в научных исследованиях

**Частоедова И.А. – зав. кафедрой
нормальной физиологии, к.м.н.,
доцент**

- Эмпирические данные— это данные, полученные в результате исследования, всегда опосредованы использованием какой-либо измерительной процедуры, методики или теста
-

- **Количественные данные**– это данные, получаемые при измерениях (результаты тестирования в баллах)
 - **Порядковые данные** – это данные соответствующие местам этих элементов в последовательности, полученной при их расположении в возрастающем порядке (ранжирование)
 - **Качественные данные** представляют собой какие-то свойства элементов выборки или популяции, их нельзя измерить, оценкой служит частота встречаемости.
-

- **Выборка** – это ограниченная по численности группа объектов, специально отбираемая из генеральной совокупности для изучения ее свойств. Изучение на выборке свойств генеральной совокупности называется выборочным исследованием.
-

- **Репрезентативность** – это способность выборки представлять изучаемые явления достаточно полно – с точки зрения их изменчивости в генеральной совокупности. Репрезентативность выборки является основным критерием при определении границ генерализации выводов исследования.

Способы обеспечения репрезентативности:

- простой (случайный) рандомизированный отбор
 - стратифицированный (случайный) отбор – с учетом качеств, которые могут повлиять на изменчивость изучаемого свойства
-

- **Статистическая достоверность-** определяется при помощи методов статистического вывода. Они предъявляют требования к численности или объему выборки.
-



Строгих рекомендаций по определению объема выборки нет, тем не менее, можно сформулировать наиболее общие рекомендации:

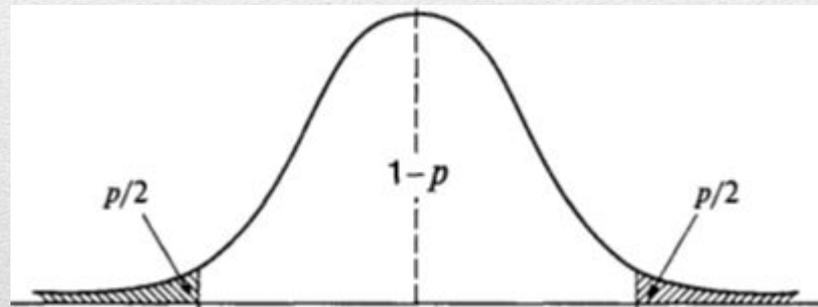
- наибольший объем выборки необходим при разработке диагностической методики от 200 до 1000 – 2000 человек
 - при сравнении 2 выборок их общая численность д.б. не менее 50 чел
 - При изучении взаимосвязи между к-л свойствами объем выборки д.б. не менее 30 - 35 чел
 - Чем больше изменчивость изучаемого свойства, тем больше д.б. объем выборки. При этом уменьшаются возможности генерализации выводов.
-

Виды выборок:

- зависимая выборка – каждому испытуемому 1 выборки соответствует испытуемый 2 выборки
 - независимая выборка – испытуемые в выборках не зависят друг от друга
-

- 
- Уровень значимости – это вероятность того, что различия сочли существенными, что они не случайны
 - В биологических и медицинских исследованиях приняты 5% и 1% уровни значимости
-

Что такое p -уровень ?



p -уровень значимости- вероятность случайного получения такого (или большего) отклонения от того, что утверждает H_0

Интерпретация уровней значимости

Уровень значимости	Возможный статистический вывод
$p > 0,1$	Статистически достоверные различия не обнаружены
$p \leq 0,1$	Различия обнаружены на уровне тенденций
$p \leq 0,05$	Статистически достоверные (значимые) различия обнаружены
$p \leq 0,01$	Различия обнаружены на высоком уровне статистической значимости

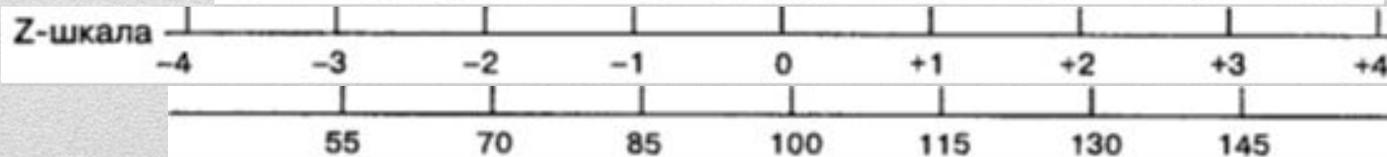
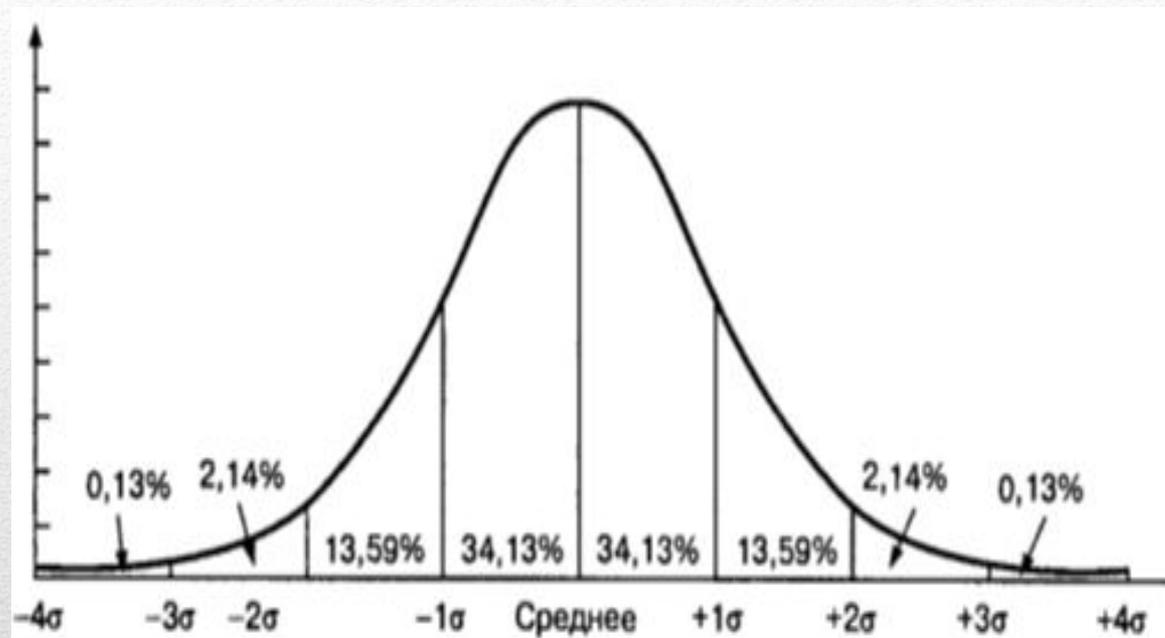
- 
- Как правильно представить результаты исследования?
 - в таблицах Excel
-

№ участника	Показатели ДО								
	МО	СКО	Размах	Мода	АМ	КМ	ИН	Диф. Инд	pRR50
1(Таня)	0,71	0,05	0,18	0,73	43	244	168	20	4
2(Марго)	0,78	0,05	0,16	0,82	55	335	203	28	0
3(Андрей)	0,64	0,04	0,16	0,68	62	388	287	35	0
4(Дали)	0,81	0,07	0,33	0,88	32	98	56	20	23
5(Макс)	0,9	0,09	0,47	0,98	22	47	24	17	32
6(Катя)	0,86	0,13	0,5	0,88	24	48	28	16	40
7(Лера)	0,67	0,04	0,37	0,73	46	124	85	42	6
8(Ирина)	0,79	0,04	0,25	0,82	43	171	103	28	1
9(Настя)	0,81	0,1	0,47	0,82	23	49	30	26	26
10(Алина)	0,55	0,02	0,06	0,57	60	1071	932	23	0
11(Аня)	0,72	0,05	0,34	0,77	41	119	77	36	10
12(Илья)	0,88	0,05	0,21	0,93	57	269	145	27	1
13(Денис)	0,89	0,07	0,31	0,93	33	106	57	10	23
14(Вадим)	1	0,06	0,31	1,08	42	135	63	26	12
15(Егор)	0,75	0,06	0,38	0,77	41	109	70	35	3
счет	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Среднее	0,784	0,061333	0,3	0,826	41,6	220,8667	155,2	25,93333	12,06667
станотклон	0,116	0,028	0,129	0,127	13,097	257,268	227,003	8,639	13,312
ошибка	0,030	0,007	0,033	0,033	3,382	66,426	58,612	2,231	3,437
№ участника	Показатели ПОСЛЕ								
	МО	СКО	Размах	Мода	АМ	КМ	ИН	Диф.инд	pRR50
1(Таня)	0,67	0,06	0,17	0,68	42	244	181	19	2
2(Марго)	0,75	0,06	0,28	0,82	55	135	92	41	1
3(Андрей)	0,75	0,17	0,88	0,68	43	151	12	39	20
4(Дали)	0,92	0,17	0,66	1,13	14	21	9	34	29
5(Макс)	1,19	0,13	0,87	1,27	21	24	9	27	35
6(Катя)	1,02	0,18	0,56	1,23	21	38	15	14	41
7(Лера)	0,86	0,13	0,62	0,88	14	23	13	26	26
8(Ирина)	0,88	0,05	0,26	0,93	41	155	84	17	21
9(Настя)	0,96	0,09	0,49	1,02	25	51	25	31	25
10(Алина)	0,84	0,06	0,41	0,88	37	90	51	24	22
11(Аня)	0,81	0,05	0,26	0,88	44	169	27	16	7
12(Илья)	0,92	0,12	0,64	0,88	21	33	19	18	33
13(Денис)	0,91	0,13	0,52	0,82	21	40	23	12	40
14(Вадим)	0,88	0,12	0,53	0,88	15	28	16	21	31
15(Егор)	0,76	0,04	0,18	0,82	44	250	41	21	0
счет	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Среднее	0,874667	0,104	0,488667	0,92	30,53333	96,8	41,13333	24	22,2
станотклон	0,127	0,049	0,228	0,174	13,580	81,178	46,586	8,912	13,847
ошибка	0,033	0,013	0,059	0,045	3,506	20,960	12,028	2,301	3,575

- 
- С чего начать обработку результатов?
 - С проверки нормальности распределения!
-

- Нормальное распределение характеризуется тем, что крайние значения признака в нем встречаются достаточно редко, а значения, близкие к средней величине – достаточно часто.
 - График нормального распределения представляет собой так называемую колоколообразную кривую.
-

Нормальное распределение



$M \pm \sigma$ соответствует $\approx 68\%$ (точно — 68,26%) площади;
 $M \pm 2\sigma$ соответствует $\approx 95\%$ (точно — 95,44%) площади;
 $M \pm 3\sigma$ соответствует $\approx 100\%$ (точно — 99,72%) площади.

90% всех случаев располагается в диапазоне значений $M \pm 1,64\sigma$;
95% всех случаев располагается в диапазоне значений $M \pm 1,96\sigma$;
99% всех случаев располагается в диапазоне значений $M \pm 2,58\sigma$.

STATISTICA™

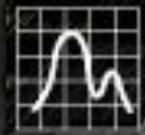


STATISTICA
Release: 6

This product licensed to:
user

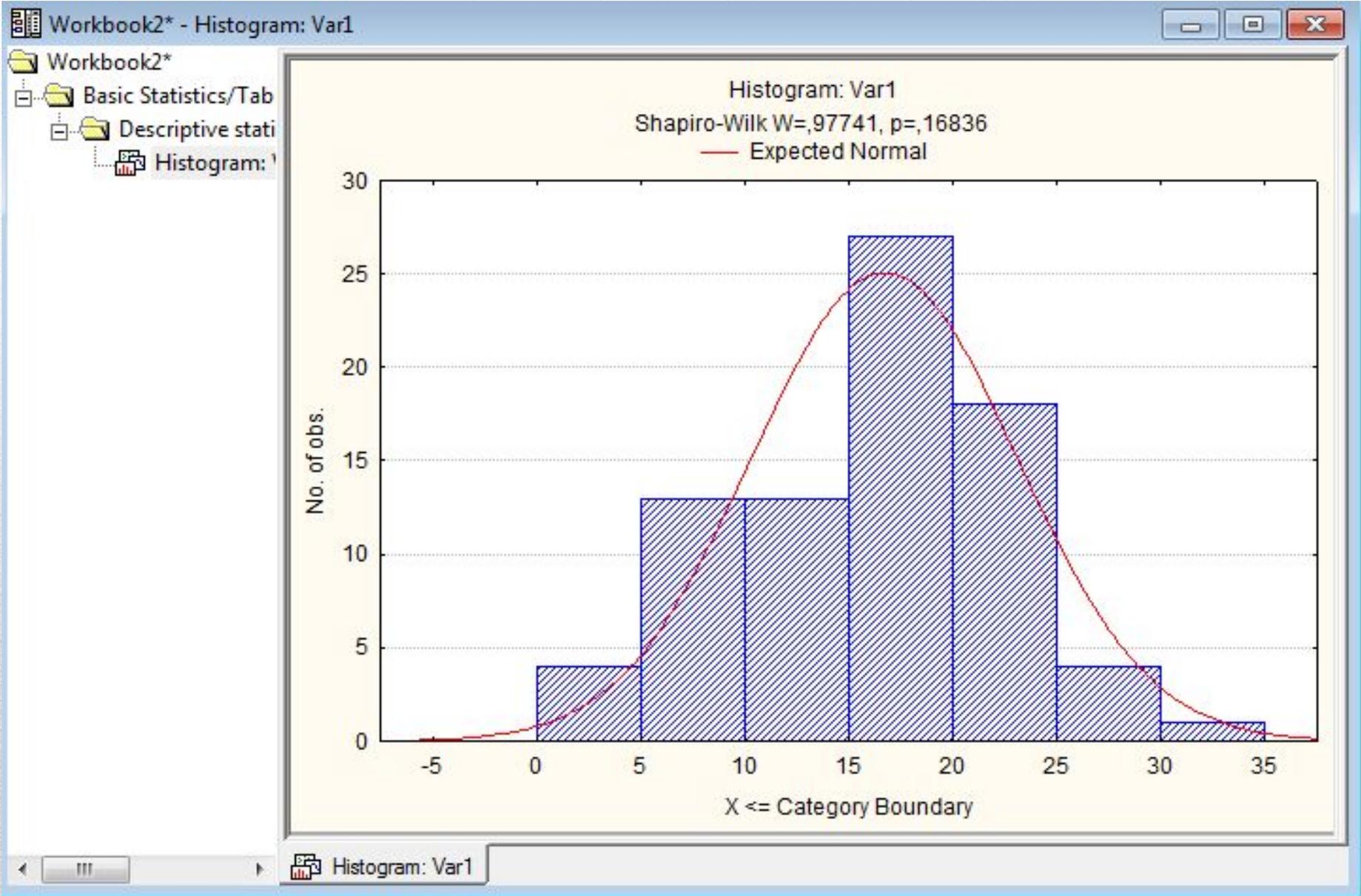
31415926535897

Copyright © StatSoft, Inc. 1984-2001.
All rights reserved. This program is
protected by US and international
copyright laws.



StatSoft®

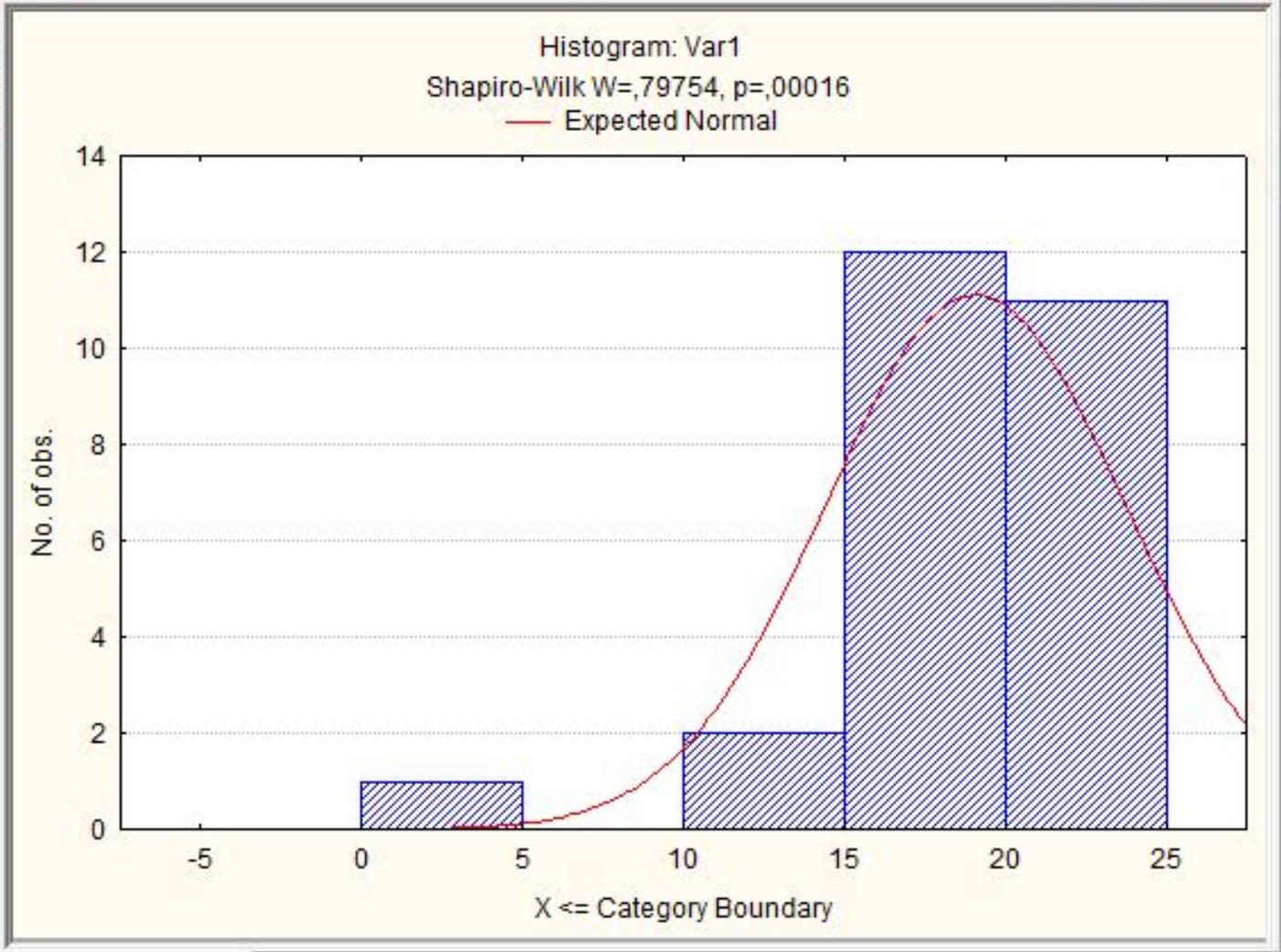
- Какие использовать тесты?
 - Колмогорова -Смирнова
 - Шапиро-Уилка (предпочтительнее, особенно при небольших выборках ($n=3-50$)- обладает наибольшей мощностью (т.е. чаще выявляет различия между распределениями)
-



- Получаем $p=0,16836$, т.е. различий нет, данные распределены нормально
-

Workbook4* - Histogram: Var1

Workbook4*
Basic Statistics/Tab
Descriptive stati
Histogram: 1



Histogram: Var1

- Получаем $p=0,00016$, т.е. различия есть, распределение данных не соответствует нормальному
-

Как выбрать метод ?

- Если Вы имеете дело с порядковыми и качественными признаками, то подходят только непараметрические методы.
 -
 - Если признак числовой, стоит подумать, нормально ли его распределение. Если данных мало (или Вы не хотите думать о типе распределения) - воспользуйтесь непараметрическими методами.
-

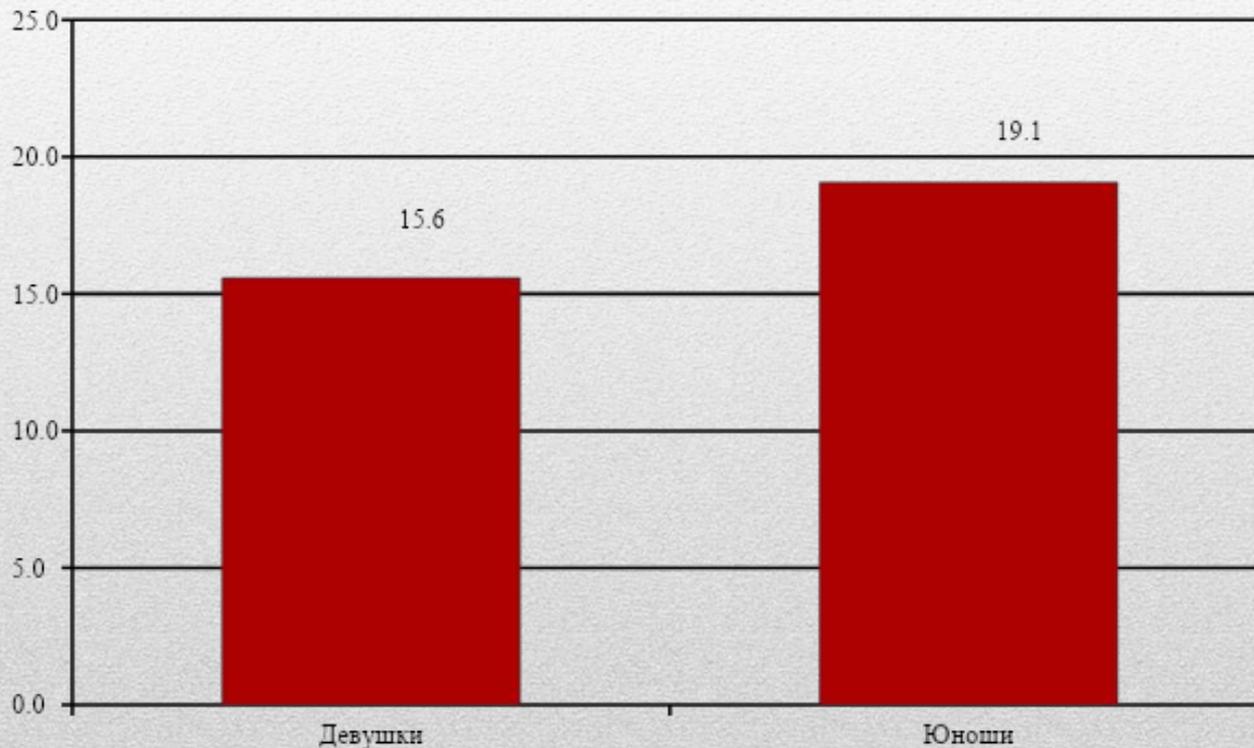


Сравнения двух выборок

Выбор параметрического метода

Признак	сравнение 2 групп	сравнение > 2 групп	Одна группа до и после воздействия	Одна группа несколько видов воздействия	Связь признаков
количественный (нормальное распределение)	критерий Стьюдента	дисперсионный анализ	парный критерий Стьюдента	дисперсионный анализ	Корреляция r Пирсона

- Например сравнение средних показателей уровня утомления у мальчиков (26 человек) и девочек (54 человека)



	1 Var1	2 Var2
1	12	20
2	16	20
3	20	22
4	22	18
5	28	20
6	26	18
7	10	16
8	10	22
9	24	18
10	20	22
11	10	22
12	20	18
13	20	16
14	22	16
15	10	2
16	24	22
17	18	14
18	14	22
19	12	22
20	2	20
21	4	24
22	28	12
23	18	24
24	14	20
25	8	24
26	18	22
27	16	
28	32	
29	20	
30	16	
31	12	
32	10	
33	8	
34	16	
35	14	
36	14	

T-Test for Independent Samples by Variables: Spreadsheet...

Variables (groups):

First list: ALL

Second list: none

Quick Options

Summary: T-tests

Box & whisker plot

Summary

Cancel

Options ▾

SELECT CASES

Weighted moments

DF = W-1 N-1

Nonstandard data arrangement: It is assumed that each variable contains the data for one group.

Select two variable lists (lists of groups)

1-Var1
2-Var2

1-Var1
2-Var2

OK

Cancel

Select All Spread Zoom

Select All Spread Zoom

First variable (group) list: 1

Second variable (group) list: 2

Результаты вычислений

STATISTICA - [Workbook2* - T-test for Independent Samples (Spreadsheet1 in Workbook1)]

File Правка Вид Вставка Формат Статистика Графики Инструменты Данные Workbook Окно Помощь

Добавить в книгу Добавить в отчет

Workbook2*

- Basic Statistics/Tab
 - T-test for indep
 - T-test for In

T-test for Independent Samples (Spreadsheet1 in Workbook1)
Note: Variables were treated as independent samples

Group 1 vs. Group 2	Mean Group 1	Mean Group 2	t-value	df	p	Valid N Group 1	Valid N Group 2	Std.Dev. Group 1	Std.Dev. Group 2	F-ratio Variances	p Variances
Var1 vs. Var2	15,59259	19,07692	-2,35804	78	0,020878	54	26	6,789333	4,672670	2,111174	0,044273



То есть, различия статистически значимы

Непараметрические методы

Условия, когда применение непараметрических методов является оправданным:

- распределение признака не соответствует закону нормального распределения
 - выборка слишком мала, чтобы решить вопрос о соответствии распределения нормальному- если выборка менее 10 объектов, то результаты применения непараметрических методов можно рассматривать лишь как предварительные
 - не выполняется требование гомогенности дисперсии при сравнении средних значений для независимых выборок
-

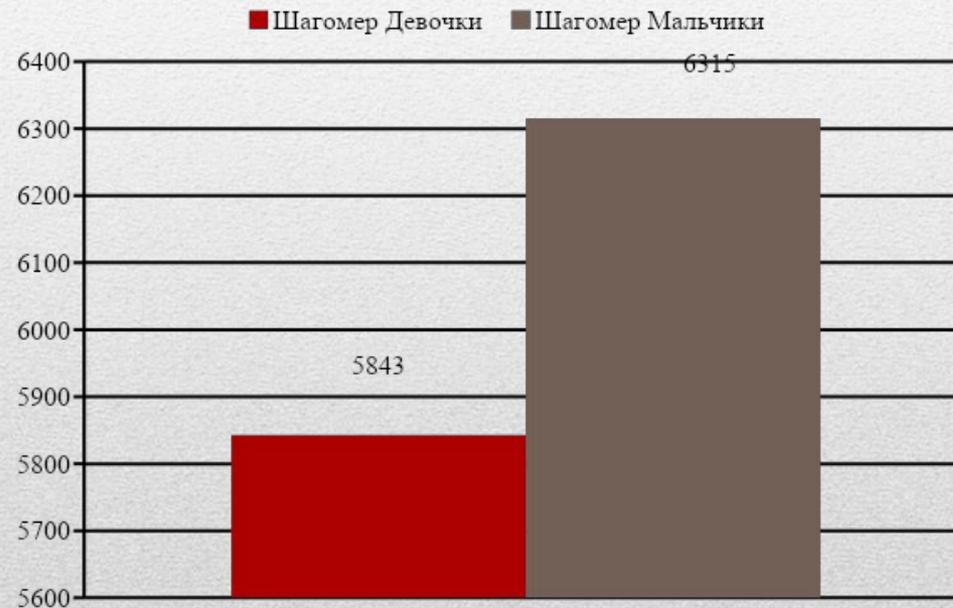
Выбор непараметрического метода

Признак	Сравнение 2 групп	Сравнение > 2 групп	Одна группа до и после воздействия	Одна группа несколько видов воздействия	Связь признаков
Порядковый, количественный	U-Манна-Уитни	H-Крускала - Уоллеса	T-Вилкоксона	Критерий Фридмана	Корреляция Спирмена
Качественный	критерий χ^2 (хи-квадрат), Z-критерий	критерий χ^2 (хи-квадрат)	Критерий Мак-Нимара	Критерий Кокрена	Коэффициент сопряженности

- Самым популярным и наиболее чувствительным (мощным) аналогом критерия t-Стьюдента для независимых выборок является **критерий U-Манна-Уитни**. Критерий предназначен для оценки различий между 2 выборками по уровню какого-либо признака, количественно измеренного. Он позволяет выявлять различия между малыми выборками, когда $n_1, n_2 \geq 3$ или $n_1 = 2, n_2 \geq 5$.
-

- Ограничения критерия:
 - - в каждой выборке должно быть не менее 3 наблюдений, допускается что в 1 выборке 2 наблюдения, тогда в другой д.б. на менее 5
 - - в выборке должно быть не более 20 наблюдений, при большем количестве затруднено ранжирование.
-

- Например сравнение средних показателей количества шагов в сутки у мальчиков (11 человек) и девочек (17 человек)



Workbook3* - Sign Test (Spreadsheet1 in Workbook1)

Workbook3*

- Nonparametrics (Sp
- Nonparametric
- Sign Test (Sp

Sign Test (Spreadsheet1 in Workbook1)				
Marked tests are significant at $p < ,05000$				
Pair of Variables	No. of Non-ties	Percent $v < V$	Z	p-level
Var1 & Var2	11	63,63636	0,603023	0,546494



То есть, различия обнаружены на уровне тенденций

- Самым чувствительным (мощным) аналогом критерия t-Стьюдента для зависимых выборок является критерий **T-Вилкоксона**.
 - Критерий применяется для сопоставления показателей, измеренных в 2 разных условиях на одной и той же выборке испытуемых.
 - Он позволяет установить не только направленность изменений, но и их выраженность.
 - С его помощью мы определяем, является ли сдвиг показателей в каком-то одном направлении более интенсивным, чем в другом.
-

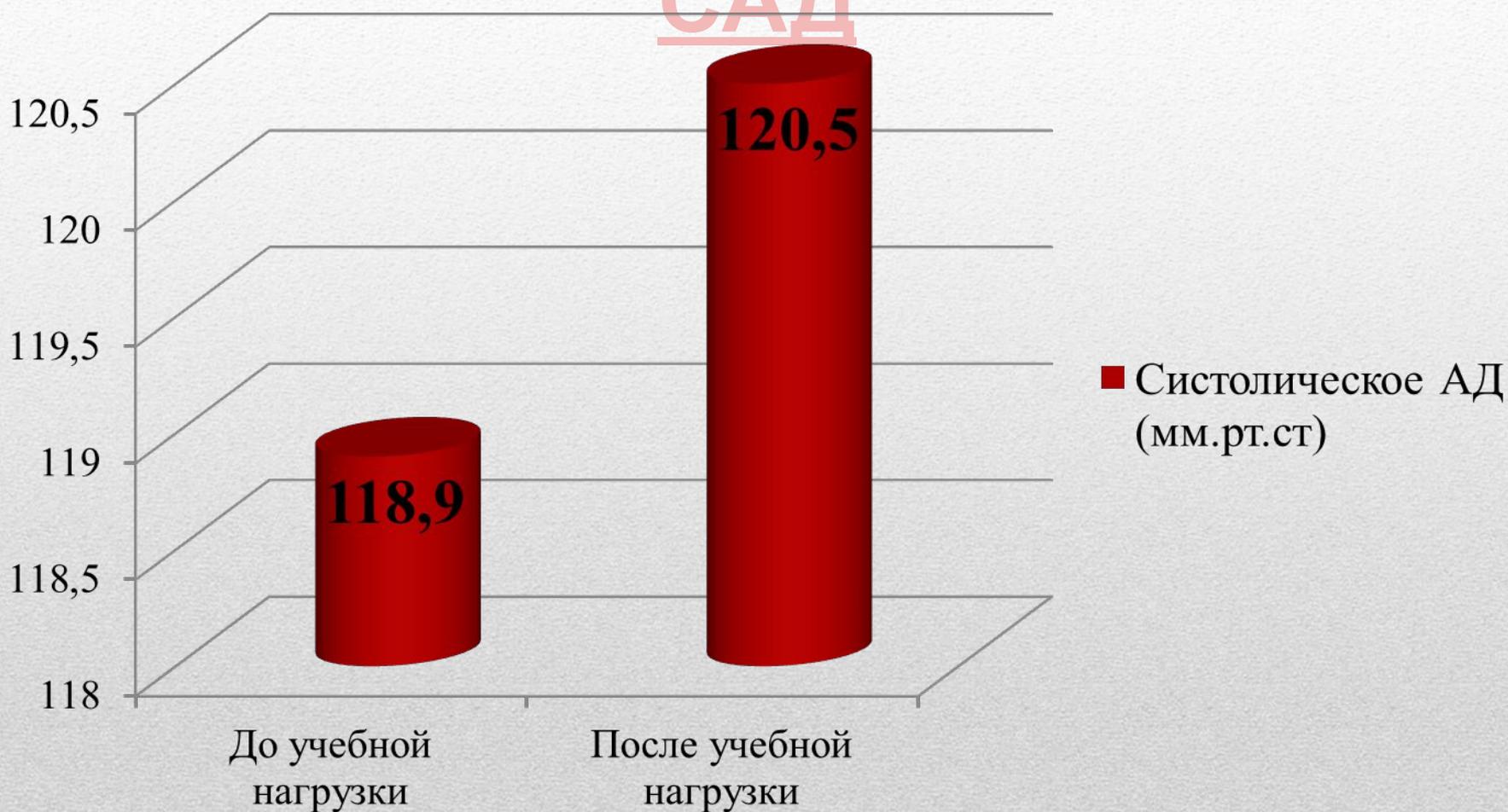
- 
- Суть метода состоит в том, что мы сопоставляем выраженность сдвигов в том и ином направлениях по абсолютной величине

Условия применения критерия:

- - обычно применяют на выборках объемом от 12 и более элементов
 - - минимальное количество испытуемых 5 – максимальное 50
-

Средние показатели

САД



$p = 0,04 (<0,5)$ – достоверно (критерий Уилкоксона)

Корреляционный анализ

- **Корреляционная связь** – это согласование изменения двух признаков или большего множества признаков (множественная корреляция). Она означает, что изменчивость одного признака находится в некотором соответствии с изменчивостью другого.
-

Виды корреляционной связи:

• По форме

- Прямолинейная
 - Криволинейная (между мотивацией и эффективностью выполнения задачи –при повышении мотивации эффективность выполнения задачи вначале возрастает, достигает оптимума, затем снижается, несмотря на дальнейшее повышение мотивации)
-

Виды корреляционной связи:

• По направлению и знаку:

- Прямая (положительная) – с увеличением одного признака второй тоже увеличивается или с уменьшением одного другой тоже уменьшается
 - Обратная (отрицательная) – с увеличением одного признака второй уменьшается
-

Виды корреляционной связи:

По силе:

Сила связи не зависит от ее направленности. Коэффициент корреляции r может изменяться от -1 до $+1$. $r=0$, отсутствие связи.

Классификация связи по силе (по Ивантер Э.В., Коросову А.В., 1992)

- Очень слабая (малая, низкая) – $0-0,19$
 - Слабая $-0,20 – 0,29$
 - Умеренная - $0,3-0,49$
 - Средняя – $0,50-0,69$
 - Сильная (большая, высокая) – $0,7 – 1,0$
-

Виды корреляционной связи:

По достоверности:

- Высокая значимая корреляция $p \leq 0,01$
 - Значимая корреляция $p \leq 0,05$
 - Незначимая корреляция $p > 0,05$
-

Факторы, влияющие на корреляцию:

- Выбросы – экстремально большие или малые значения признака.
- «Третья» переменная – иногда корреляция между 2 переменными обусловлена не связью между соответствующими свойствами, а влиянием некоторой общей причины совместной изменчивости этих переменных, которая зачастую выпадает из поля зрения исследователя.
- Нелинейные связи – (например – связь тревожности и продуктивности деятельности – вид купола). Можно разделить выборку на подгруппы по выраженности признака и коэффициент корреляции определить отдельно по подгруппам.

Корреляционные матрицы

- Часто корреляционный анализ включает в себя изучение связей не двух, а множества переменных, измеренных в количественной шкале на 1 выборке. В этом случае вычисляются корреляции для каждой пары из этого множества переменных. Вычисления проводят на компьютере, а результатом является корреляционная матрица.
 - Корреляционная матрица – это результат вычисления корреляций одного типа для каждой пары из множества переменных, измеренных в количественной шкале на одной выборке.
-

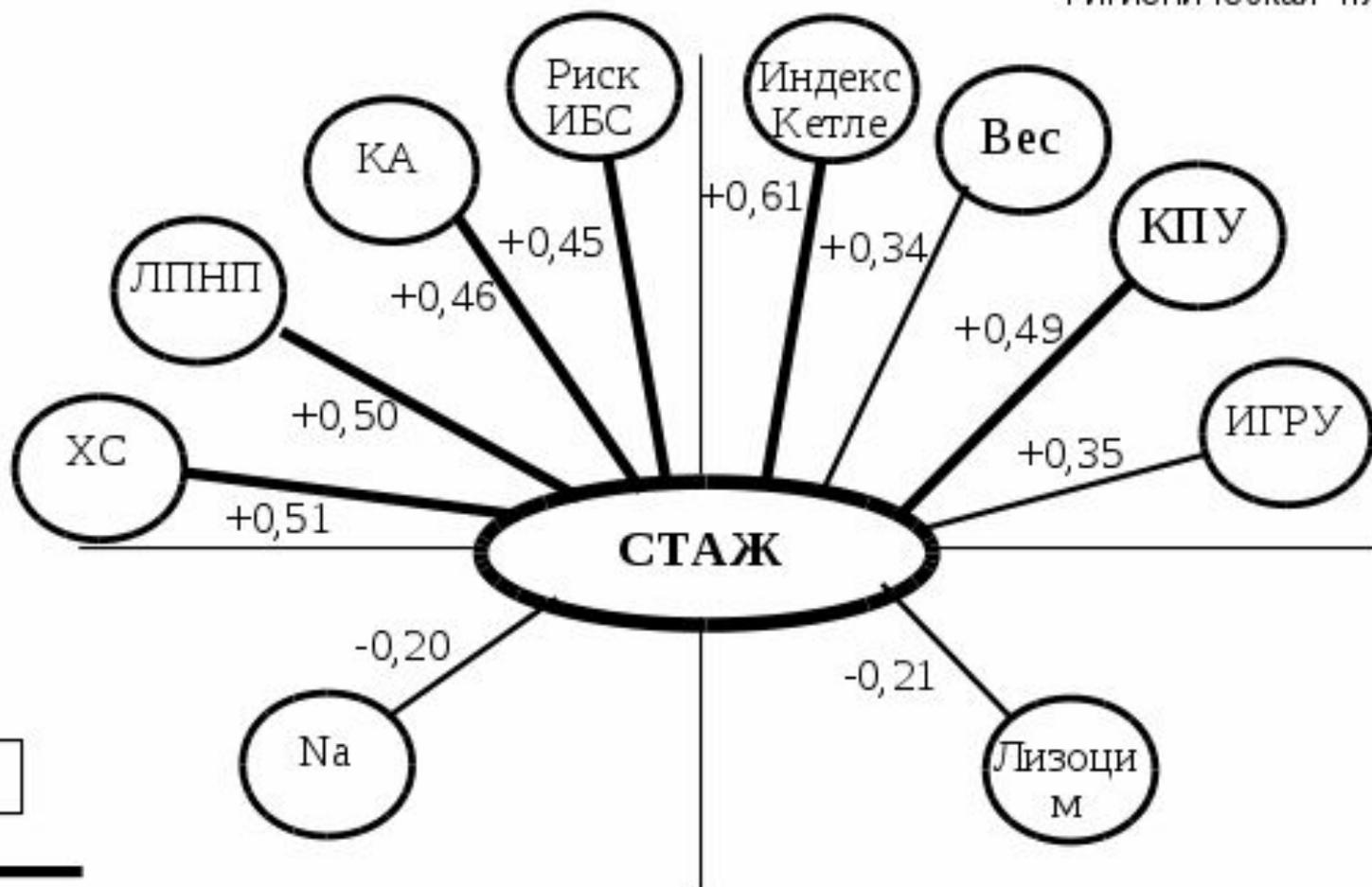
Таблица 7.7

Матрица частных коэффициентов корреляции

Показатель	y	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
y	1					
x_1	0,59	1				
x_2	0,48	-0,136	1			
x_3	0,39	0,019	0,003	1		
x_4	-0,36	0,090	-0,14	-0,14	1	
x_5	0,31	0,098	0,16	0,48	0,082	1

- После решения проблемы статистической значимости элементов корреляционной матрицы статистически значимые корреляции можно представить графически в виде корреляционной плеяды (фигура, состоящая из вершин и соединяющих ее линий).
-

+r



-r





Качественный анализ данных (процентное распределение)

"Хи-квадрат"

Критерий "Хи-квадрат" позволяет сравнивать распределения частот вне зависимости от того, распределены они нормально или нет.



Под частотой понимается количество появлений какого-либо события.

Обычно, с частотой появления события имеют дело, когда переменные измерены в шкале наименований и другой их характеристики, кроме частоты подобрать невозможно или проблематично. Другими словами, когда переменная имеет качественные характеристики.

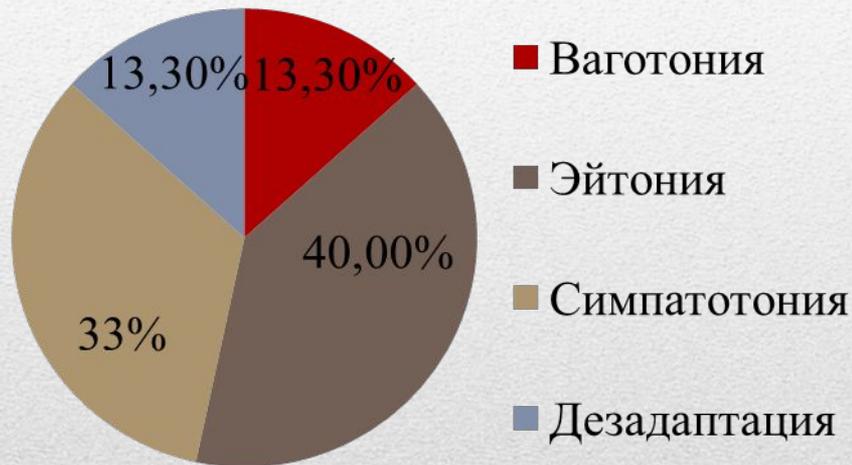


Так же многие исследователи склонны переводить баллы теста в уровни (высокий, средний, низкий) и строить таблицы распределений баллов, чтобы узнать количество человек по этим уровням.

Чтобы доказать, что в одном из уровней (в одной из категорий) количество человек действительно больше (меньше) так же используется коэффициент Хи-квадрат.

Процентное распределение по вегетативному тонусу

До нагрузки

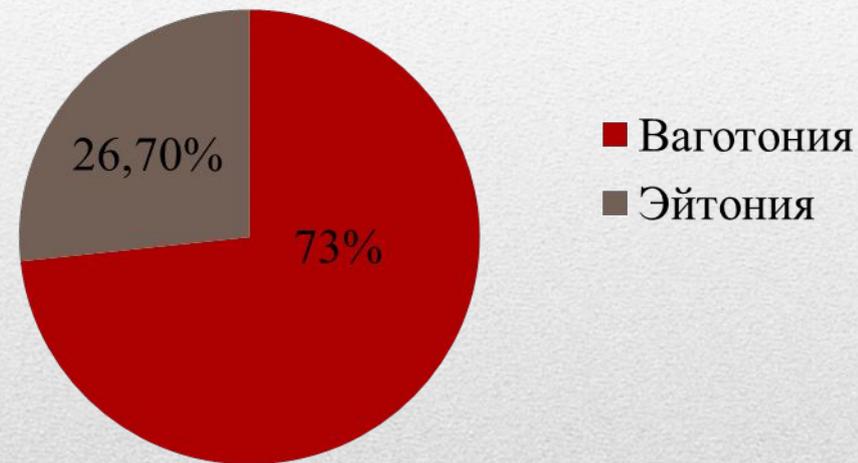


Всего – 15 человек

Ваготония -2

Эйтония- 6

После нагрузки

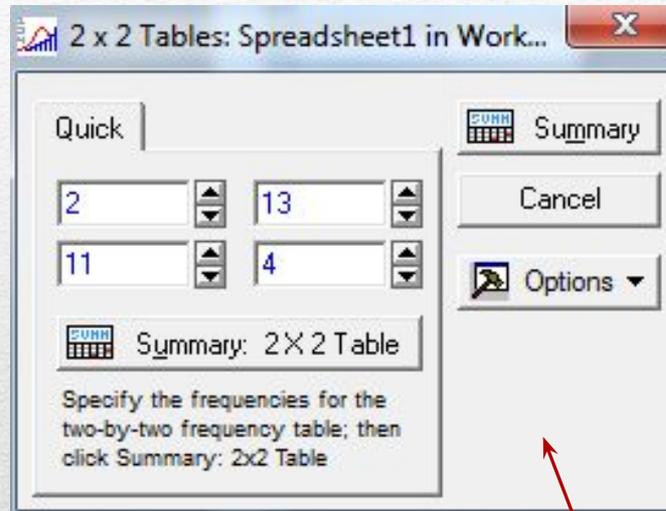


Всего – 15 человек

Ваготония -11

Эйтония- 4

Таблицы сопряженности 2x2



Во вводную таблицу необходимо ввести количество с ваготонией до (2 человека) и после (11 человек) и не имеющих этого признака (разность между общей численностью группы и числом лиц с данным признаком)
