

# BIOSTATISTIKA

*Tato prezentace je autorským dílem vytvořeným zaměstnanci Masarykovy univerzity. Studenti předmětu mají právo pořídit si kopii prezentace pro potřeby vlastního studia. Jakékoliv další šíření prezentace nebo její části bez svolení Masarykovy univerzity je v rozporu se zákonem.*

# Analýza kontingenčních tabulek

Kontingenční tabulky

Pearsonův chí-kvadrát test (test dobré shody)

Fisherův exaktní test

McNemarův test

# Kontingenční tabulka

- Sumarizuje **vztah** dvou **kategoriálních proměnných**.
- Řádky ( $r$ ) jsou tvořeny hodnotami (kategoriemi) prvního znaku, sloupce ( $c$ ) hodnotami druhého znaku.
- V příslušné buňce tabulky je uveden počet případů s hodnotou prvního znaku odpovídající příslušnému řádku a druhého znaku s hodnotou odpovídající příslušnému sloupci.

	$y_1$	...	$y_c$	
$x_1$	$n_{11}$	...	$n_{1c}$	$n_{1.}$ → Marginální četnost
...	...	...	...	...
$x_r$	$n_{r1}$	...	$n_{rc}$ → Absolutní četnost	$n_{r.}$
	$n_{.1}$ → Marginální četnost	...	$n_{.c}$	$N$ → Celkový počet

# Ukázka kontingenční tabulky

## Vztah pohlaví a výskytu onemocnění

	Nemocný	Zdravý	Celkem
Muž	45	11	56
Žena	25	6	31
Celkem	70	17	87



**Jsou více nemocní  
muži nebo ženy?**

	Nemocný	Zdravý	Celkem
Muž	a	b	a + b
Žena	c	d	c + d
Celkem	a + c	b + d	a + b + c + d

Absolutní četnost

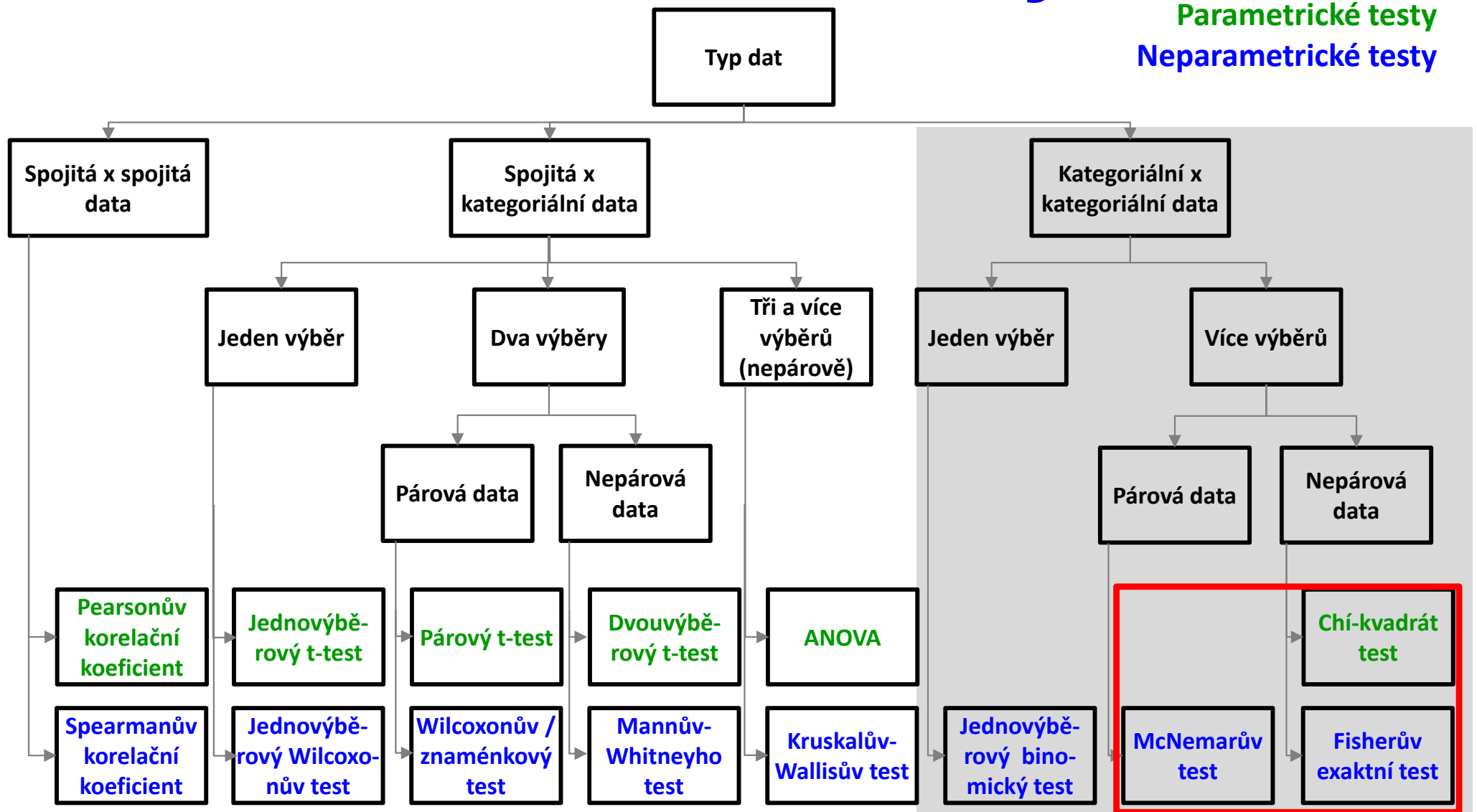
Marginální četnost

Celkový počet

# Analýza kontingenčních tabulek

- Analýza kontingenčních tabulek umožňuje analyzovat **vazbu mezi dvěma kategoriálními proměnnými**. Základním způsobem testování je tzv. **chí-kvadrát test**, který **srovnává pozorované četnosti kombinací kategorií oproti očekávaným četnostem**, které vychází z teoretické situace, kdy je vztah mezi proměnnými náhodný.
- Test dobré shody je využíván také pro **srovnání pozorovaných četností proti očekávaným četnostem daným určitým pravidlem** (např. Hardy-Weinbergova rovnováha v genetice).
- Specifickým typem výstupů odvozených z kontingenčních tabulek jsou tzv. **poměry šancí a relativní rizika**, využívaná často v medicíně pro identifikaci rizikových skupin pacientů.

# Základní statistické testy



# Test dobré shody – princip

- Srovnání pozorovaných četností oproti očekávaným četnostem, které vychází z teoretické situace, kdy je vztah mezi proměnnými náhodný.

- Testová statistika  $\chi^2 = \sum \frac{(\text{pozorovaná četnost} - \text{očekávaná četnost})^2}{\text{očekávaná četnost}}$

$$\chi^2 = \underbrace{\frac{(\text{pozorovaná četnost} - \text{očekávaná četnost})^2}{\text{očekávaná četnost}}}_{\text{1. jev}} + \underbrace{\frac{(\text{pozorovaná četnost} - \text{očekávaná četnost})^2}{\text{očekávaná četnost}}}_{\text{2. jev}} + \dots$$

# Test dobré shody – příklad


- **Příklad:** 10 000 lidí hází mincí. V 4 000 případech padne rub a v 6 000 případech padne líc. Lze výsledek považovat za statisticky významně odlišný od očekávaného poměru 1 : 1?
- $H_0$ : Výskyt jevů rub a líc nastává v poměru 1 : 1.  
 $H_A$ : Výskyt jevů rub a líc nenastává v poměru 1 : 1.

$$\chi^2 = \sum \frac{\left( \begin{array}{c} \text{pozorovaná} \\ \text{četnost} \end{array} - \begin{array}{c} \text{očekávaná} \\ \text{četnost} \end{array} \right)^2}{\text{očekávaná četnost}}$$

$$\chi^2 = \frac{(4000 - 5000)^2}{5000} + \frac{(6000 - 5000)^2}{5000} = 400$$

Tabulková hodnota:

$$\chi_{(0,95)}^2(1) = 3,84$$

- Vypočítaná hodnota  $\chi^2 \geq \chi_{(0,95)}^2(1)$   zamítáme  $H_0$ .



# Analýza kontingenčních tabulek

## 1. Hypotéza o nezávislosti

test: Pearsonův chí-kvadrát test, Fisherův exaktní test

- Jeden výběr, 2 charakteristiky – obdoba nepárového uspořádání
- *Příklad: existence vztahu mezi krevní skupinou a výskytem nemoci*

## 2. Hypotéza o shodě struktury (tzv. test homogeneity)

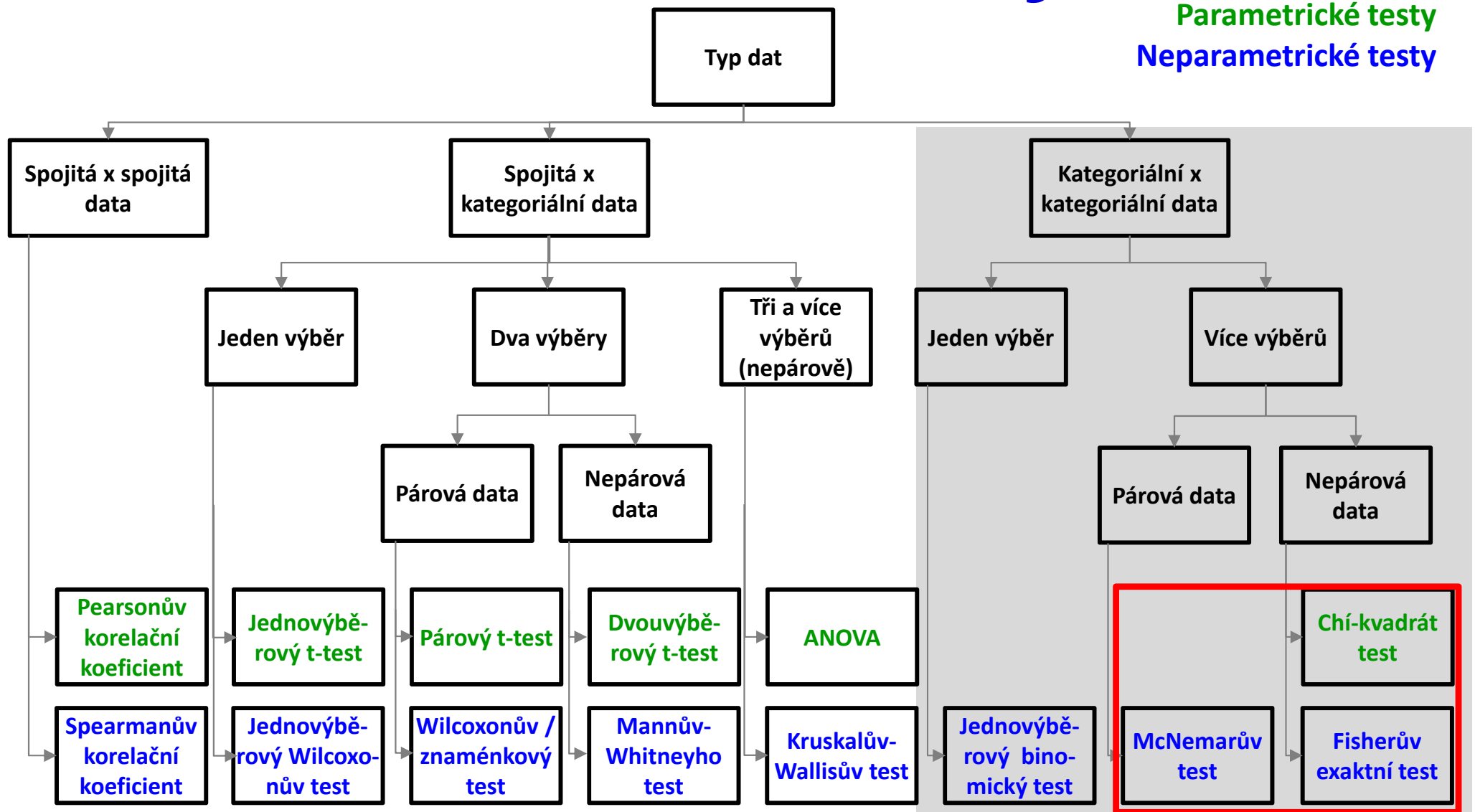
test: Pearsonův chí-kvadrát test, Fisherův exaktní test

- Více výběrů, jedna charakteristika – obdoba nepárového uspořádání
- *Příklad: věková struktura pacientů s diabetem v K nemocnicích*

## 3. Hypotéza o symetrii – McNemarův test

- Jeden výběr, opakovaně měřena jedna charakteristika – obdoba párového uspořádání
- *Příklad: posouzení výskytu bolesti před a po léčbě*

# Základní statistické testy



# Testování nezávislosti – Pearsonův chí-kvadrát test

- **Hypotéza o nezávislosti:** Souvisí spolu výskyt dvou nominálních znaků měřených na jediném výběru?  
*Příklad: Barva očí (modrá, zelená, hnědá) a barva vlasů (hnědá, černá, blond) u vybraných 95 studentů jsou nezávislé.*
- $H_0$ : Znaky X a Y jsou nezávislé náhodné veličiny.
- $H_A$ : Znaky X a Y jsou závislé náhodné veličiny.

– Test: **Pearsonův chí-kvadrát**

$$K = \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^c \frac{(n_{jk} - e_{jk})^2}{e_{jk}} \approx \chi^2((r-1)(c-1))$$

Očekávané teoretické četnosti:  $e_{jk} = \frac{n_{j.} \cdot n_{.k}}{n}$

- $H_0$  zamítáme na hladině významnosti  $\alpha$ , pokud

$$K \geq \chi_{1-\alpha}^2((r-1)(c-1))$$

# Testování nezávislosti – Pearsonův chí-kvadrát test

**Předpoklady Pearsonova chí-kvadrát testu:**

**1. Jednotlivá pozorování jsou nezávislá** (tj. každý prvek patří jen do jedné buňky kontingenční tabulky)

**2. Podmínka dobré aproximace**

Očekávané (teoretické) četnosti jsou aspoň v 80 % případů větší nebo rovné 5 a ve 100 % případů nesmí být pod 2 (pokud není tento předpoklad splněn, je vhodné sloučit kategorie s nízkými četnostmi).

**Měření síly závislosti:** Cramérův koeficient

Význam hodnot: 0 – zanedbatelná závislost ..... 1 – silná závislost

# Testování nezávislosti – příklad

- **Příklad:** Souvisí pohlaví s výskytem nemoci?
- $H_0$ : Pohlaví a výskyt nemoci jsou nezávislé veličiny.  
 $H_A$ : Pohlaví a výskyt nemoci nejsou nezávislé veličiny.

## Pozorované četnosti

	Nemocný	Zdravý	
Muž	45	11	56
Žena	25	6	31
	70	17	87

## Očekávané četnosti

	Nemocný	Zdravý	
Muž	45,1 <sub>70*56/87</sub>	10,9 <sub>17*56/87</sub>	56
Žena	24,9 <sub>70*31/87</sub>	6,1 <sub>17*31/87</sub>	31
	70	17	87

$$\chi^2 = 0,001 \quad df = 1 \quad p = 0,974 \quad \rightarrow \quad \text{nezamítáme } H_0$$

# Testování shody struktury – Pearsonův chí-kvadrát test

- **Hypotéza o shodě struktury:** Zajímá nás výskyt nominálního znaku u  $r$  nezávislých výběrů.  
*Příklad: Je zájem o sport stejný u děvčat jako u chlapců?*
- $H_0$ : Pravděpodobnostní rozdělení kategoriální proměnné je stejné v různých populacích.
- Test: **Pearsonův chí-kvadrát test.**

	Zájem o sport ANO	Zájem o sport NE	Celkem
Dívky	a	b	a + b
Chlapci	c	d	c + d
Celkem	a + c	b + d	N

Některé marginální četnosti (buď sloupcové nebo řádkové) jsou předem pevně stanoveny

# Fisherův exaktní test

- Využití ve čtyřpolní tabulce s nízkými četnostmi, které znemožňují použití Pearsonova chí-kvadrát testu.
- Patří mezi **neparametrické testy** pracující s daty na nominální škále, v nejjednodušší podobě ve dvou třídách: pozitivní/negativní, úspěch/neúspěch apod.
- Nulová hypotéza  $H_0$  předpokládá rovnoměrné zastoupení sledovaného znaku u dvou nezávislých souborů.
- Slovo exaktní (přímý) znamená, že se přímo vypočítává pravděpodobnost odmítnutí, resp. platnosti nulové hypotézy.

# Fisherův exaktní test

- Výpočet přesné p-hodnoty jako pravděpodobnosti, s jakou dostaneme za předpokladu platnosti nulové hypotézy tabulku stejně nebo více odlišnou od nulové hypotézy.

Sledovaný jev	Kontrolní skupina	Experimentální skupina	Celkem
Ano	a	b	a + b
Ne	c	d	c + d
Celkem	a + c	b + d	N

1. Spočítá se parciální pravděpodobnost čtyřpolní tabulky  $p_1$
2. Spočítá se  $p_o$  všech možných tabulek při zachování marginálních četností (řádkové a sloupcové součty). Výsledná p-hodnota je součtem  $p_o$  menších nebo stejných jako  $p_1$ , která přísluší pozorované tabulce.



# Testování symetrie – McNemarův test

- **Hypotéza o symetrii:** Opakovaně sledujeme binární proměnnou a zajímá nás, zda došlo ke změně jejího rozdělení.  
*Příklad: Výskyt bolesti před a po užití léku.*
- $H_0: n_{ij} = n_{ji}$  (pokus nemá vliv na výskyt daného znaku)

Četnost	Po: ANO	Po: NE	
Před: ANO	a	b	a + b
Před: NE	c	d	c + d
	a + c	b + d	N

Teoretická pravděpodobnost	Po: ANO	Po: NE	
Před: ANO	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{1.}$
Před: NE	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{2.}$
	$n_{.1}$	$n_{.2}$	

- Testová statistika:  $\chi^2 = \frac{(|b - c| - 1)^2}{b + c}$  Pokud je větší než kritická hodnota  $\chi^2$  rozdělení o jednom stupni volnosti (vhodné pro počty údajů  $b + c > 8$ ), pak nulovou hypotézu zamítáme.

**M U N I  
M E D**

# **Praktické cvičení v programu Statistica**



# Datový soubor

## Rehabilitace po mozkovém infarktu

Data: 02\_Biostatistika\_Data02.sta\* (24v by 407c)

	Rehabilitace po mozkovém infarktu: data									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	ID	Pohlavi	Vek	Etiologie	Lokalizace	Terapie	Komorbid	Barthel_inc	Kategorie_zavislosti_p	Ukoncen
1	1	muž	82	okluze nek	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	25	vysoce závislý	propuště
2	2	žena	81	embolie	mozkové tepny	jiná farmakolog	2	20	vysoce závislý	přeložen
3	3	muž	55	okluze nek	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	35	vysoce závislý	propuště
4	4	žena	46	embolie	mozkové tepny	intravenózní trc	0	20	vysoce závislý	propuště
5	5	muž	76	okluze nek	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	45	částečně soběstačný	propuště
6	6	muž	72	okluze nek	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	25	vysoce závislý	přeložen
7	7	muž	62	trombóza	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	40	vysoce závislý	propuště
8	8	muž	64	trombóza	přívodní tepny	jiná farmakolog	0	15	vysoce závislý	propuště
9	9	žena	82	okluze nek	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	10	vysoce závislý	přeložen
10	10	muž	58	trombóza	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	25	vysoce závislý	propuště
11	11	muž	84	okluze nek	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	40	vysoce závislý	propuště
12	12	žena	92	okluze nek	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	30	vysoce závislý	propuště
13	13	žena	79	embolie	mozkové tepny	jiná farmakolog	1	40	vysoce závislý	propuště
14	14	muž	69	trombóza	mozkové tepny	jiná farmakolog	3	45	částečně soběstačný	propuště

# Rehabilitace po mozkovém infarktu

- Cvičný datový soubor obsahuje záznamy o **celkem 407 pacientech hospitalizovaných pro mozkový infarkt** na neurologickém oddělení akutní péče, kde jim byla poskytnuta terapie pro obnovu krevního oběhu v postižené části mozku.
- Po zvládnutí akutní fáze byl u pacientů vyhodnocen stupeň soběstačnosti v základních denních aktivitách (ADL) pomocí tzv. **indexu Barthelové (BI)** a byli přeloženi na **rehabilitační oddělení**.
- Po dvou týdnech byl opět dle BI vyhodnocen stupeň soběstačnosti a pacienti byli buď propuštěni do ambulantní péče, nebo přeloženi na oddělení následné péče.

# Rehabilitace po mozkovém infarktu

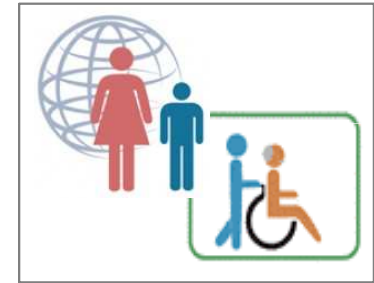
## Sbírané informace:

- základní demografické údaje (**pohlaví a věk**),
- informace o samotné diagnóze mozkové příhody (**etiologie a lokalizace uzávěru cévy**),
- informace o léčbě (typ indikované **terapie a výskyt komplikací**)
- informace o **způsobu ukončení rehabilitace**.
- Stupeň soběstačnosti před rehabilitací byl dodatečně zjištěn z neurologie a na konci rehabilitace byl vyplněn nový dotazník pro určení výsledného **indexu Barthelové**.

# Úkol 1. Pearsonův chí-kvadrát test

# Úkol č. 1 – Pearsonův chí-kvadrát test

Zadání: „Stupeň soběstačnosti pacientů po mozgovém infarktu lze pomocí indexu Barthelové vyjádřit také kategoriálně. Např. pro definici vysoce závislých pacientů bylo stanoveno rozmezí 0 až 40 bodů. Zjistěte, zda je u žen a mužů stejné procento alespoň částečně soběstačných pacientů (45 až 100 bodů) a zda je tento rozdíl statisticky významný.“




# Úkol č. 1 – Pearsonův chí-kvadrát test

## Postup:

1. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  testujeme hypotézu  
 $H_0$ : „Stupeň soběstačnosti nezávisí na pohlaví“ proti  
 $H_A$ : „Stupeň soběstačnosti a pohlaví jsou závislé veličiny.“
2. Vypočítáme očekávané a pozorované četnosti v kategoriích.
3. Vypočítáme **testovou statistiku  $K$**  a odpovídající **p-hodnotu**:

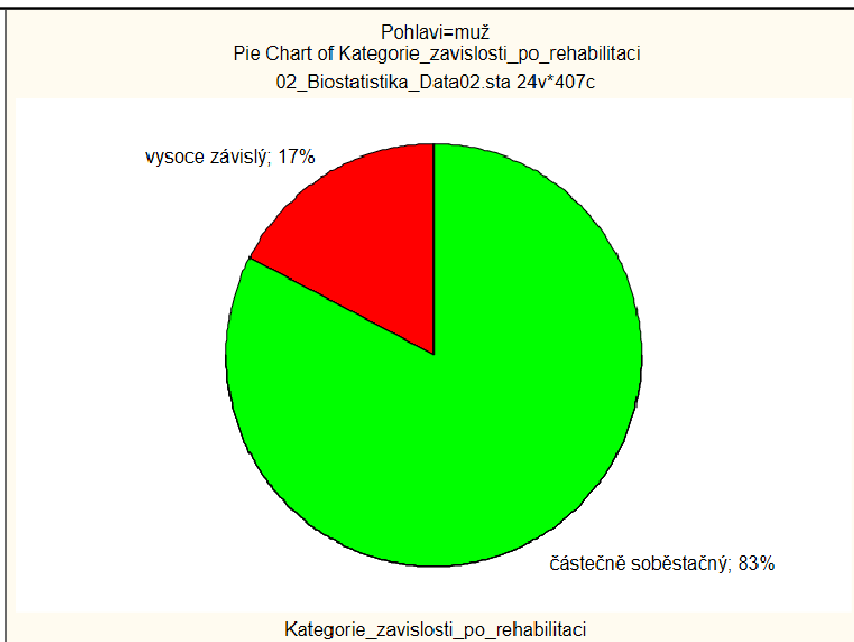
$$K = \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^s \frac{(n_{jk} - e_{jk})^2}{e_{jk}} = \frac{(205 - 200)^2}{200} + \frac{(123 - 128)^2}{128} + \frac{(43 - 48)^2}{48} + \frac{(36 - 31)^2}{31} = 1,74 \Rightarrow p = 0,187$$

4. Testovou statistiku porovnáme s kritickou hodnotou nebo porovnáme p-hodnotu s hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ .
5. Je-li **p-hodnota  $> \alpha$**   **nezamítáme  $H_0$ . Stupeň soběstačnosti nezávisí na pohlaví (tj. výsledná míra soběstačnosti se u žen a u mužů neliší).**

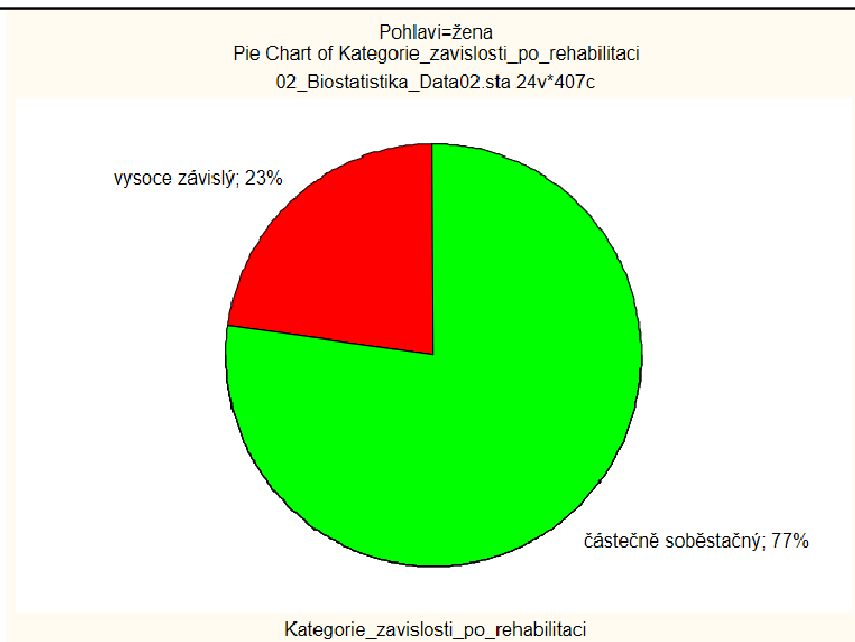


# Úkol č. 1 – Popis dat

## Zastoupení částečně soběstačných a vysoce závislých mužů



## Zastoupení částečně soběstačných a vysoce závislých žen



① Ze základního popisu je patrný mírný rozdíl v procentu částečně soběstačných pacientů na konci hospitalizace. U žen je podíl těchto pacientů 77 % oproti 83 % u mužů.

# Úkol č. 1 – Řešení v programu Statistica

- V menu **Statistics** zvolíme **Basic statistics**, vybereme **Tables and banners** (v češtině **Kontingenční tabulky**).

The screenshot shows the Statistica software interface. The 'Statistics' menu is open, and the 'Basic Statistics and Tables' dialog box is displayed. A red arrow labeled '1' points to the 'Statistics' menu, a red arrow labeled '2' points to the 'Basic Statistics' icon, and a red arrow labeled '3' points to the 'Tables and banners' option in the dialog box. The background shows a data table with columns 'ID', 'Pohlavi', and 'Vek'.

	1	2	3
	ID	Pohlavi	Vek
	1	1 muž	
	2	2 žena	
	3	3 muž	
	4	4 žena	
	5	5 muž	
	6	6 muž	
	7	7 muž	
	8	8 muž	
	9	9 žena	
	10	10 muž	
	11	11 muž	
	12	12 žena	
	13	13 žena	
	14	14 muž	

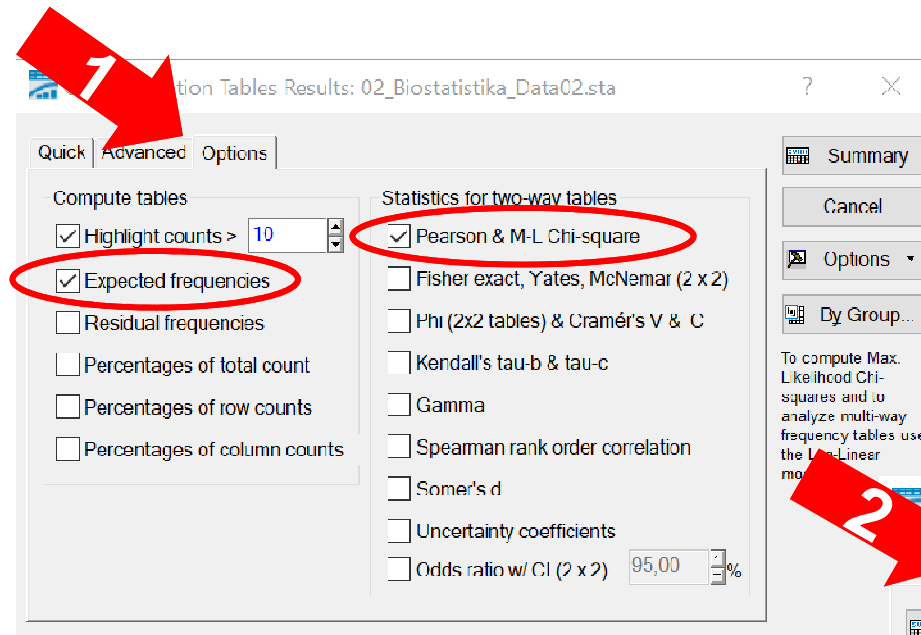
# Úkol č. 1 – Řešení v programu Statistica

- Na záložce **Stub-and-banner** vybereme **proměnné**, které chceme testovat, a potvrdíme **OK**.

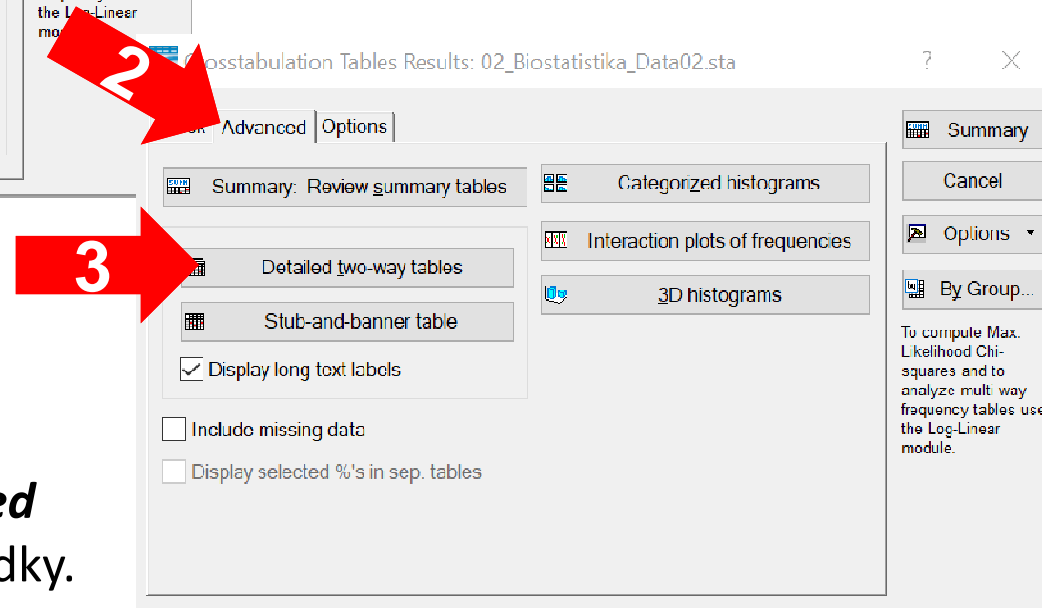
The screenshot shows the Statistica software interface. The main window displays a data table titled "Rehabilitace po mozkovem infarktu: data" with 14 rows and 7 columns. The columns are labeled: 1 ID, 2 Pohlavi, 3 Vek, 4 Etiologie, 5 Lokalizace, 6 Tělesná zdatnost, and 7 Komorbidita. The data rows contain numerical IDs and gender labels (muž or žena). A dialog box titled "Crosstabulation" is open, showing the "Stub-and-banner" tab. The dialog has a "Specify tables (select variables)" section, a "No. of 2-way tables" set to "none", and an "Identification of levels in table factors" section with two radio buttons: "Use all integer codes in the selected vars" (selected) and "Use selected grouping codes only". There is also a "Codes" field set to "Not selected" and a "Weighted moments" checkbox. Red arrows point to the "Stub-and-banner" tab (arrow 1), the "Specify tables" section (arrow 2), and the "OK" button (arrow 3).

	1	2	3	4	5	6	7
	ID	Pohlavi	Vek	Etiologie	Lokalizace	Tělesná zdatnost	Komorbidita
1	1	muž					
2	2	žena					
3	3	muž					
4	4	žena					
5	5						
6	6	muž					
7	7	muž					
8	8	muž					
9	9	žena					
10	10	muž					
11	11	muž					
12	12	žena					
13	13	žena					
14	14	muž					

# Úkol č. 1 – Řešení v programu Statistica



- Na záložce **Options** zaškrtneme **Expected frequencies (Očekávané četnosti)** potřebné k ověření podmínek dobré aproximace) a **Pearsonův chí-kvadrát**.



- Poté se vrátíme na záložku **Advanced** a přes volbu **Detailed two-way tables** získáme výsledky.

# Úkol č. 1 – Výsledky v Statistica

## Pozorované četnosti

Pohlavi	Kategorie_zavislosti_ po_rehabilitaci částečně soběstačný	Kategorie_zavislosti_ po_rehabilitaci vysoce závislý	Row Totals
muž	205	43	248
žena	123	36	159
Totals	328	79	407

## Očekávané četnosti

Pohlavi	Kategorie_zavislosti_ po_rehabilitaci částečně soběstačný	Kategorie_zavislosti_ po_rehabilitaci vysoce závislý	Row Totals
muž	199,8624	48,13759	248,0000
žena	128,1376	30,86241	159,0000
Totals	328,0000	79,00000	407,0000

① Z předchozího popisu je patrný mírný rozdíl mezi muži a ženami (u žen je podíl částečně soběstačných pacientů 77 % oproti 83 % u mužů).

Očekávané četnosti jsou 200, 48, 128 a 31, což jsou dostatečně vysoké počty a podmínka dobré aproximace pro použití chí-kvadrát testu je tedy splněna.

Statistic	Chi-square	df	p
Pearson Chi-square	1,741617	df=1	p=,18693
M-L Chi-square	1,720067	df=1	p=,18693

p-hodnota  
Pearsonova  
chí-kvadrát testu



P-hodnota statistické významnosti pozorované závislosti je  $p = 0,187$ , což na hladině významnosti 0,05 značí **nevýznamný výsledek** a ze získaných dat tedy **nelze říct, že by míra soběstačnosti souvisela s pohlavím.**

# **Úkol 2. Fisherův exaktní test**

# Úkol č. 2 – Fisherův exaktní test

Zadání: „Stupeň soběstačnosti pacientů po mozgovém infarktu lze pomocí indexu Barthelové vyjádřit také kategoriálně. Např. pro definici vysoce závislých pacientů bylo stanoveno rozmezí 0 až 40 bodů. Zjistěte, zda je u žen a mužů léčených mechanickou trombektomií stejné procento alespoň částečně soběstačných pacientů (45 až 100 bodů) a zda je tento rozdíl statisticky významný.“




## Úkol č. 2 – Fisherův exaktní test

**Postup** (po nemožnosti použít Pearsonův chí-kvadrát test):

1. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  testujeme hypotézu  
 $H_0$ : „Stupeň soběstačnosti nezávisí na pohlaví“ proti  
 $H_A$ : „Stupeň soběstačnosti a pohlaví jsou závislé veličiny.“
2. Spočítá se parciální pravděpodobnost ( $p_o$ ) všech možných tabulek při zachování marginálních četností. Výsledná p-hodnota je součtem  $p_o$  menších nebo stejných jako pravděpodobnost, která přísluší námi pozorované tabulce.

$$\Rightarrow p = 0,700$$

3. Vypočítané p porovnáme s hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ .
4. Je-li p-hodnota  $> \alpha$   nezamítáme  $H_0$ . **Stupeň soběstačnosti nezávisí na pohlaví (tj. výsledná míra soběstačnosti se u žen a u mužů podstupujících mechanickou trombektomii neliší).**



# Úkol č. 2 – Popis dat

## Zastoupení částečně soběstačných a vysoce závislých mužů

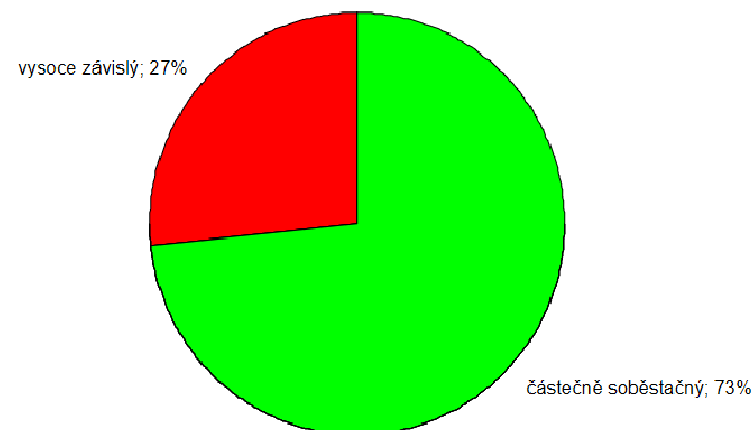
Pohlaví=muž, Terapie=mechanická trombektomie  
Pie Chart of Kategorie\_zavislosti\_po\_rehabilitaci  
02\_Biostatistika\_Data02.sta 24v\*407c



Kategorie\_zavislosti\_po\_rehabilitaci

## Zastoupení částečně soběstačných a vysoce závislých žen

Pohlaví=žena, Terapie=mechanická trombektomie  
Pie Chart of Kategorie\_zavislosti\_po\_rehabilitaci  
02\_Biostatistika\_Data02.sta 24v\*407c



Kategorie\_zavislosti\_po\_rehabilitaci

① Ze základního popisu je patrný mírný rozdíl v procentu částečně soběstačných pacientů na konci hospitalizace. U žen je podíl těchto pacientů 73 % oproti 64 % u mužů.

# Úkol č. 2 – Řešení v programu Statistica

- V menu **Statistics** zvolíme **Basic statistics**, vybereme **Tables and banners** (v češtině **Kontingenční tabulky**).

The screenshot shows the Statistica software interface. The 'Statistics' menu is open, and the 'Basic Statistics and Tables' dialog box is displayed. A red arrow labeled '1' points to the 'Statistics' menu, a red arrow labeled '2' points to the 'Basic Statistics' icon, and a red arrow labeled '3' points to the 'Tables and banners' option in the dialog box. The background shows a data table with columns 'ID', 'Pohlavi', and 'Vek'.

	1	2	3
	ID	Pohlavi	Vek
	1	1 muž	
	2	2 žena	
	3	3 muž	
	4	4 žena	
	5	5 muž	
	6	6 muž	
	7	7 muž	
	8	8 muž	
	9	9 žena	
	10	10 muž	
	11	11 muž	
	12	12 žena	
	13	13 žena	
	14	14 muž	

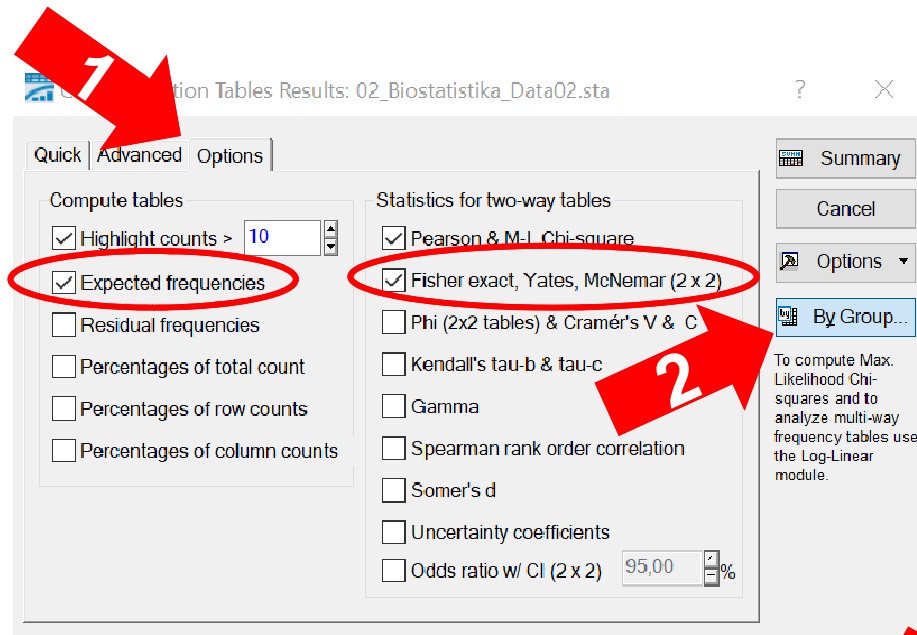
# Úkol č. 2 – Řešení v programu Statistica

- Na záložce **Stub-and-banner** vybereme **proměnné**, které chceme testovat, a potvrdíme **OK**.

The screenshot shows the Statistica software interface. The main window displays a data table titled "Rehabilitace po mozkovem infarktu: data" with 14 rows and 7 columns. The columns are labeled: 1 ID, 2 Pohlavi, 3 Vek, 4 Etiologie, 5 Lokalizace, 6 Tělesná zdatost, and 7 Komorbidita. The data rows contain numerical IDs and gender labels (muž/žena). A dialog box titled "Crosstabulation" is open, showing the "Stub-and-banner" tab. The dialog has a "Specify tables (select variables)" section, a "No. of 2-way tables" set to "none", and an "Identification of levels in table factors" section with two radio buttons: "Use all integer codes in the selected vars" (selected) and "Use selected grouping codes only". There is also a "Codes: Not selected" field and a "Weighted moments" checkbox. Red arrows point to the "Specify tables" section (labeled 2), the "Stub-and-banner" tab (labeled 1), and the "OK" button (labeled 3).

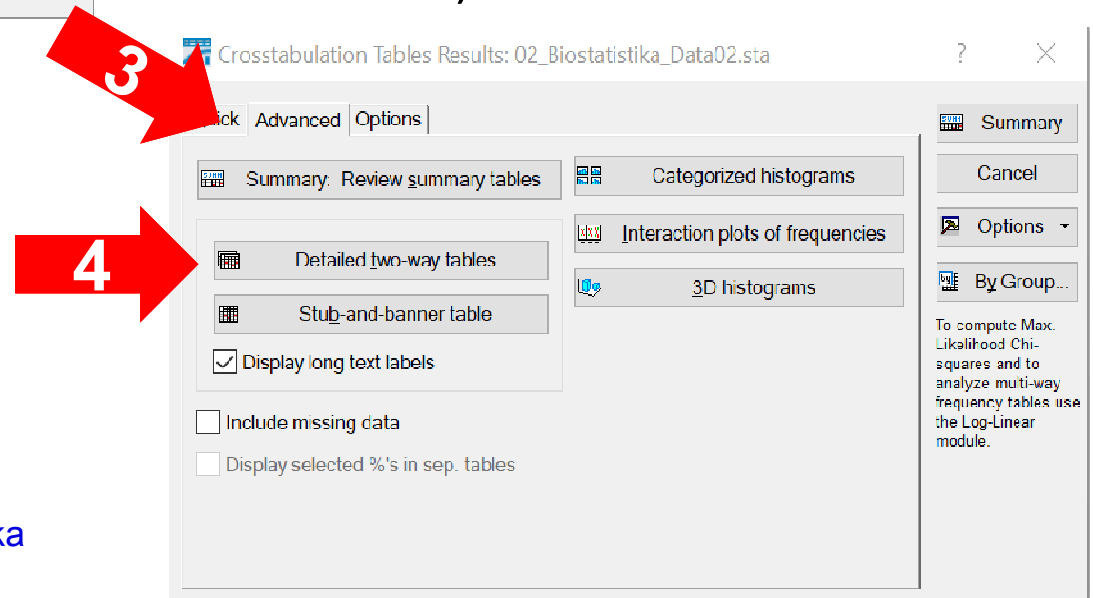
	1	2	3	4	5	6	7
	ID	Pohlavi	Vek	Etiologie	Lokalizace	Tělesná zdatost	Komorbidita
1	1	muž					
2	2	žena					
3	3	muž					
4	4	žena					
5	5						
6	6	muž					
7	7	muž					
8	8	muž					
9	9	žena					
10	10	muž					
11	11	muž					
12	12	žena					
13	13	žena					
14	14	muž					

# Úkol č. 2 – Řešení v programu Statistica



- Na záložce **Options** zaškrtneme **Expected frequencies (Očekávané četnosti)** potřebné k ověření podmínek dobré aproximace) a **Fisher exact**.
- V nastavení **By Group** vybereme jako třídící proměnnou terapii (analýza se tak provede pro všechny druhy terapie samostatně).

- Poté se vrátíme na záložku **Advanced** a přes volbu **Detailed two-way tables** získáme výsledky.



# Úkol č. 2 – Výsledky v Statistica

## Pozorované četnosti

Terapie=mechanická trombektomie  
2-Way Summary Table: Observed Frequencies (02\_Biost)  
Marked cells have counts > 10

Pohlavi	Kategorie_zavislosti_ po_rehabilitaci vysoce závislý	Kategorie_zavislosti_ po_rehabilitaci částečně soběstačný	Row Totals
muž	5	9	14
žena	4	11	15
Totals	9	20	29

① Z předchozího popisu je patrný mírný rozdíl mezi muži a ženami (u žen je podíl částečně soběstačných pacientů 73 % oproti 64 % u mužů).

Očekávané četnosti jsou 4, 10, 5 a 10, což nejsou dostatečně vysoké počty a místo chí-kvadrát testu je tedy vhodné použít Fisherův exaktní test.

## Očekávané četnosti

Terapie=mechanická trombektomie  
2-Way Summary Table: Expected Frequencies (02\_Biostat)  
Marked cells have counts > 10

Pohlavi	Kategorie_zavislosti_ po_rehabilitaci vysoce závislý	Kategorie_zavislosti_ po_rehabilitaci částečně soběstačný	Row Totals
muž	4,344828	9,655172	14,000000
žena	4,655172	10,344828	15,000000
Totals	9,000000	20,000000	29,000000

Terapie=mechanická trombektomie  
Statistics: Pohlavi(2) x Kategorie\_zavislosti\_

Statistic	Chi-square	df	p
Pearson Chi-square	,2769577	df=1	p=,59870
M-L Chi-square	,2771859	df=1	p=,59855
Yates Chi-square	,0155357	df=1	p=,90081
Fisher exact, one-tailed			p=,44998
two-tailed			p=,69985
	1,562500	df=1	p=,11130
	1,230769	df=1	p=,26726

**p-hodnota  
Fisherova exaktního testu**



P-hodnota statistické významnosti pozorované závislosti je  $p = 0,700$ , což na hladině významnosti 0,05 značí **nevýznamný výsledek** a ze získaných dat tedy **nelze říct, že by míra soběstačnosti souvisela s pohlavím.**

# **Úkol 3. McNemarův test**

# Úkol č. 3 – McNemarův test

Zadání: „Pacientům hospitalizovaným s mozkovým infarktem byla na lůžku akutní péče poskytnuta terapie pro obnovu krevního oběhu v postižené části mozku. Po zvládnutí akutní fáze byl u pacientů vyhodnocen stupeň soběstačnosti pomocí indexu Barthelové (BI) jako *vysoce závislý* (0 až 40 bodů) nebo *částečně soběstačný* (45 až 100 bodů) a byli přeloženi na rehabilitační oddělení. Po dvou týdnech byl stejně vyhodnocen stupeň soběstačnosti dle BI. Zjistěte, zda poskytnutá rehabilitační péče vedla ke zvýšení podílu alespoň částečně soběstačných pacientů.“



# Úkol č. 3 – McNemarův test

## Postup:

1. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  testujeme hypotézu  $H_0$ : „Počet zhoršených případů je stejný jako počet zlepšení“ proti  $H_A$ : „Počet zhoršených případů není stejný jako počet zlepšení.“

2. Vypočítáme pozorované četnosti měnících se stavů.

3. Vypočítáme **testovou statistiku  $K$**  a odpovídající **p-hodnotu**:

$$\chi^2 = \frac{(|b - c| - 1)^2}{b + c} = \frac{(|280 - 0| - 1)^2}{280 + 0} = 278 \quad \Rightarrow \quad p < 0,001$$

4. Testovou statistiku porovnáme s kritickou hodnotou nebo porovnáme p-hodnotu s hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ .

5. Je-li **p-hodnota  $\leq \alpha$**   **zamítáme  $H_0$ . Během rehabilitace se podařilo změnit míru soběstačnosti pacientů.**



# Úkol č. 3 – Řešení v programu Statistica

- V menu **Statistics** zvolíme **Basic statistics**, vybereme **Tables and banners** (v češtině **Kontingenční tabulky**).

The screenshot shows the Statistica software interface. The 'Statistics' menu is open, and the 'Basic Statistics and Tables' dialog box is displayed. A red arrow labeled '1' points to the 'Statistics' menu. A red arrow labeled '2' points to the 'Basic Statistics' icon in the ribbon. A red arrow labeled '3' points to the 'Tables and banners' option in the 'Quick' list of the dialog box. The background shows a data table with columns 'ID', 'Pohlavi', and 'Vek'.

	1	2	3
	ID	Pohlavi	Vek
	1	1 muž	
	2	2 žena	
	3	3 muž	
	4	4 žena	
	5	5 muž	
	6	6 muž	
	7	7 muž	
	8	8 muž	
	9	9 žena	
	10	10 muž	
	11	11 muž	
	12	12 žena	
	13	13 žena	
	14	14 muž	

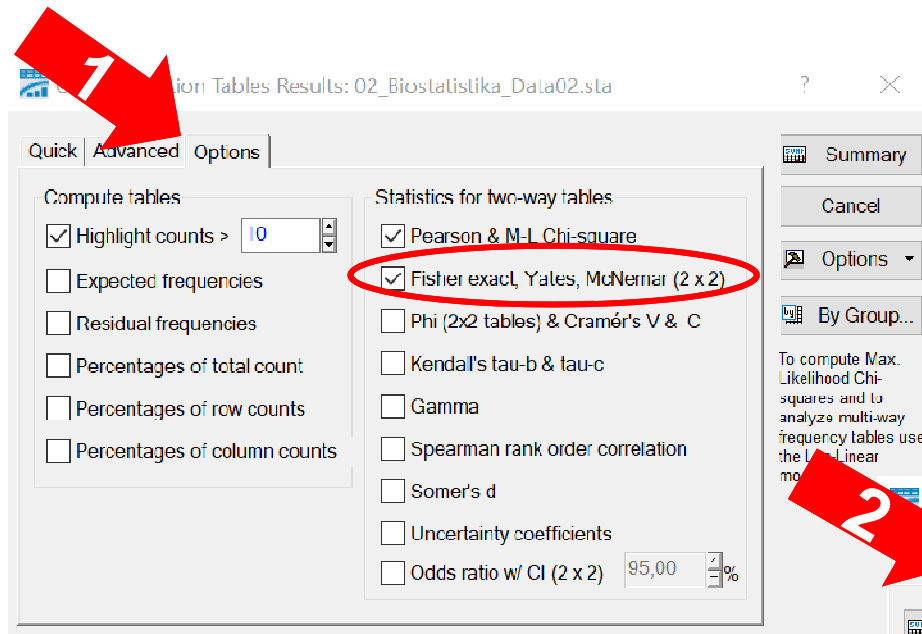
# Úkol č. 3 – Řešení v programu Statistica

- Na záložce **Stub-and-banner** vybereme **proměnné**, které chceme testovat, a potvrdíme **OK**.

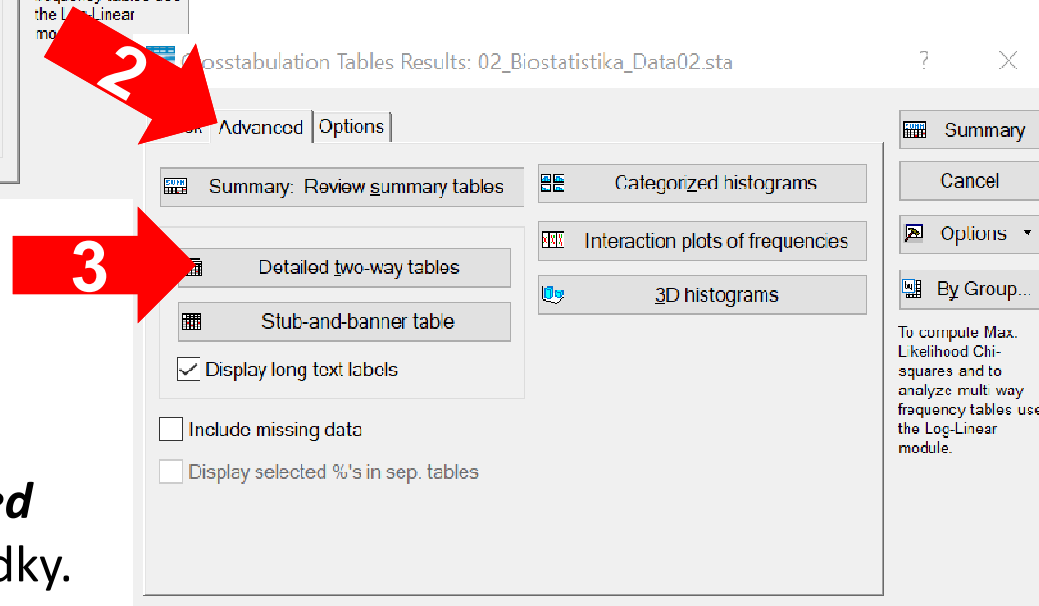
The screenshot shows the Statistica software interface. The main window displays a data table titled "Rehabilitace po mozkovem infarktu: data" with 14 rows and 7 columns. The columns are labeled: 1 ID, 2 Pohlavi, 3 Vek, 4 Etiologie, 5 Lokalizace, 6 Tělesná zdatost, and 7 Komorbidita. A dialog box titled "Crosstabulation" is open, showing the "Stub-and-banner" tab. The dialog box has a "Specify tables (select variables)" button, a "No. of 2-way tables" field set to "none", and an "Identification of levels in table factors" section with two radio buttons: "Use all integer codes in the selected vars" (selected) and "Use selected grouping codes only". There is also a "Codes" field set to "Not selected" and a "Weighted moments" checkbox. Red arrows point to the "Specify tables" button (labeled 2), the "Stub-and-banner" tab (labeled 1), and the "OK" button (labeled 3).

	1	2	3	4	5	6	7
	ID	Pohlavi	Vek	Etiologie	Lokalizace	Tělesná zdatost	Komorbidita
1	1	muž					
2	2	žena					
3	3	muž					
4	4	žena					
5							
6	6	muž					
7	7	muž					
8	8	muž					
9	9	žena					
10	10	muž					
11	11	muž					
12	12	žena					
13	13	žena					
14	14	muž					

# Úkol č. 3 – Řešení v programu Statistica



- Na záložce **Options** zaškrtneme **McNemar (2x2)**.



- Poté se vrátíme na záložku **Advanced** a přes volbu **Detailed two-way tables** získáme výsledky.

# Úkol č. 3 – Výsledky v Statistica

## Pozorované četnosti

2-Way Summary Table: Observed Frequencies (02\_Biostatistics)  
Marked cells have counts > 10

Kategorie_zavislosti_pred_rehabilitaci	Kategorie_zavislosti_po_rehabilitaci částečně soběstačný	Kategorie_zavislosti_po_rehabilitaci vysoce závislý	Row Totals
vysoce závislý	<b>A</b> 280	<b>B</b> 79	359
částečně soběstačný	<b>C</b> 48	<b>D</b> 0	48
Totals	328	79	407

Statistics: Kategorie\_zavislosti\_pred

Statistic	Chi-square	df	p
Pearson Chi-square	13,10673	df=1	p=,00029
M-L Chi-square	22,21371	df=1	p=,00000
Yates Chi-square	11,73772	df=1	p=,00061
Fisher exact, one-tailed			p=,00002
two-tailed			p=,00002
McNemar Chi-square (A/D)	278,0036	df=1	p=0,0000
(B/C)	7,086614	df=1	p=,00777



**p-hodnota  
McNemarova testu**

Dvě hodnoty testových statistik a p-hodnoty podle toho, kde jsou ve výstupní kontingenční tabulce uloženy četnosti, u kterých jsme při opakovaném měření zaznamenali rozdílné výsledky (A/D nebo B/C).

① Počet pacientů, u kterých došlo ke změně z vysoce závislého stavu do částečně soběstačného je 280. Naopak ke zhoršení nedošlo u žádného pacienta. Počty změn jsou v kontingenční tabulce na pozicích A a D.

② P-hodnota statistické významnosti pozorované změny je  $p < 0,001$ , což na hladině významnosti 0,05 značí **významný výsledek** a ze získaných dat jsme **prokázali, že během rehabilitace se podařilo změnit míru soběstačnosti pacientů v denních aktivitách.**