

**MUNI**  
**MED**

# **MIAM021p(s) Analýza a management dat pro zdravotnické obory – přednáška a cvičení (jaro 2021)**

MICHAL SVOBODA

Institut biostatistiky a analýz LF MU  
svoboda@iba.muni.cz

# Parametrické testy

- Mají **předpoklady** o rozložení vstupních dat (normální rozložení).
- Při stejném počtu pozorování (N) a dodržení předpokladů mají vyšší sílu testu než testy neparametrické.
- **Pokud nejsou dodrženy předpoklady parametrických testů, potom jejich síla testu prudce klesá a výsledek testu může být chybný.**



**Proč nemusí parametrický a neparametrický test vyjít stejně?**

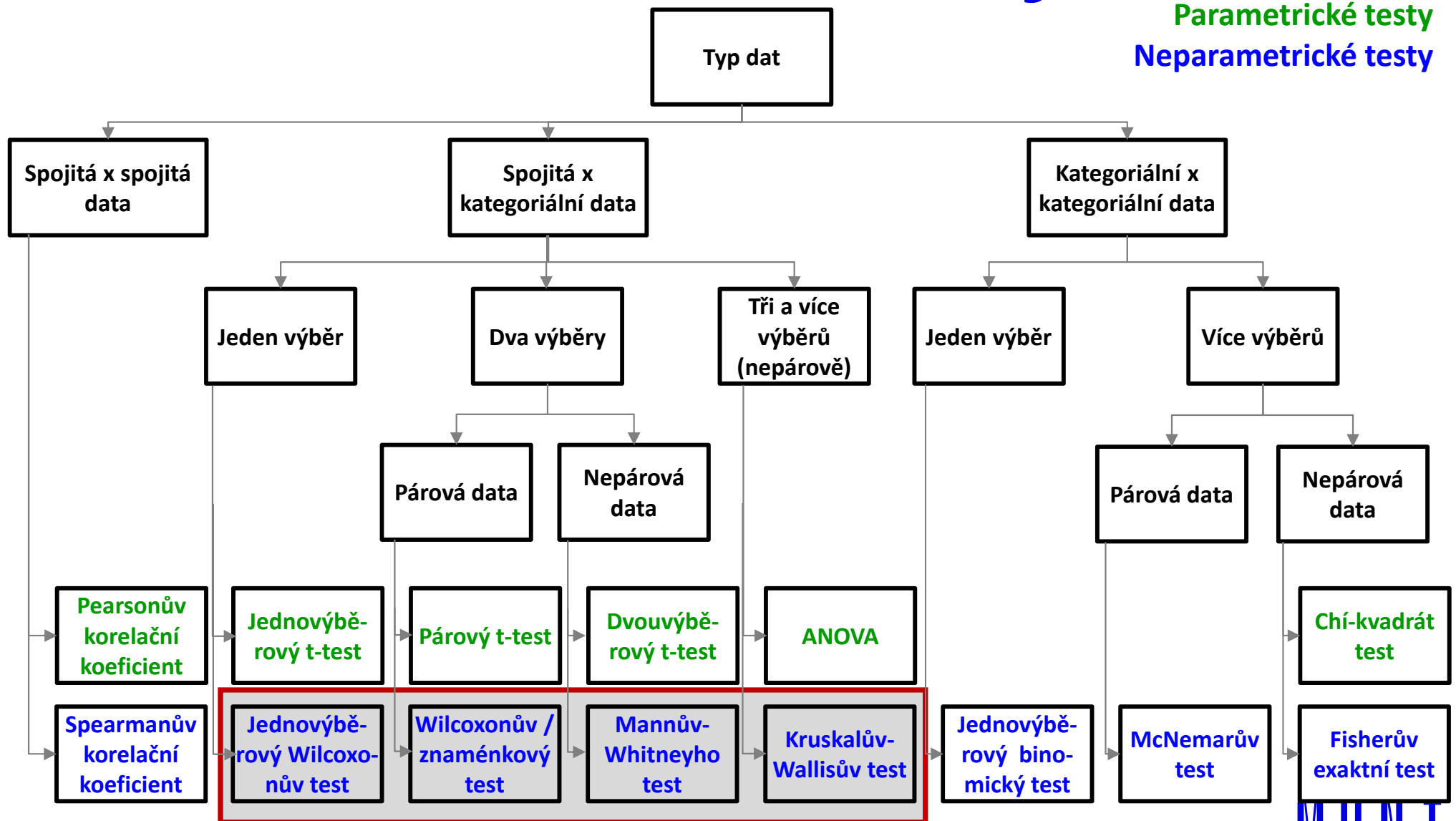
# Neparametrické testy

- Vyžadují splnění **méně předpokladů** o rozložení vstupních dat, lze je tedy použít i při asymetrickém rozložení, přítomnosti odlehlých hodnot, či nedetekovatelném rozložení.
- Snížená síla těchto testů je způsobena redukcí informační hodnoty původních dat, kdy neparametrické testy nevyužívají původní hodnoty, ale nejčastěji pouze jejich pořadí.
- Používají se také při hodnocení souborů s nízkým počtem pozorování ( $N$ ; malé soubory), kdy nejsme schopni normalitu dat spolehlivě ověřit.



# **Neparametrické testy**

# Základní statistické testy



# Statistické testy o parametrech jednoho výběru

Jednovýběrový Wilcoxonův test  
Jednovýběrový znaménkový test

# Jednovýběrový test

## Jednovýběrový Wilcoxonův test

- Předpokladem je symetrické rozdělení dat kolem mediánu.

## Jednovýběrový znaménkový test

- Lze použít v situaci, kdy není splněn předpoklad symetrie rozdělení kolem mediánu.
- Oba testy testují, zde je **medián** jednoho výběru roven hodnotě  $c$  (v případě párového designu je  $x_{0,5}$  reprezentováno mediánem rozdílu hodnot).

$$H_0: x_{0,5} = c \quad \text{proti} \quad H_A: x_{0,5} \neq c$$

# Jednovýběrový Wilcoxonův test

## Postup:

1. Určíme rozdíly hodnot výběru s testovanou hodnotou mediánu.
2. Absolutní hodnoty rozdílů uspořádáme vzestupně a přiřadíme jim pořadí.
3. Spočítáme statistiky  $S_w^+$  a  $S_w^-$ , které odpovídají **součtu pořadí kladných ( $S_w^+$ ) a záporných rozdílů ( $S_w^-$ )**. Jako finální hodnotu testové statistiky bereme minimum z  $S_w^+$  a  $S_w^-$ . Nulovou hypotézu zamítáme, pokud je hodnota testové statistiky menší nebo rovna tabelované kritické hodnotě (při dané hladině významnosti a počtu nenulových rozdílů), nebo když příslušná p-hodnota  $\leq$  zvolená hladina významnosti.

**Nebo:** Pro  $N > 30$  lze využít asymptotické normality statistiky  $S_w^+$ .



# Jednovýběrový Wilcoxonův test

**Ukázka výpočtu:** U 15 pacientů byla vyhodnocena doba, kterou museli strávit v čekárně u lékaře. Zjistěte, zda medián čekací doby je roven půl hodině.

ID	Doba čekání	Medián	Rozdíl	Rozdíl	Pořadí
1	1	30	-29	29	15
2	45	30	15	15	10
3	25	30	-5	5	3,5
4	15	30	-15	15	10
5	34	30	4	4	2
6	19	30	-11	11	8
7	31	30	1	1	1
8	25	30	-5	5	3,5
9	8	30	-22	22	14
10	12	30	-18	18	12
11	20	30	-10	10	6
12	15	30	-15	15	10
13	40	30	10	10	6
14	20	30	-10	10	6
15	10	30	-20	20	13



➔  $S_w^+ = 19$      $S_w^- = 101$

$\min(S_w^+, S_w^-) = 19$

Kritická hodnota  $w_{15(0,05)} = 25$

Hodnota testové statistiky je menší než kritická hodnota

➔ **zamítáme  $H_0$ .**

# Jednovýběrový znaménkový test

## Postup:

1. Spočítáme rozdíly hodnot výběru s testovanou hodnotou mediánu.
2. Spočítáme statistiku  $S_z^+$ , která odpovídá počtu kladných rozdílů → **test nevyužívá hodnot pořadí původních dat, ale pouze informaci, zda se hodnota realizuje nad nebo pod mediánem** → dochází ke snížení síly testu.
3. Nulovou hypotézu zamítáme, pokud statistika  $S_z^+$  realizuje v kritickém oboru hodnot  $W = (0, k_1) \cup (k_2, n)$ , kde  $n$  odpovídá počtu nenulových rozdílů a hodnoty  $k_1$  a  $k_2$  lze dohledat v matematických tabulkách; nebo když příslušná p-hodnota  $\leq$  zvolená hladina významnosti.  
**Nebo:** Pro  $N > 20$  lze využít asymptotické normality statistiky  $S_z^+$ .

# Jednovýběrový znaménkový test

**Ukázka výpočtu:** U 15 pacientů byla vyhodnocena doba, kterou museli strávit v čekárně u lékaře. Zjistěte, zda medián čekací doby je roven půl hodině.

ID	Doba čekání	Medián	Rozdíl	Větší než medián?
1	1	30	-29	Ne
2	45	30	15	Ano
3	25	30	-5	Ne
4	15	30	-15	Ne
5	34	30	4	Ano
6	19	30	-11	Ne
7	31	30	1	Ano
8	25	30	-5	Ne
9	8	30	-22	Ne
10	12	30	-18	Ne
11	20	30	-10	Ne
12	15	30	-15	Ne
13	40	30	10	Ano
14	20	30	-10	Ne
15	10	30	-20	Ne



➔  $S_z^+ = 4$

Kritický obor:

$W = (0,3) \cup (12,15)$

Hodnota statistiky se realizuje mimo kritický obor hodnot

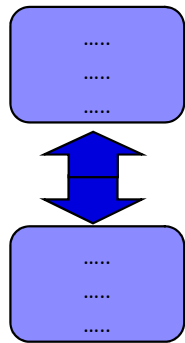
➔ **nezamítáme  $H_0$ .**

# Statistické testy o parametrech dvou výběrů

Nepárový Mannův-Whitneyův test  
Párový Wilcoxonův a znaménkový test

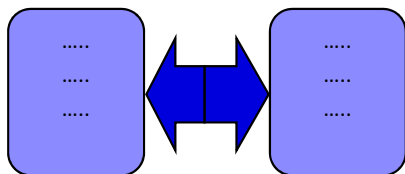
# Párový a nepárový test

- Srovnání dvou **nezávislých** výběrů:



**Nepárový Mannův-Whitneyův U test**

- Srovnání dvou **závislých** výběrů:



**Párový Wilcoxonův test**  
**Párový znaménkový test**

# Mannův-Whitneyův U test

- Neparametrická alternativa dvouvýběrového t-testu
- **Počítá s pořadím hodnot** namísto s původními daty.
- Testuje **nulovou hypotézu o shodě rozdělení**, ze kterého pocházejí porovnávané výběry.
- Když chceme interpretovat výsledek testu jako test o poloze (střední hodnoty jsou stejné), musíme **předpokládat**, že tvar rozdělení je v obou skupinách stejný.
- **Poznámka:** test lze použít i pro ordinální data (např. hodnocení zdravotního stavu na stupnici 1-5 apod.).

# Mannův-Whitneyův U test

## Postup:

1. Stanovíme nulovou a alternativní hypotézu ( $F(x)$  – distribuční funkce):  $H_0: F(x_1) = F(x_2)$        $H_A: F(x_1) \neq F(x_2)$ .
2. Hodnoty obou výběrů (skupin) jsou sloučena a je určeno jejich pořadí v tomto sloučeném souboru.
3. Pro oba výběry zvlášť je spočítán součet pořadí ( $T_1$  a  $T_2$ ).
4. Ze součtů pořadí ve skupinách je určena finální hodnota testové statistiky  $U$ .

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - T_1 \quad U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - T_2$$

$$U = \min(U_1, U_2)$$

# Mannův-Whitneyův U test

5. Hodnotu testové statistiky  $U$  porovnáme s kritickou hodnotou testu, pokud je tato hodnota menší než kritická hodnota testu, zamítáme nulovou hypotézu shody distribučních funkcí obou skupin.
6. Pro **velká  $n_1$  a  $n_2 (> 30)$**  lze využít asymptotické normality statistiky  $U$ .



# Mannův-Whitneyův U test

ID	Délka výcviku	Skupina	Pořadí
1	35	pozitivne	1
2	41	pozitivne	2
3	43	pozitivne	4
4	44	pozitivne	5
5	47	pozitivne	7,5
6	48	pozitivne	9,5
7	48	pozitivne	9,5
8	51	pozitivne	11
9	42	negativne	3
10	46	negativne	6
11	47	negativne	7,5
12	53	negativne	12
13	54	negativne	13
14	57	negativne	14
15	59	negativne	15
16	65	negativne	16
17	74	negativne	17

**Ukázka výpočtu:** 17 štěňat bylo trénováno k hygienickým návykům pomocí pozitivní (8 štěňat) nebo negativní motivace (9 štěňat). Zjistěte, zda se tyto dva přístupy liší.



→  $T_1 = 49,5 \quad T_2 = 103,5$

$U_1 = 58,5 \quad U_2 = 13,5$

$\min(U_1, U_2) = 13,5$

Kritická hodnota  $U_{(8,9;0,05)} = 15$

Hodnota testové statistiky je menší než kritická hodnota

→ **zamítáme  $H_0$ .**

# Párový Wilcoxonův test a znaménkový test

- Vycházíme z rozdílů párových hodnot a přecházíme na design jednovýběrových testů.
- Testuje, zda je **medián diferencí (D)** párových hodnot roven hodnotě 0.

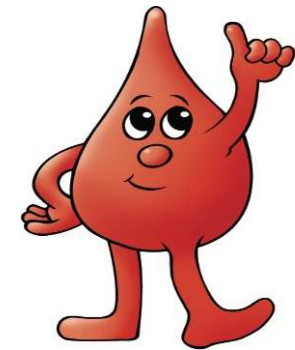
$$H_0: D_{0,5} = 0 \quad H_A: D_{0,5} \neq 0$$

- Dále postupujeme stejně jako u jednovýběrových testů výpočtem testové statistiky  $S_w^+$  a  $S_w^-$  (u Wilcoxonova testu), resp.  $S_z^+$  (u znaménkového testu) a jejich porovnáním s kritickou hodnotou, resp. s kritickým intervalem (nebo pro větší vzorky použijeme aproximaci normálním rozdělením).

# Párový Wilcoxonův test

**Ukázka výpočtu:** U 10 pacientů byla zjištěna hodnota krevního parametru před a po podání léku. Zjistěte, zda se hodnoty před a po podání léku liší.

ID	Před	Po	Rozdíl	Rozdíl	Pořadí
1	142	138	4	4	4,5
2	140	136	4	4	4,5
3	144	147	-3	3	3
4	144	139	5	5	7
5	142	143	-1	1	1
6	146	141	5	5	7
7	149	143	6	6	9,5
8	150	145	5	5	7
9	142	136	6	6	9,5
10	148	146	2	2	2



➡  $S_w^+ = 51$     $S_w^- = 4$

$\min(S_w^+, S_w^-) = 4$

Kritická hodnota  $w_{10(0,05)} = 8$

Hodnota testové statistiky je menší než kritická hodnota

➡ **zamítáme  $H_0$ .**

# **Statistické testy o parametrech tří a více výběrů**

Kruskalův-Wallisův test

# Kruskalův-Wallisův test

- Neparametrická alternativa analýzy rozptylu (ANOVA)
- Zobecnění Mannova-Whitneyova U testu pro více než dvě srovnávané skupiny.
- **Počítá s pořadím hodnot** v souborech namísto s původními daty.
- Nulová hypotéza předpokládá stejné rozdělení pravděpodobnosti veličiny ve všech skupinách.
- **Předpoklad:** tvar rozdělení je ve všech skupinách stejný.
- **Poznámka:** test lze použít i pro ordinální data (např. hodnocení zdravotního stavu na stupnici 1-5 apod.).

# Kruskalův-Wallisův test

## Postup:

1. Stanovíme nulovou a alternativní hypotézu pro  $k$  skupin ( $F(x)$  – distribuční funkce):  
 $H_0: F(x_1) = F(x_2) = \dots = F(x_k)$   
 $H_A: \text{alespoň jedna } F(x_i) \text{ se liší od ostatních}$
2. Hodnoty všech výběrů (skupin) jsou sloučena a je určeno jejich pořadí v tomto sloučeném souboru.
3. Pro všechny výběry zvlášť je spočítán součet pořadí ( $T_1, \dots, T_k$ ).
4. Ze součtu pořadí ve skupinách je určena finální hodnota testové statistiky  $Q$ :

$$Q = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{n_j} - 3(n+1)$$

# Kruskalův-Wallisův test

5. Pokud je  $Q \geq \chi^2 (k-1)$ , nebo když příslušná p-hodnota  $\leq$  zvolená hladina významnosti, zamítáme nulovou hypotézu. Pro malé velikosti výběrů určujeme kritický obor z tabulek pro Kruskalův-Wallisův test.
6. V případě zamítnutí nulové hypotézy pokračujeme dále hledáním lišících se dvojic pomocí **metod mnohonásobného porovnávání**.

**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. Jednovýběrový Wilcoxonův test**

# Úkol č. 1 – Jednovýběrový Wilcoxonův test

Zadání: „V podobné zahraniční studii byla publikovaná střední hodnota indexu Barthelové na konci akutní rehabilitace po mozkovém infarktu ve výši 64,4. Zjistěte, zda výsledné dosažení stupně soběstačnosti dle BI ve vašich datech je stejné nebo jiné než v této studii.“



## Postup:


1. Ověříme předpoklady testu: Normalita rozložení hodnot indexu Barthelové na konci rehabilitace (ověříme vizuálně i statistickým testem – Shapiro-Wilkův test).

# Úkol č. 1 – Jednovýběrový Wilcoxonův test

**Postup** (po nemožnosti použít jednovýběrový t-test):

1. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  testujeme hypotézu  
 $H_0: Me = 64,4$  proti  $H_A: Me \neq 64,4$
2. Původní hodnoty Barthelové indexu převedeme na pořadí (určené podle absolutní hodnoty rozdílu oproti referenci).
3. Vypočítáme **testovou statistiku  $S_w$  nebo  $Z$**  a odpovídající **p-hodnotu**.

$$S_w = 41\,099 \quad Z = 0,17 \Rightarrow p = 0,861$$

4. Vypočítané statistiky porovnáme s kritickou hodnotou, nebo porovnáme p-hodnotu s hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ .
5. Je-li **p-hodnota  $> \alpha$**   **nezamítáme  $H_0$ . Výsledná soběstačnost pacientů v našem souboru se neliší od výsledků publikovaných v porovnávané studii.**

# Úkol č. 1 – Ověření normality a popis dat

① Průměr a medián se výrazně liší (průměr 62 bodů, medián 70 bodů. Data jsou nejspíše asymetrická.

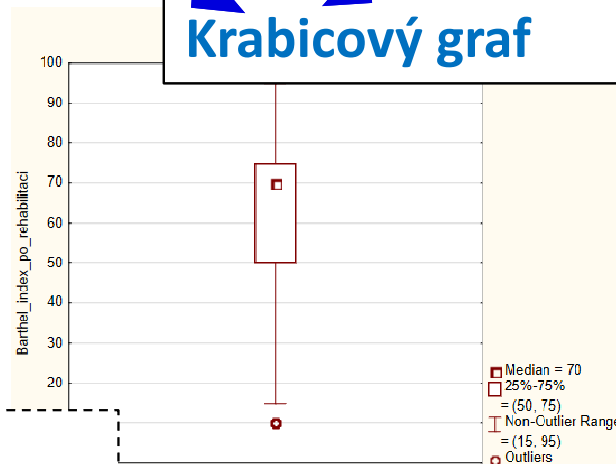
## Srovnání průměru a mediánu

Variable	Descriptive Statistics (02_Biostatistik)		
	Valid N	Mean	Median
Barthel_index_po_rehabilitaci	407	62,01474	70,00000

## Histogram



## Krabicový graf



## Diagnostický N-P graf



② Asymetrie je patrná i z krabicového grafu a histogramu. Z histogramu je navíc zřetelně vidět odlišnost od normálního rozdělení. Odchyłky od normality jsou patrné i z N-P grafu.

③ Na základě p-hodnoty  $< 0,001$  zamítáme nulovou hypotézu o normalitě (tj. zamítáme, že není rozdíl mezi pozorovanými daty a teoretickým normálním rozdělením, ... tj. data nejsou normálně rozdělená).

# Úkol č. 1 – Řešení v programu Statistica

- Do datové tabulky je potřeba přidat sloupec obsahující konstantní hodnotu reference, se kterou porovnááme naše výsledky.
- V menu **Statistics** zvolíme **Nonparametrics**, vybereme **Comparing two dependent samples (groups)**.

The screenshot shows the Statistica software interface. The 'Statistics' menu is open, and the 'Nonparametrics' option is selected. The 'Comparing two dependent samples (variables)' option is highlighted. Red arrows indicate the steps: 1 points to the 'Statistics' menu, 2 points to the 'Nonparametrics' option, and 3 points to the 'Comparing two dependent samples (variables)' option.

Rehabilitace po mozkovém infarktu: data				
	21	22	23	24
	Barthel_index_po_rehal	Kategorie_zavislosti_p	Barthel	Barthel_index_refe
1		85 částečně soběstačný	-60	64,4
2		40 zcela závislý	20	64,4
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				



# Úkol č. 1 – Řešení v programu Statistica

- Vybereme proměnné (*Variables*), které chceme testovat (testovaný parametr a reference).
- Kliknutím na *Wilcoxon matched pair test* získáme výsledky.

The screenshot shows the Statistica software interface. The main window displays a data table titled "Rehabilitace po mozkovém infarktu: data". The table has columns for patient ID (21-24), Barthel index post-rehabilitation, category of dependence, Barthel index reference, and Barthel index reference. A dialog box titled "Comparing two variables: 02\_Biostatistik..." is open over the table. The dialog box has a "Variables" section with "List 1: Barthel\_index\_po\_rehabilitaci" and "List 2: Barthel\_index\_reference". The "Quick" section has three options: "Sign test", "Wilcoxon matched pairs test", and "Box & whisker plots for all variables". The "Sign test" option is selected. A red arrow labeled "1" points to the "Variables" section, and another red arrow labeled "2" points to the "Wilcoxon matched pairs test" option. The "Options" section has a "By Group" button and a "p-value for highlighting:" field set to ".05".

	21	22	23	24
	Barthel_index_po_rehal	Kategorie_zavislosti_p	Barthel	Barthel_index_refer
1		85 částečně soběstačný	-60	64,4
2				64,4
3				64,4
5				64,4
6				64,4
7				64,4
8				64,4
				64,4
				64,4
11				64,4
12				64,4
13				64,4
14				64,4
15		35 vysoce závislý	-10	64,4
16		70 částečně soběstačný	20	64,4

# Úkol č. 1 – Výsledky v Statistica

Rozsah výběru

Hodnota testové statistiky  $S_w$  a  $Z$

Pair of Variables	Wilcoxon Matched Pairs Test (02_Biostatistika_)			
	Valid N	T	Z	p-value
Barthel_index_po_rehabilitaci & Barthel_index_reference	407	41099,00	0,174762	0,861267

p-hodnota  
Wilcoxonova testu



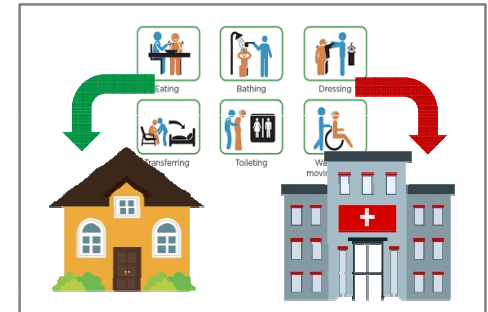
⚠️ Pozorovaný výsledný medián Barthelové indexu je 70 bodů, což je oproti výsledku 64,4 bodů v porovnávané studii **lepší výsledný stav o 5,6 bodů**.

② P-hodnota statistické významnosti tohoto pozorovaného rozdílu je ale  $p = 0,861$ , což na hladině významnosti 0,05 značí **nevýznamný rozdíl**, a z dostupných dat tedy nelze prokázat, že by výsledná soběstačnost pacientů léčených s mozkovým infarktem v našem souboru byla **odlišná od výsledků publikovaných v porovnávané studii**.

# **Úkol 2. Dvouvýběrový Mannův-Whitneyův test**

# Úkol č. 2 – Dvouvýběrový Mannův-Whitneyův test

Zadání: „U pacientů hospitalizovaných pro mozkový infarkt by po úspěšné terapii a absolvování akutní rehabilitace měl následovat přesun do ambulantní péče nebo na následné lůžko k pokračování v další rehabilitaci. Při správném managementu péče by do následné lůžkové péče měli pokračovat pouze pacienti, u kterých dosud nebylo dosaženo dostatečné rekonvalescence. Zkontrolujte, zda pacienti překládaní na následné lůžko mají skutečně horší míru soběstačnosti v základních denních aktivitách (ADL) vyjádřenou indexem Barthelové určenou v době propouštění.“



# Úkol č. 2 – Dvouvýběrový Mannův-Whitneyův test

**Postup** (po nemožnosti použít dvouvýběrový t-test):

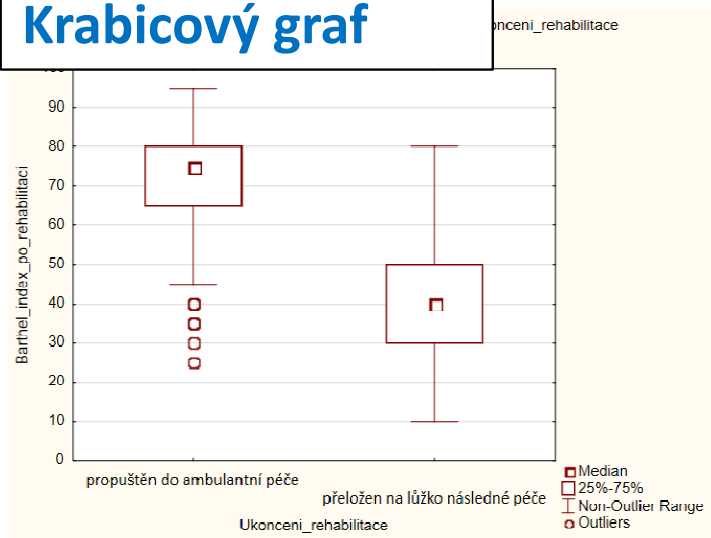
1. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  testujeme hypotézu  
 $H_0: F(x_1) = F(x_2)$  proti  $H_A: F(x_1) \neq F(x_2)$
2. Původní hodnoty Barthelové indexu převedeme na pořadí v celém souboru.
3. Vypočítáme **testovou statistiku  $U$  nebo  $Z$**  a odpovídající **p-hodnotu**.  
$$U = 1\,998 \quad Z = 14 \quad \Rightarrow \quad p < 0,001$$
4. Vypočítané statistiky porovnáme s kritickou hodnotou, nebo porovnáme p-hodnotu s hladinou významnosti  $\alpha = 0,05$ .
5. Je-li p-hodnota  $\leq \alpha$  **➡ zamítáme  $H_0$ . Aktuální soběstačnost pacientů je určující pro jejich další pokračování v systému zdravotní péče.**

# Úkol č. 2 – Ověření normality a popis dat

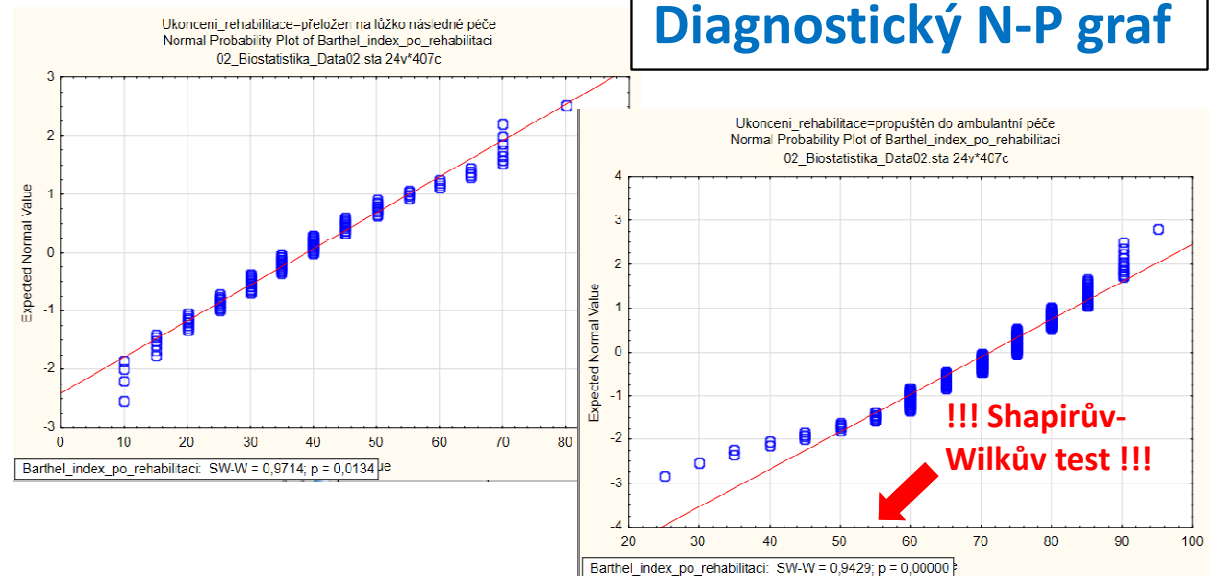
## Popis dat

Variable	Aggregate Results Descriptive Statistics (02_Biostatistika_Data02.sta)			
	Ukonceni_rehabilitace	Valid N	Mean	Median
Barthel_index_po_rehabilitaci	propuštěn do ambulantní péče	290	71,34483	75,00000
Barthel_index_po_rehabilitaci	přeložen na lůžko následné péče	117	38,88889	40,00000

## Krabicový graf



## Diagnostický N-P graf



① Základní popis i grafické srovnání ukazuje výrazný rozdíl mezi skupinami (soběstačnost při propuštění do ambulantní péče je v mediánu 75 bodů, ale pacienti pokračující do následné péče mají medián pouze 40 bodů).

② Normalitu dat zamítáme u obou skupin ( $p = 0,013$  a  $p < 0,001$ ) a přinejmenším u pacientů propuštěných domů je výrazné porušení normality patrné graficky i z N-P grafu.

# Úkol č. 2 – Řešení v programu Statistica

- V menu **Statistics** zvolíme **Nonparametrics**, vybereme **Comparing two independent samples (groups)**.

The screenshot shows the Statistica software interface. The 'Statistics' menu is open, and the 'Nonparametrics' option is selected. A red arrow labeled '1' points to the 'Statistics' menu, and another red arrow labeled '2' points to the 'Nonparametrics' option. The 'Nonparametric Statistics' dialog box is open, and the 'Comparing two independent samples (groups)' option is selected. A red arrow labeled '3' points to this option. The background shows a data table with columns for 'Rehabilitace po mozkovem infarktu: data' and rows for 'Ukonceni\_rehabilitace', 'BI\_dotaznik\_po\_rehab\_1', and 'BI\_dotaznik\_po'.

	Rehabilitace po mozkovem infarktu: data		
	10	11	12
	Ukonceni_rehabilitace	BI_dotaznik_po_rehab_1	BI_dotaznik_po
1	propu		
2	přelož		
3	propu		
4	propu		
5	propu		
6	přelož		
7	propu		
8	přelož		
9	přelož		
10	propu		
11	propu		
12	propu		
13	propu		
14	propu		
15	přelož		

# Úkol č. 2 – Řešení v programu Statistica

- Vybereme proměnnou, kterou chceme testovat (*dependent*) a proměnnou obsahující skupiny, které srovnáváme (*grouping*).
- Kliknutím na **Mann-Whitney U test**, nebo na M-W U test získáme výstupy.

The screenshot shows the Statistica software interface. The main window displays a data table with columns 'Rehabilitace' and 'Barthel\_index\_po\_rehabilitaci'. The 'Comparing Two Groups' dialog box is open, showing the following settings:

- Dependent:** Barthel\_index\_po\_rehabilitaci
- Grouping:** Ukonceni\_rehabilitace
- Codes for:** Group 1: "propuštěn do z", Group 2: "přeložen na lůž"
- Quick:** Mann-Whitney U test (selected)
- Apply continuity correction
- Box & whisker plot by group
- Categorized histograms by group
- p-value for highlighting:** .05



# Úkol č. 2 – Výsledky v Statistica

Hodnota testové statistiky *U* a *Z*

Rozsahy výběru obou skupin

variable	Rank Sum propuštěn do ambulantní péče	Rank Sum přeložen na lůžko následné péče	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N propuštěn do ambulantní péče	Valid N přeložen na lůžko následné péče
Barthel_index_po_rehabilitaci	74127,00	8901,000	1998,000	13,93442	0,0000	14,00397	0,0000	290	117

Z předchozího popisu je patrný výrazný rozdíl mezi skupinami (soběstačnost při propuštění do ambulantní péče je v mediánu 75 bodů, ale pacienti pokračující do následné péče mají medián pouze 40 bodů).

p-hodnota  
Mannova-Whitneyova testu



P-hodnota statistické významnosti tohoto pozorovaného rozdílu je  $p < 0,001$ , což na hladině významnosti 0,05 značí **významný rozdíl**, a ze získaných dat tedy lze říct, že **aktuální soběstačnost pacientů souvisí s jejich dalším pokračováním v systému zdravotní péče.**

# **Úkol 3. Párový Wilcoxonův test**


# Úkol č. 3 – Párový Wilcoxonův 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 v základních denních aktivitách (ADL) pomocí indexu Barthelové (BI) a byli přeloženi na rehabilitační oddělení. Po dvou týdnech byl opět vyhodnocen stupeň soběstačnosti dle BI. Zjistěte, zda poskytnutá rehabilitační péče vedla ke zlepšení soběstačnosti ADL.“



# Úkol č. 3 – Párový Wilcoxonův test

**Postup** (po nemožnosti použít párový t-test):

1. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  testujeme hypotézu o diferencích párových hodnot.  $H_0: Me = 0$  ,  $H_A: Me \neq 0$
2. Původní hodnoty vypočítaných diferencí obou měření převedeme na pořadí (určené podle jejich absolutní hodnoty).
3. Vypočítáme **testovou statistiku  $S_w$  nebo  $Z$**  a odpovídající **p-hodnotu**.  $S_w = 198,5$   $Z = 17,29 \Rightarrow p < 0,001$
4. Vypočítané statistiky 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 soběstačnost pacientů v denních aktivitách.** Ke stejnému závěru jsme došli při použití parametrického t-testu.

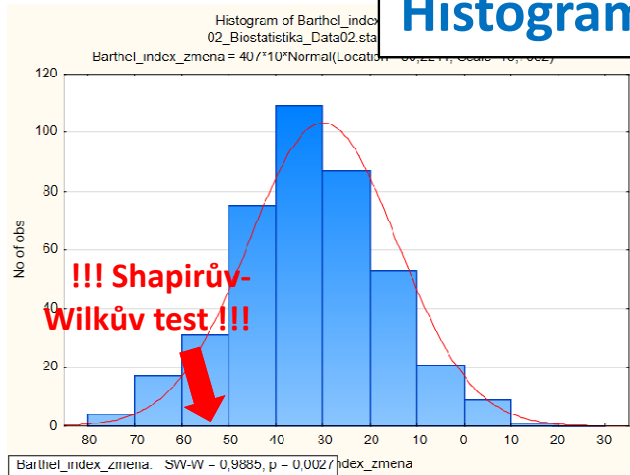
# Úkol č. 3 – Ověření normality diferencí

① Průměr a medián jsou v podstatě shodné (cca -30) a data jsou tedy nejspíš alespoň symetrická.

## Srovnání průměru a mediánu

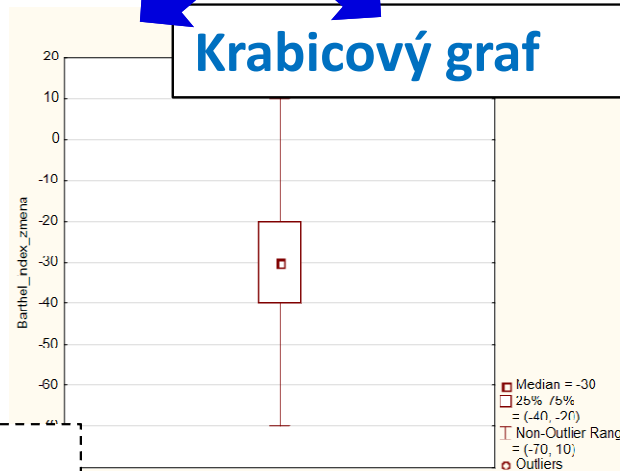
Variable	Descriptive Statistics (02_Biostatistik)		
	Valid N	Mean	Median
Barthel_index_zmena	407	-30,2211	-30,0000

## Histogram



Změna BI

## Krabicový graf



## Diagnostický N-P graf



② Symetrie je patrná i z krabicového grafu. Navíc histogram je svým průběhem velmi podobný normálnímu rozdělení. Z N-P grafu také nejsou patrné odchylky od normality.

③ Na základě p-hodnoty 0,003 zamítáme nulovou hypotézu o normalitě (tj. zamítáme, že není rozdíl mezi pozorovanými daty a teoretickým normálním rozdělením, ... tj. data formálně dle testu nejsou normálně rozdělená).

# Úkol č. 3 – Řešení v programu Statistica

- V menu **Statistics** zvolíme **Nonparametrics**, vybereme **Comparing two dependent samples (groups)**.

The screenshot shows the Statistica software interface. The 'Statistics' menu is open, and the 'Nonparametrics' option is selected. The 'Comparing two dependent samples (variables)' option is highlighted in the 'Quick' list. Red arrows 1, 2, and 3 indicate the steps: 1 points to the 'Statistics' menu, 2 points to the 'Nonparametrics' option, and 3 points to the 'Comparing two dependent samples (variables)' option.

Rehabilitace po mozkovém infarktu: data				
	21	22	23	24
	Barthel_index_po_rehal	Kategorie_zavislosti_p	Barthel	Barthel_index_refe
1		85 částečně soběstačný	-60	64,4
2		40 zcela závislý	20	64,4
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

# Úkol č. 3 – Řešení v programu Statistica

- Vybereme proměnné (*Variables*), které chceme testovat.
- Kliknutím na *Wilcoxon matched pair test* získáme výsledky.

The screenshot shows the Statistica software interface. The main window displays a data table titled "Rehabilitace po mozkovem infarktu: data". The table has three columns: "Barthel\_index\_pred\_rehabilitaci", "Kategorie\_zavislosti\_po\_rehabilitaci", and "Barthel". The data rows are numbered 1 through 16. A dialog box titled "Comparing two variables: 02\_Biostatistik..." is open over the table. The dialog box has a "Variables" section with "List 1: Barthel\_index\_pred\_rehabilitaci" and "List 2: Barthel\_index\_po\_rehabilitaci". The "Quick" section has three options: "Sign test", "Wilcoxon matched pairs test", and "Box & whisker plots for all variables". The "Options" section has a "By Group" button and a "p-value for highlighting:" field set to ".05". Two red arrows point to the "Variables" section (labeled "1") and the "Wilcoxon matched pairs test" option (labeled "2").

	21	22	23
	Barthel_index_pred_rehabilitaci	Kategorie_zavislosti_po_rehabilitaci	Barthel
1		85 částečně soběstačný	
2		40 vvsoco závislý	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16		70 částečně soběstačný	

# Úkol č. 3 – Výsledky v Statistica

Rozsah  
výběru

Hodnota testové  
statistiky  $S_w$  a  $Z$

Wilcoxon Matched Pairs Test (02\_Biostatistika)  
Marked tests are significant at  $p < ,05000$

Pair of Variables	Valid N	T	Z	p-value
Barthel_index_pred_rehabilitaci & Barthel_index_po_rehabilitaci	402	198,5000	17,28938	0,0000



p-hodnota  
Wilcoxonova testu

① Pozorovaný medián  
zlepšení Barthelové  
indexu na začátku a po  
rehabilitaci je 30 bodů.

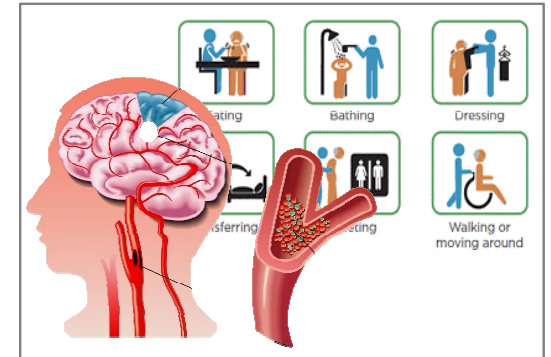
② P-hodnota statistické významnosti této pozorované změny je  $p < 0,001$ , což na hladině významnosti 0,05 značí **významný rozdíl**, a lze tedy prohlásit, že **stupeň soběstačnosti v základních denních aktivitách se viditelně během péče zlepšil**.



# Úkol 4. Kruskalův-Wallisův test

# Úkol č. 4 – Kruskalův-Wallisův test

Zadání: „Zjistěte, zda etiologie vzniku mozko-  
vého infarktu (deficit způsobený embolií,  
trombózou nebo neurčenou okluzí/stenózou)  
je potenciálním prediktivním faktorem  
výsledného stupně soběstačnosti v základních  
denních aktivitách (ADL) vyjádřeného indexem Barthelové. Tj.,  
liší se pacienti s různým typem vzniku mozkového infarktu ve  
výsledné soběstačnosti?“



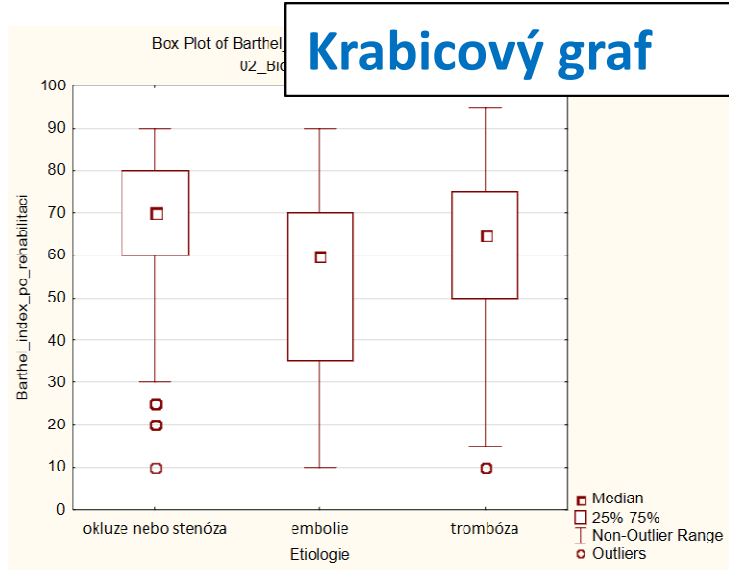
# Úkol č. 4 – Kruskalův-Wallisův test

**Postup** (po nemožnosti použít ANOVA test):

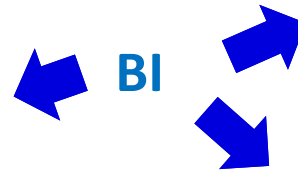
1. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  testujeme hypotézu  $H_0: F(x_1) = F(x_2) = F(x_3)$  proti  $H_A$ : **alespoň jedna dvojice  $F(x_k)$  se liší.**
2. Původní hodnoty Barthelové indexu převedeme na pořadí v celém souboru.
3. Vypočítáme **testovou statistiku  $Q$**  a odpovídající **p-hodnotu.**  
$$Q = 23,63 \Rightarrow p < 0,001$$
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  $H_0$ .** **Existuje alespoň jedna dvojice způsobu vzniku mozkového infarktu, která se liší v následné soběstačnosti pacientů.**

# Úkol č. 4 – Ověření normality a popis dat

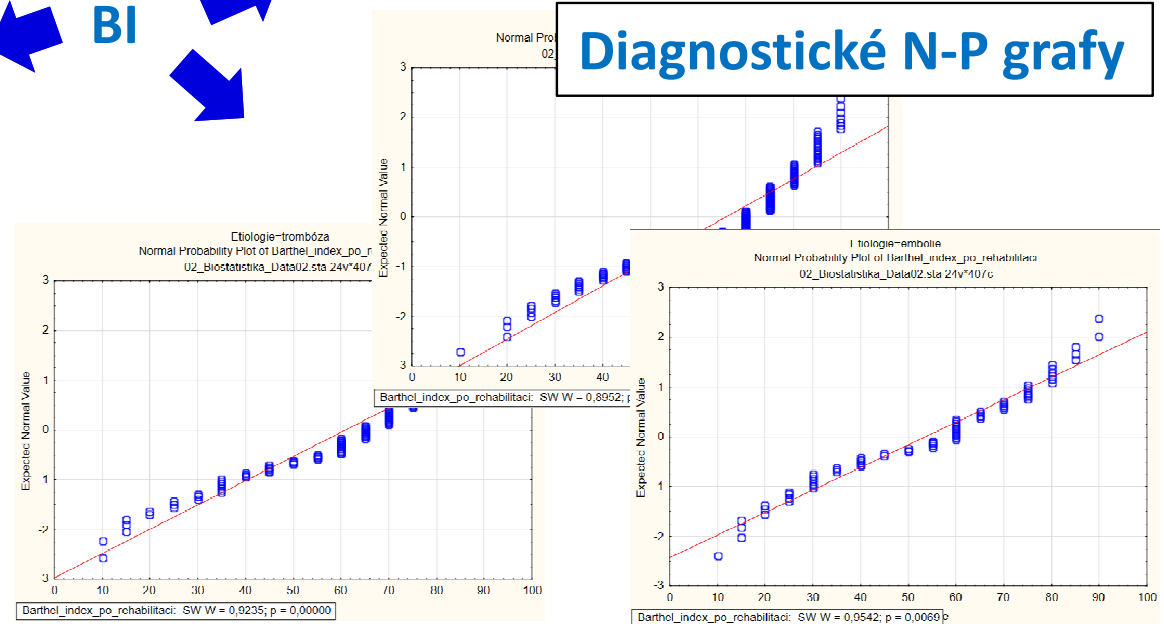
## Srovnání průměru a mediánu



Variable	Descriptive Statistics (02_Biostatistika_Data02.sta)			
	Etiologie	Valid N	Mean	Median
Barthel_index_po_rehabilitaci	trombóza	128	60,89844	65,00000
Barthel_index_po_rehabilitaci	okluze nebo stenóza	201	65,99502	70,00000
Barthel_index_po_rehabilitaci	embolie	78	53,58974	60,00000



## Diagnostické N-P grafy



① Základní popis i grafické srovnání ukazuje možný rozdíl mezi skupinami (soběstačnost po embolii je v mediánu 60 bodů, po trombóze 65 bodů a po neurčené okluzi nebo stenóze 70 bodů).

② Normalitu dat zamítáme u všech tří skupin ( $p < 0,001$ ,  $p < 0,001$  a  $p = 0,007$ ) s tím, že u všech je porušení normality patrné graficky i z N-P grafu.

# Úkol č. 4 – Řešení v programu Statistica

- V menu **Statistics** zvolíme  
zvolíme  
**Nonparametrics**,  
vybereme **Comparing  
multiple indep. samples  
(groups)**.

The screenshot shows the Statistica software interface. The 'Statistics' menu is open, and the 'Nonparametrics' option is selected. The 'Comparing multiple indep. samples (groups)' option is highlighted in the 'Quick' list. Red arrows numbered 1, 2, and 3 indicate the steps: 1 points to the 'Statistics' menu, 2 points to the 'Nonparametrics' option, and 3 points to the 'Comparing multiple indep. samples (groups)' option. The background shows a data table with columns for 'Rehabilitace po mozkovem infarktu: data' and rows for 'Barthel\_index\_po\_rehabilitaci' and 'Kategorie\_zavislosti\_po\_rehabilitaci'.

	Rehabilitace po mozkovem infarktu: data		
	21	22	23
	Barthel_index_po_rehabilitaci	Kategorie_zavislosti_po_rehabilitaci	Bar
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

# Úkol č. 4 – Řešení v programu Statistica

- Vybereme proměnnou, kterou chceme testovat (*dependent*) a proměnnou obsahující skupiny, které srovnáváme (*grouping*).
- Kliknutím na **Multiple comparisons of mean ranks for all groups** získáme výstupy (celkové srovnání ale také mnohonásobné porovnání mezi všemi skupinami).

The screenshot shows the Statistica software interface. The main window displays a data table with columns for 'Rehabilitace po mozkovem infarktu: data' and 'Kategorie\_zavislosti\_po\_rehabilitaci'. A dialog box titled 'Kruskal-Wallis ANOVA and Median Test: 02\_Biostatistik...' is open. The dialog box has a 'Quick' tab and several options. A red arrow labeled '1' points to the 'Variables' button. Another red arrow labeled '2' points to the 'Multiple comparisons of mean ranks for all groups' option. The dialog box shows 'Dependent variables: Barthel\_index\_po\_rehabilitaci' and 'Grouping variable: Etiologie'. The 'p-value for highlighting' is set to 0,05.

# Úkol č. 4 – Výsledky v Statistica

Depend.:	okluze nebo stenóza	embolie	trombóza
Barthel_index po rehabilitaci	R:228,81	R:154,65	R:195,11
okluze nebo stenóza		0,000007	0,033834
embolie	0,000007		0,050002
trombóza	0,033834	0,050002	

Multiple Comparisons p values (2-tailed); Barthel\_index, p  
Independent (grouping) variable: Etiologie  
Kruskal-Wallis test: H ( 2, N= 407) =23,63471 p =,0000

Souhrnná p-hodnota  
Kruskalova-Wallisova  
testu



p-hodnoty mnohonásobného  
porovnání všech skupin

① Z předchozího popisu je patrný možný rozdíl mezi skupinami (soběstačnost po embolii je v mediánu 60 bodů, po trombóze 65 bodů a po neurčené okluzi nebo stenóze 70 bodů).

② Souhrnná p-hodnota statistické významnosti tohoto pozorovaného rozdílu je  $p < 0,001$ , což na hladině významnosti 0,05 značí **významný rozdíl** a ze získaných dat tedy lze říct, že **existuje alespoň jedna dvojice způsobu vzniku mozkového infarktu, která se liší v následné soběstačnosti pacientů (tj. etiologie souvisí s další soběstačností).**

③ Mnohonásobným porovnáním jsme navíc prokázali významný rozdíl mezi embolií a okluzí/stenózou a mezi trombózou a okluzí/stenózou (rozdíl mezi embolií a trombózou významný není). Jinými slovy, **výsledný stupeň soběstačnosti je významně lepší u pacientů s okluzí/stenózou oproti embolii i trombóze.**