

**MUNI
MED**

MIAM021p(s) Analýza a management dat pro zdravotnické obory – přednáška a cvičení (jaro 2020)

MICHAL UHER

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

Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR
Michal.Uher@uzis.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?

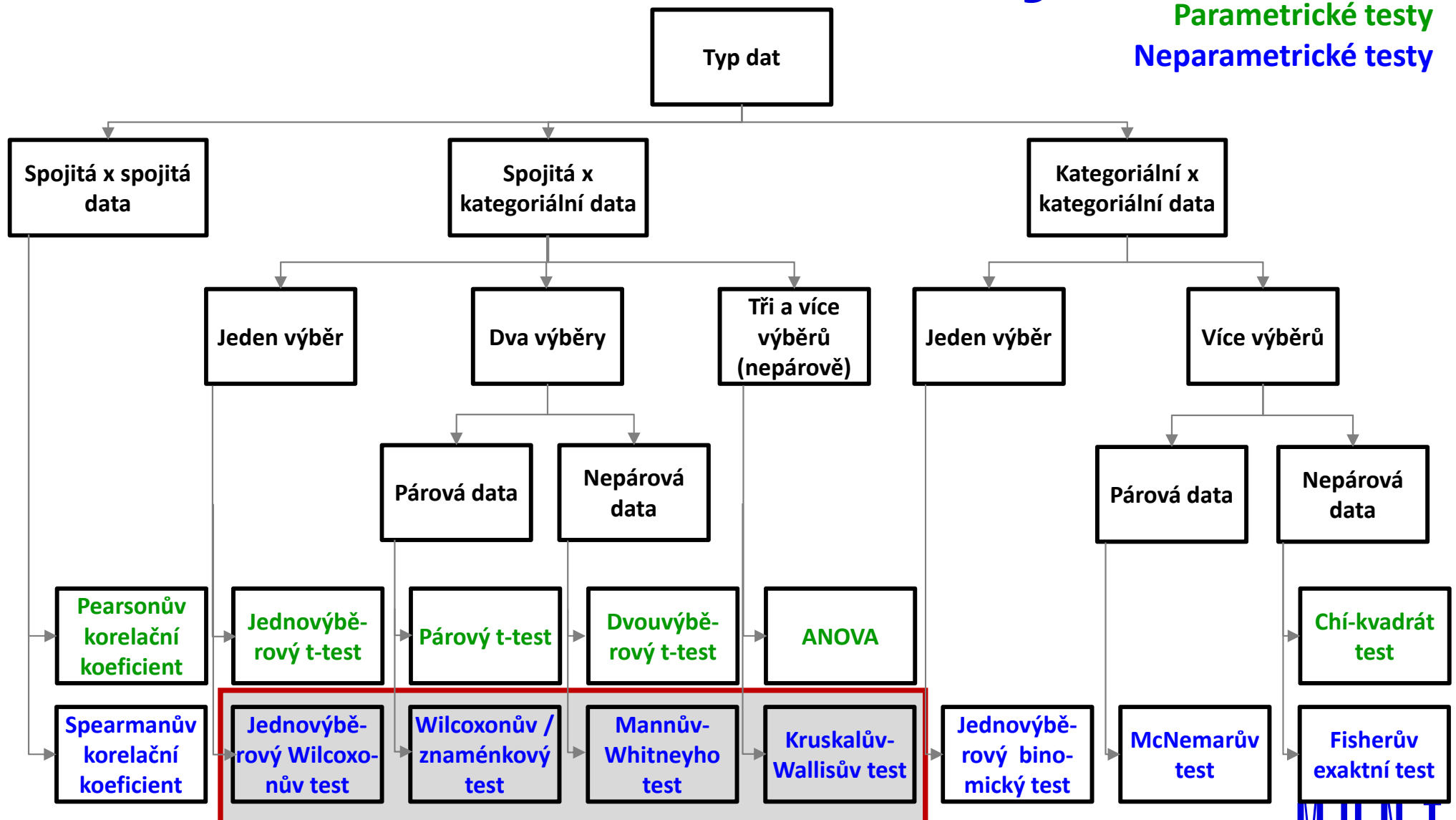
Neparametrické testy

- 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).

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

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

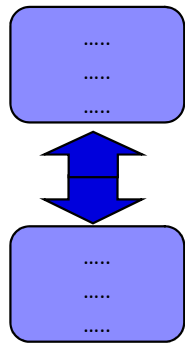
➡ **nezamítáme H_0 .**

Statistické testy o parametrech dvou výběrů

Nepárový Mannův-Whitneyův test
Párový Wilcoxonův a znaménkový test

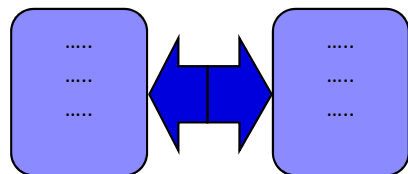
Párový a nepárový test

- 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.

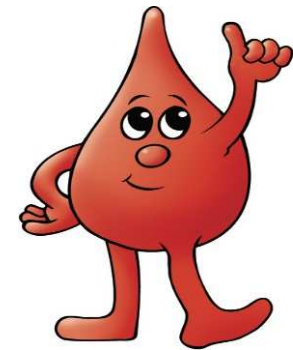
$$H_0: D_{0,5} = 0 \quad H_A: D_{0,5} \neq 0$$

- 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

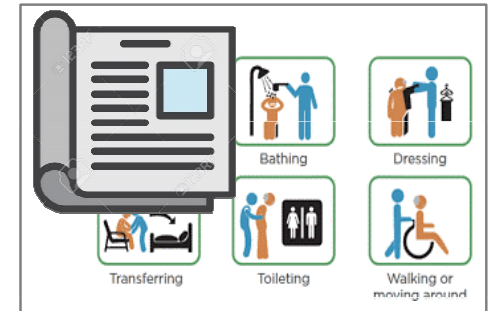
Sbírané informace:

- 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.

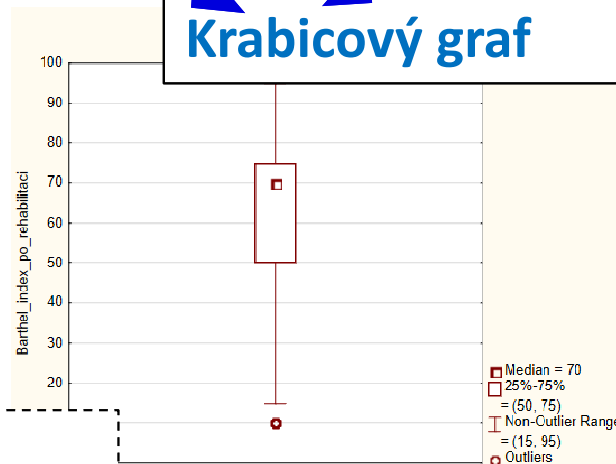
Srovnání průměru a mediánu

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

The screenshot shows the Statistica software interface. The menu path is: **Statistics** > **Nonparametrics** > **Comparing two dependent samples (variables)**. Red arrows with numbers 1, 2, and 3 indicate the steps. The data table below shows the following 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 dependency, Barthel index reference, and a score. A dialog box titled "Comparing two variables: 02_Biostatistik..." is open over the data. 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 is also visible, showing "Sign test" selected and "p-value for highlighting" 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
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



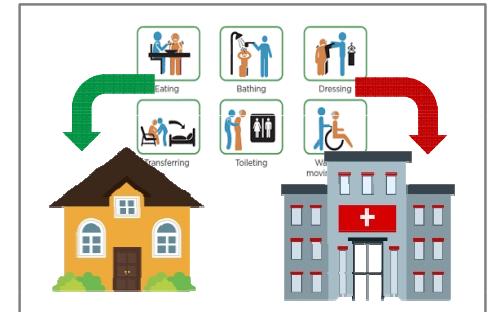
⚠️ Pozorovaný výsledný medián Barthelové indexu je 70 bodů, což je oproti výsledku 64,4 bodů v porovnávané studii **lepší výsledný stav o 5,6 bodů**.

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):

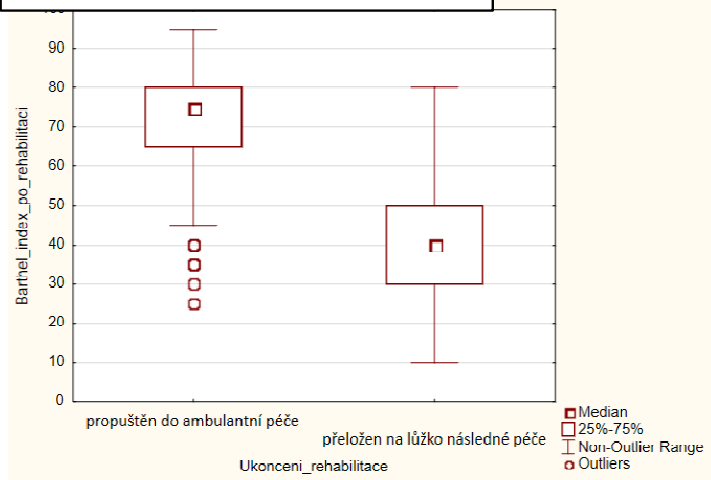
1. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ testujeme hypotézu
 $H_0: F(x_1) = F(x_2)$ proti $H_A: F(x_1) \neq F(x_2)$
2. Původní hodnoty Barthelové indexu převedeme na pořadí v celém souboru.
3. Vypočítáme **testovou statistiku U nebo Z** a odpovídající **p-hodnotu**.
$$U = 1\,998 \quad Z = 14 \quad \Rightarrow \quad p < 0,001$$
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

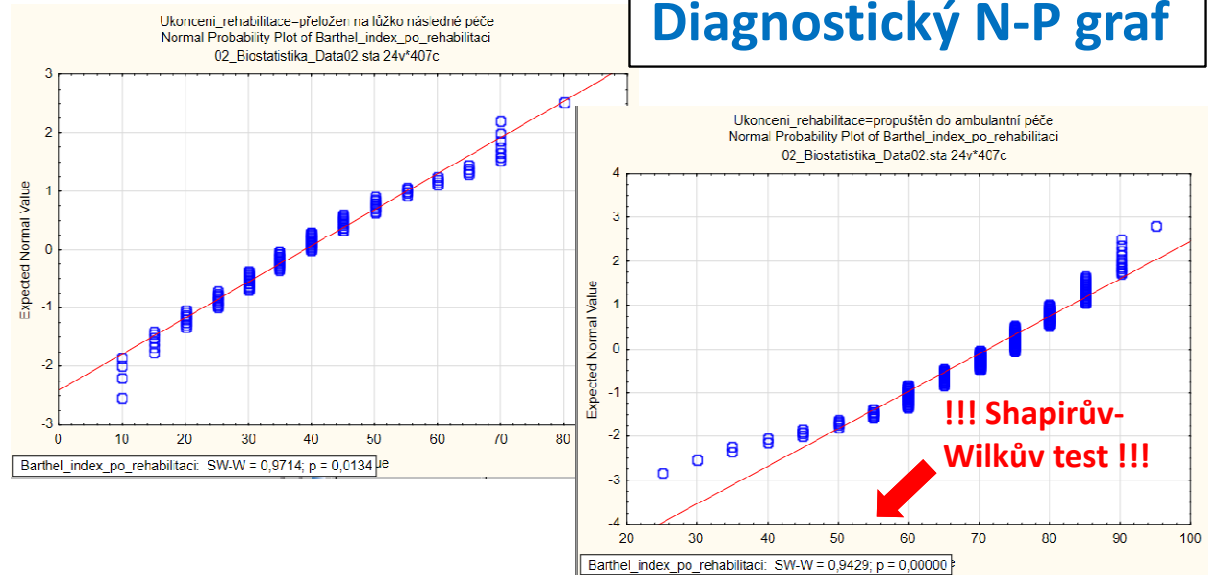
Popis dat

Aggregate Results				
Descriptive Statistics (02_Biostatistika_Data02.sta)				
Variable	Ukocneni_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 mozkovém infarktu: data' and rows for 'Ukonceni_rehabilitace', 'BI_dotaznik_po_rehab_1', and 'BI_dotaznik_po'.

	Rehabilitace po mozkovém 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 'Statistics' menu is open, and the 'Comparing Two Groups' dialog box is displayed. The dialog box is titled 'Comparing Two Groups: 02_Biostatistika_...' and has a 'Variables' field containing 'Barthel_index_po_rehabilitaci'. The 'Grouping' field is set to 'Ukonceni_rehabilitace'. The 'Codes for' field shows 'Group 1: "propuštěn do z...' and 'Group 2: "přeložen na lůž...'. The 'Quick' section of the dialog is expanded, showing several test options: 'Wald-Wolfowitz runs test', 'Kolmogorov-Smirnov two-sample test', 'Mann-Whitney U test', 'Apply continuity correction' (checked), 'Box & whisker plot by group', and 'Categorized histograms by group'. A red arrow labeled '1' points to the 'Variables' field, and another red arrow labeled '2' points to the 'Mann-Whitney U test' option. The background shows a data table with columns 'Rehabilitace' and 'Barthel_index_po_rehabilitaci'.

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.

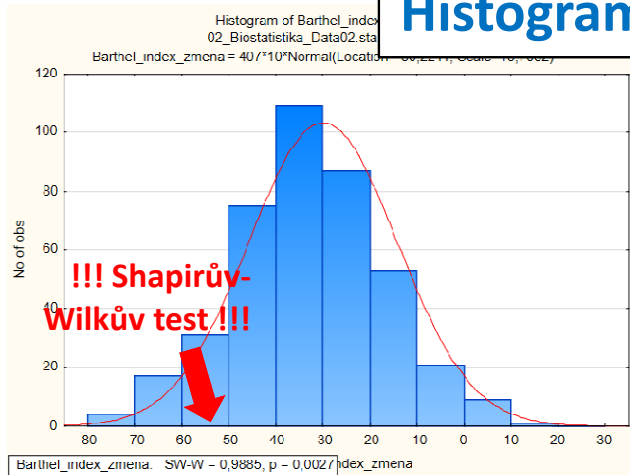
Úkol č. 3 – Ověření normality diferencí

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

Srovnání průměru a mediánu

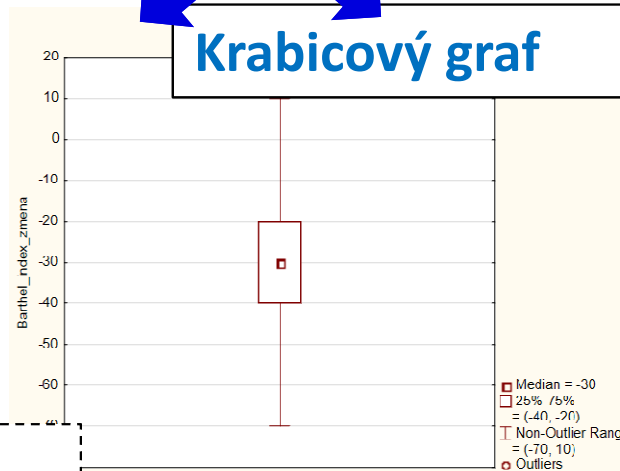
Variable	Descriptive Statistics (02_Biostatistik)		
	Valid N	Mean	Median
Barthel_index_zmena	407	-30,2211	-30,0000

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 sub-menu. 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_po_rehabilitaci", "Kategorie_zavislosti_po_rehabilitaci", and "Barthel". The data rows are numbered 1 to 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_po_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

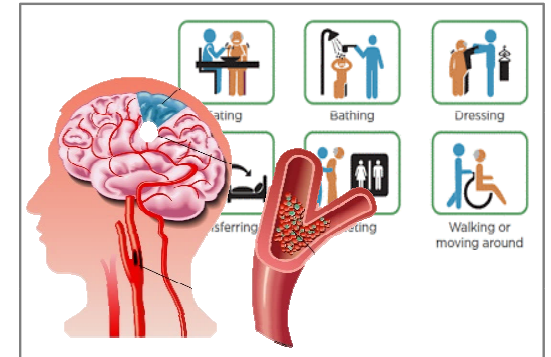
① Pozorovaný medián
zlepšení Barthelové
indexu na začátku a po
rehabilitaci je 30 bodů.

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?“



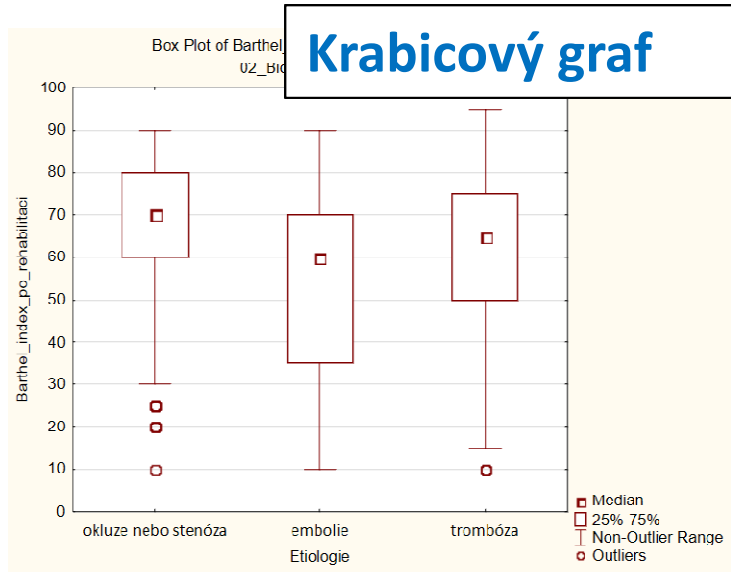
Úkol č. 4 – Kruskalův-Wallisův test

Postup (po nemožnosti použít ANOVA test):

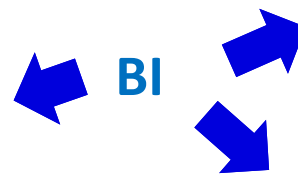
1. Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ testujeme hypotézu $H_0: F(x_1) = F(x_2) = F(x_3)$ proti H_A : **alespoň jedna dvojice $F(x_k)$ se liší.**
2. Původní hodnoty Barthelové indexu převedeme na pořadí v celém souboru.
3. Vypočítáme **testovou statistiku Q** a odpovídající **p-hodnotu**.
$$Q = 23,63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

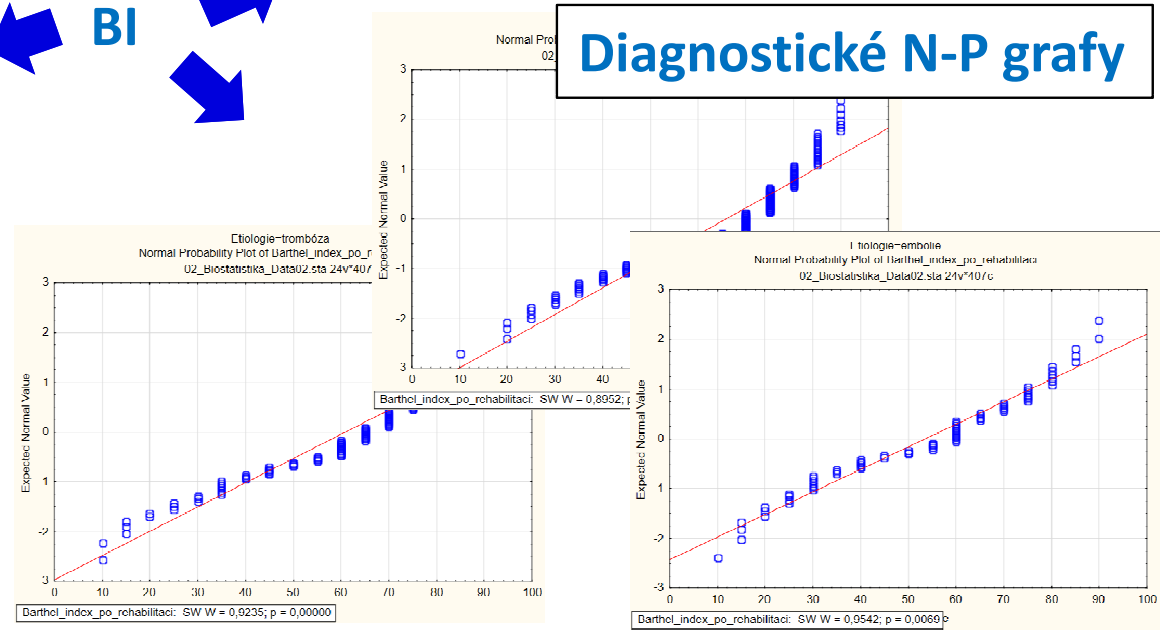
Srovnání průměru a mediánu



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. A red arrow labeled '1' points to the 'Statistics' menu, and another red arrow labeled '2' points to the 'Nonparametrics' option. A third red arrow labeled '3' points to the 'Comparing multiple indep. samples (groups)' option in the 'Nonparametric Statistics' dialog box. The dialog box is titled 'Nonparametric Statistics: 02_Biostatistika_Data02...' and has a 'Quick' tab selected. The 'Quick' tab contains a list of options: '2 x 2 Tables (X2/V2/Phi2, McNemar, Fisher exact)', 'Observed versus expected X2', 'Correlations (Spearman, Kendall tau, gamma)', 'Comparing two independent samples (groups)', 'Comparing multiple indep. samples (groups)', 'Comparing two dependent samples (variables)', 'Comparing multiple dep. samples (variables)', 'Cochran Q test', and 'Ordinal descriptive statistics (median, mode, ...)'. The 'Comparing multiple indep. samples (groups)' option is highlighted. The background shows a data table with columns 'Rehabilitace po mozkovem infarktu: data' and rows numbered 1 to 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 'Statistics' menu is open, and the 'Kruskal-Wallis ANOVA and Median Test' dialog box is displayed. The dialog box has the following settings:

- Quick |
- Variables
- Dependent variables: Barthel_index_po_rehabilitaci
- Grouping variable: Etiologie
- Codes: none
- Summary: Kruskal-Wallis ANOVA & Median test
- Multiple comparisons of mean ranks for all groups (selected)
- Box & whisker
- Categorized histogram
- Summary
- Cancel
- Options
- By Group
- p-value for highlighting: ,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.**