

Paraméteres és nem paraméteres
próbák alkalmazása
több csoport összehasonlítására
folytonos változók esetén

Dr. Sinkovits György és Dr. Prohászka Zoltán
Semmelweis Egyetem, Belgyógyászati és Hematológiai Klinika
klinbiostat2021@gmail.com

2023.04.20.

Csoportok összehasonlítása

Megválaszolható kérdések

- egy kategorikus és egy folytonos változó
 - példák
 - ❖ Különbözik-e egymástól a férfiak és a nők BMI-je?
 - ❖ Más-e a CRP a különböző stádiumú betegekben?
 - Van-e (szignifikáns) különbség két vagy több betegcsoport átlaga között?
 - ❖ Van-e különbség a reggel és este mért hormonszintek között?
 - ❖ Változik-e a vércukorszint egy gyógyszeres kezelés hatására?
 - Biológiai variabilitás kiküszöbölése: összetartozó minták
-



Csoportok összehasonlítása

Teszt választása

- ❖ Hány csoportunk van?
 - ❖ 2
 - ❖ 3 vagy több

- ❖ Normál eloszlású-e a minta? Vannak-e kiugró értékek?
 - ❖ normál eloszlás, nincs kiugró érték
 - az átlag és a szórás jól leírja, **paraméteres teszt**
 - ❖ nem normál eloszlás vagy több kiugró érték
 - medián és interkvartilis tartomány, **nem paraméteres teszt**

- ❖ Függetlenek-e a mintáink?
 - ❖ független csoportok
 - ❖ összetartozó/kapcsolt csoportok



Csoportok összehasonlítása

Független vagy összetartozó csoportok

➤ Független

- ❖ minden elem csak egy csoportban
- ❖ nincs kapcsolat az elemek között
- ❖ az egyik csoport tagjai nem hathatnak a másik csoport tagjaira

➤ Kapcsolt (összetartozó)

- ❖ ugyanaz a személy más időben
- ❖ kezelés előtt-után
- ❖ családi kapcsolat, pl. egypetűjű ikrek
- ❖ korban, nemben illesztett kontrollok (kapcsolatot hoztunk létre – a kísérlet megtervezésekor, nem a vizsgálat elvégzése után!)



Csoportok összehasonlítása

Teszt választása

	Folytonos függő változó	
	Normál eloszlású	Nem normál eloszlású
2 független csoport összehasonlítása	Kétmintás t-próba <i>Independent-sample t-test</i>	Mann-Whitney-próba <i>Mann-Whitney U test</i>
2 kapcsolt csoport összehasonlítása	Páros t-próba <i>Paired-sample t-test</i>	Wilcoxon-próba <i>Wilcoxon test</i>
3 vagy több független csoport összehasonlítása	Egyszempontos varianciaanalízis <i>One-way ANOVA</i>	Kruskal-Wallis-próba <i>Kruskal-Wallis test</i>
3 vagy több kapcsolt csoport összehasonlítása	Ismételt mérések varianciaanalízis <i>Repeated measures ANOVA</i>	Friedman-próba <i>Friedman test</i>



Két független csoport összehasonlítása

Hipotézisek

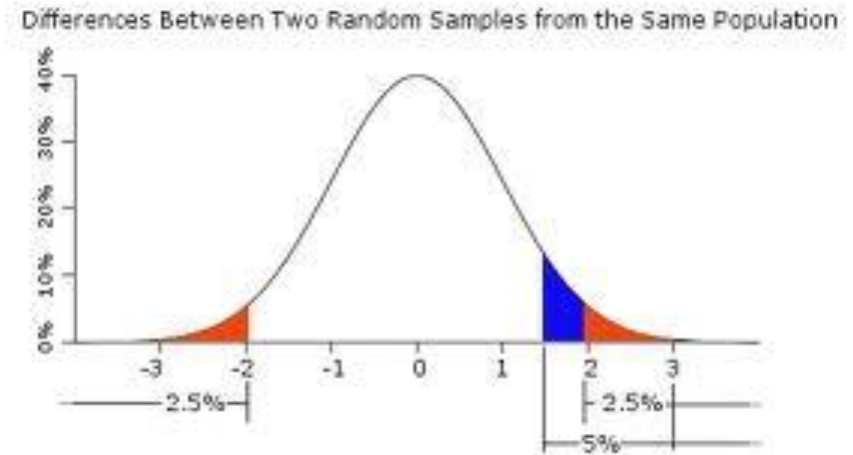
- ❖ H_0 : a két mintavételi populáció (átlaga/mediánja) azonos
- ❖ H_1 : a két mintavételi populáció (átlaga/mediánja) különböző
- **p (probability)**: annak az esélye, hogy az észlelt különbséget a véletlen hozta létre
- **szignifikanciaszint**: az a p érték, amely alatt elvetjük a nullhipotézist
- Elsőfajú hiba (type I error):
 - elvetjük a nullhipotézist, pedig az igaz
 - a két mintavételi populáció között a valóságban nincs szignifikáns különbség, de mi mégis úgy gondoljuk
 - valószínűségét a **p-érték** adja meg
- Másodfajú hiba (type II error):
 - megtartjuk a nullhipotézist, pedig az hamis
 - a két mintavételi populáció között valójában szignifikáns különbség van
 - valószínűségét a **power** adja meg (mintaszám, különbség, szórás, p-érték)



Két független csoport összehasonlítása

Egyoldalas próbák

- csak az egyik irányba történő változás érdekel
 - pl.: alacsonyabb-e a vérnyomás az adott gyógyszert szedő betegekben?
- ❖ H_0 : a két mintavételi populáció (átlaga/mediánja) azonos
- ❖ H_1' : az egyik mintában a változó (átlagának/mediánjának) értéke magasabb/alacsonyabb (csak az egyik!)
- Ha a kérdésfeltevés indokolja:
 - a szignifikanciaszint kétszeres ($p=0,05$ helyett $p=0,10$) az egyik irányban
 - a másik irányú eltérést nem vesszük figyelembe



Két független csoport összehasonlítása

Teszt választása

	Folytonos függő változó	
	Normál eloszlású	Nem normál eloszlású
2 független csoport összehasonlítása	Kétmintás t-próba <i>Independent-sample t-test</i>	Mann-Whitney-próba <i>Mann-Whitney U test</i>
2 kapcsolt csoport összehasonlítása	Páros t-próba <i>Paired-sample t-test</i>	Wilcoxon-próba <i>Wilcoxon test</i>
3 vagy több független csoport összehasonlítása	Egyszempontos varianciaanalízis <i>One-way ANOVA</i>	Kruskal-Wallis-próba <i>Kruskal-Wallis test</i>
3 vagy több kapcsolt csoport összehasonlítása	Ismételt mérések varianciaanalízis <i>Repeated measures ANOVA</i>	Friedman-próba <i>Friedman test</i>



Kétmintás t-próba

A számítás elvégzésének feltételei

➤ Általános (vizsgálettervezés)

- ❖ a független változó kategorikus, két értéket vesz fel (két csoport van)
- ❖ a két csoport elemei függetlenek egymástól
- ❖ a függő változó folytonos

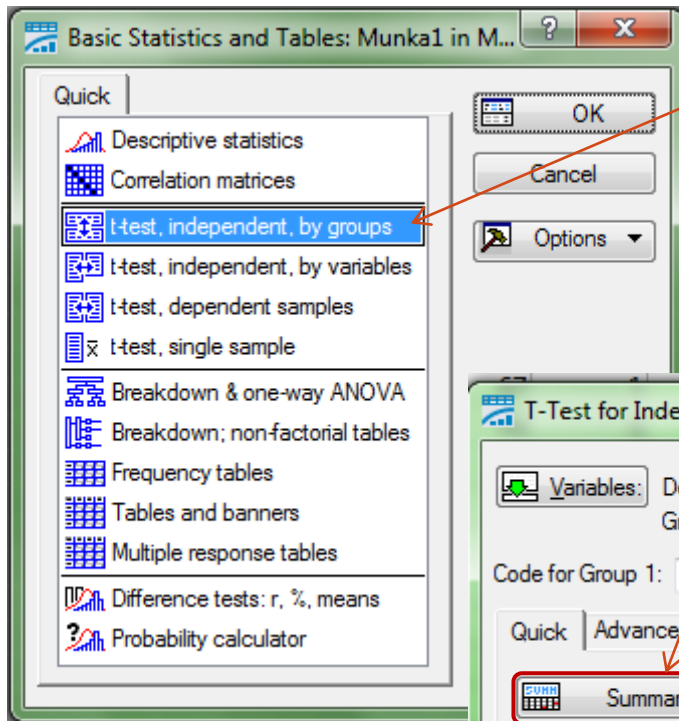
➤ Próbára vonatkozó

- ❖ függő változó normál eloszlású mindkét csoportban
 - ❖ nincsenek kiugró értékek egyik csoportban sem
 - ❖ a két csoport varianciája nem különbözik
 - ❖ a Fisher- (F-) próbával vizsgálható
 - ha nem teljesül, Welch-próbát lehet végezni
 - ❖ **kiegyensúlyozott** teszt (hasonló elemszám a csoportokban) kevésbé érzékeny
-



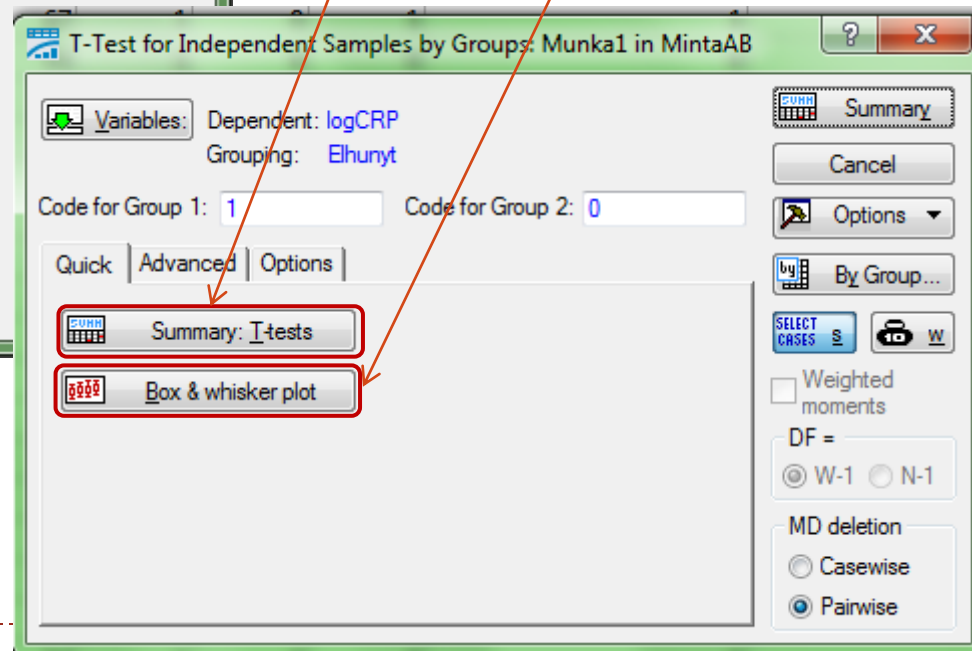
Kétmintás t-próba

- Statistics // Basic statistics/Tables// t-test, independent, by groups



itt kérhető a teszt

ábrázolhatjuk is az eredményeket



Kétmintás t-próba

- Statistics // Basic statistics/Tables// t-test, independent, by groups

The image shows a sequence of dialog boxes in SPSS. The 'T-Test for Independent Samples by Groups' dialog box is open, with the 'Quick' tab selected. The 'Categorized histograms' option is highlighted with a red box. The 'Graph Options' dialog box is open, with the 'Statistics...' button highlighted. The 'Statistics' dialog box is open, with 'Shapiro-Wilk test' and 'Descriptive statistics' checked. The 'Value Format' section is visible, showing various format options. A histogram is visible on the right side of the screen.

a normalitás ellenőrzésére
hisztogramokat kérhetünk

a hisztogramra kétszer kattintva
normalitási teszteket is végezhetünk

Kétmintás t-próba

➤ Statistics // Basic statistics/Tables// t-test, independent, by groups

T-tests; Grouping: Elhunyt (Munka1 in MintaAB)											
Group 1: 1											
Group 2: 0											
Include condition: v14>1											
Variable	Mean 1	Mean 0	t-value	df	p	Valid N 1	Valid N 0	Std.Dev. 1	Std.Dev. 0	F-ratio Variances	p Variances
logCRP	1,979763	1,420633	3,501073	99	0,000697	25	76	0,427136	0,758253	3,151350	0,002444

csoportátlagok

a számított t-statiszika értéke

degree of freedom, szabadságfok
(a két csoport elemszáma -2)

a kétoldali próbához tartozó
p-érték

Megj.: A t-próba akkor végezhető, ha a két csoport varianciája megegyezik. Ha nem vagyunk biztosak a szórások egyenlőségében, akkor Welch próbát kell használni.

(az F próba ezt vizsgálja, de nem helyes ez alapján választani a próbát)



Mann-Whitney-próba

A számítás elve

- **nemparaméteres**, rangtraszformáción alapul
- **U**: hány mintapár esetén magasabb az egyik csoport eredménye

	Férfiak		Nők	
	Testtömeg, kg	Rangszám	Testtömeg, kg	Rangszám
1	102	13	54	1
2	67	4	68	5
3	72	7	77	8
4	81	9	90	11
5	84	10	71	6
6	59	2	82	10
7	93	12	63	3
Összesen:		57		44



Mann-Whitney-próba

A számítás elvégzésének feltételei

➤ Általános (vizsgálattervezés)

- ❖ a független változó kategorikus, két értéket vesz fel (két csoport van)
- ❖ a két csoport elemei függetlenek egymástól
- ❖ a függő változó folytonos vagy ordinális

➤ Próbára vonatkozó

- ❖ a két csoport eloszlásfüggvénye azonos (hasonló) alakú
 - ❖ egymásba áttolással átvihetők
 - ❖ a szórás mértéke és a ferdség iránya azonos
- ha ez nagyon nem teljesül, a mediánok helyett az átlagos rangszámokról nyilatkozhatunk



Mann-Whitney-próba

- Statistics // Nonparametrics // Comparing two independent samples (groups)

The image shows two overlapping SPSS dialog boxes. The background box is 'Nonparametric Statistics: Munka1 in MintaAB', with the 'Comparing two independent samples (groups)' option selected. The foreground box is 'Comparing Two Groups: Munka1 in MintaAB', showing the 'M-W U test' selected in the 'Variables' list. The 'Dependent' variable is 'CRP(mg/L)' and the 'Grouping' variable is 'Elhunyt'. The 'Codes for' field shows 'Group 1: 1' and 'Group 2: 0'. The 'Mann-Whitney U test' option is highlighted with a red box, and the 'Apply continuity correction' checkbox is checked. The 'Box & whisker plot by group' and 'Categorized histograms by group' options are also highlighted with red boxes. The 'p-value for highlighting' is set to '.05'. Annotations in Hungarian point to the 'Mann-Whitney U test' option and the 'Options' section.

itt kérhető a teszt

a korábban említett ábrák itt is elérhetők



Mann-Whitney-próba

➤ Statistics // Nonparametrics // Comparing two independent samples

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Munka1 in MintaAB)										
By variable Elhunyt										
Marked tests are significant at p <,05000										
Include condition: v14>1										
variable	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 2	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
CRP (mg/L)	1732,000	3419,000	493,0000	3,592150	0,000328	3,592203	0,000328	25	76	0,000234

csoporttól függetlenül adott rangszámok csoportösszege

a rangszámösszegeből számolt statisztika értéke és a hozzá tartozó p-érték

esetszám

Ha az egyik csoport minden egyes eleméhez hozzárendeljük a másik csoport minden egyes elemét, akkor a két csoport esetszámainak szorzatával egyenlő számú párt kapunk ($25 \times 76 = 1900$ db-ot).

Az U azt mutatja meg, hogy hány ilyen párban nagyobb az első érték, mint a második (+ az egyenlő párok számának a fele). Ha egyforma lenne a CRP a két csoportban, az U $1900/2 = 950$ lenne.

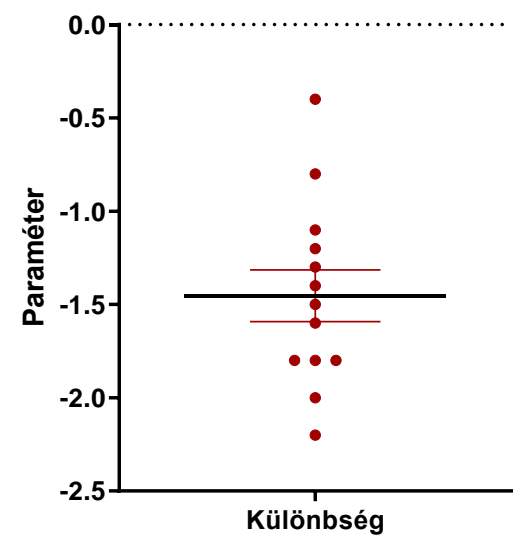
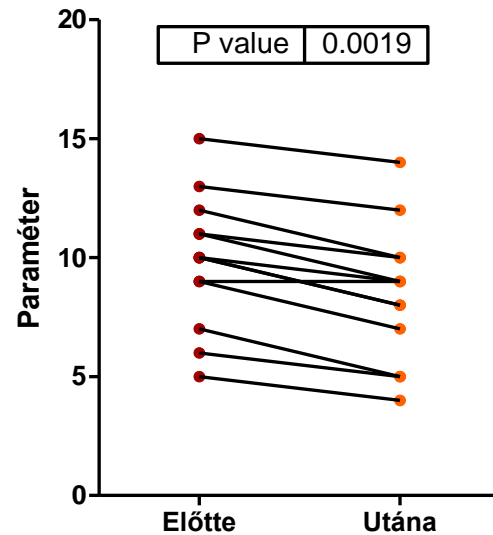
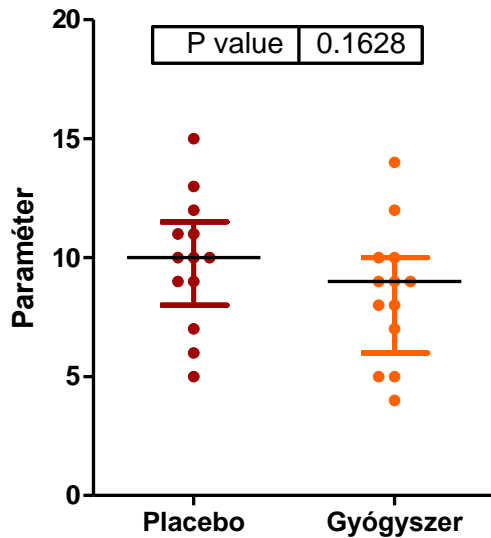
Megj.: Mivel az eredményekből (rangszámok összege) csak nehézkesen állapítható meg, hogy melyik csoportban vannak a nagyobb értékek, érdemes grafikusán ábrázolni!



Két összetartozó csoport összehasonlítása

Hipotézisek

- ❖ H_0 : a vizsgált hatás nem okoz szignifikáns változást a változóban
- ❖ H_1 : a vizsgált hatás szignifikáns változást idéz elő a változóban
- Pl.: egy gyógyszer hatásának vizsgálata független és összetartozó mintákon:



- Mérsékli a biológiai variabilitásból eredő szóródást



Két összetartozó csoport összehasonlítása

Teszt választása

	Folytonos függő változó	
	Normál eloszlású	Nem normál eloszlású
2 független csoport összehasonlítása	Kétmintás t-próba <i>Independent-sample t-test</i>	Mann-Whitney-próba <i>Mann-Whitney U test</i>
2 kapcsolt csoport összehasonlítása	Páros t-próba <i>Paired-sample t-test</i>	Wilcoxon-próba <i>Wilcoxon test</i>
3 vagy több független csoport összehasonlítása	Egyszempontos varianciaanalízis <i>One-way ANOVA</i>	Kruskal-Wallis-próba <i>Kruskal-Wallis test</i>
3 vagy több kapcsolt csoport összehasonlítása	Ismételt mérések varianciaanalízis <i>Repeated measures ANOVA</i>	Friedman-próba <i>Friedman test</i>



Párosított t-próba

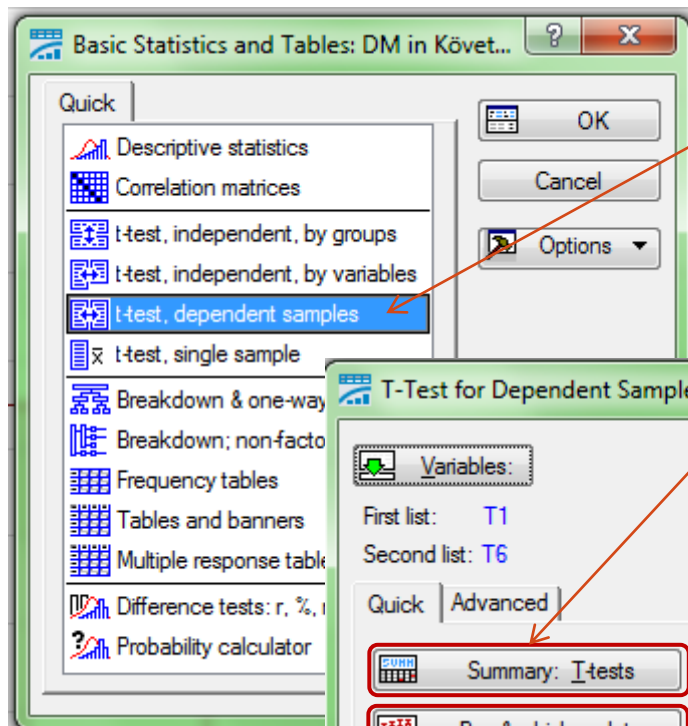
A számítás elvégzésének feltételei

- Általános (vizsgálettervezés)
 - ❖ a függő változó folytonos, két alkalommal mérve:
 - ❖ eltérő időpontban vagy helyen, kezelés előtt/után, kapcsolt mintán
- Próbára vonatkozó
 - ❖ a mérési eredmények különbsége normál eloszlású
 - ❖ a mérési eredmények különbsége nem tartalmaz kiugró értékeket
- az értékek különbsége (ezek átlaga és szórása) alapján számol
 - kis változás is lehet szignifikáns, ha kicsi a szórása

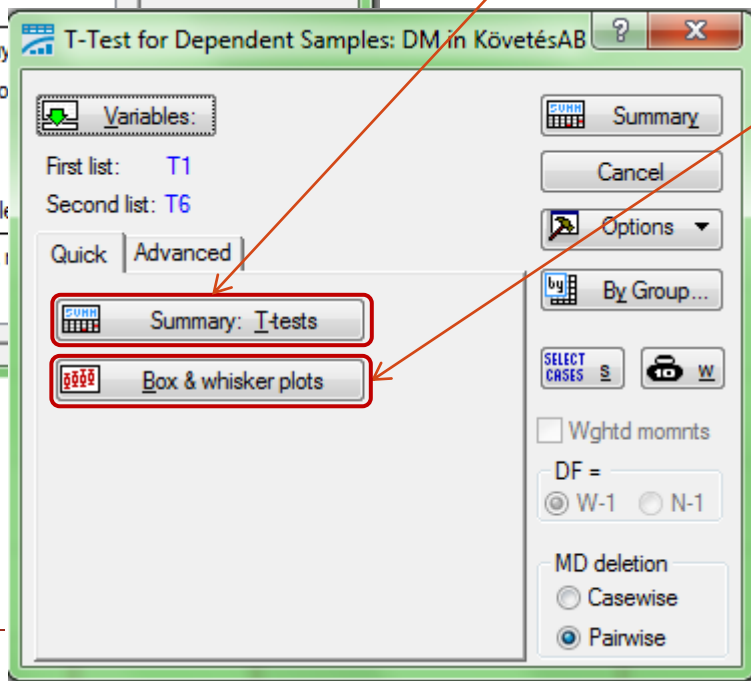


Párosított t-próba

- Statistics // Basic statistics/Tables // t-test, dependent samples



itt kérhető a teszt



ábrázoljuk is az adatokat!

Párosított t-próba

- Statistics // Basic statistics/Tables // t-test, dependent samples

T-test for Dependent Samples (DM in KövetésAB)										
Marked differences are significant at $p < ,05000$										
Variable	Mean	Std.Dv.	N	Diff.	Std.Dv. Diff.	t	df	p	Confidence -95,000%	Confidence +95,000%
T1	2,873056	4,168314								
T6	1,747778	1,198654	36	1,125278	3,882798	1,738866	35	0,090849	-0,188472	2,439028

mérések átlaga és szórása

a különbség átlaga és szórása:
ez alapján számol a teszt;
mivel a különbségek szórása
az átlaghoz képest magas,
a mérések közti különbség
valószínűleg nem szignifikáns

a t-statisztika eredménye
és a hozzá tartozó p-érték:
valóban nem szignifikáns a
különbség

a szignifikancia hiánya abból is
leolvasható, hogy a különbség
konfidenciaintervalluma tartalmazza
a 0-t

Wilcoxon-próba

A számítás elve

- **nemparaméteres**, rangszámokon alapul
- különbségek rang-transzformációja előjeltől függetlenül

Alany	Mérés 1	Mérés 2	Különbség	Rangszám
1	123	108	-15	4
2	92	74	-18	5
3	107	104	-3	2
4	116	93	-23	6
5	135	142	+7	3
6	114	116	+2	1
7	109	82	-27	7
Pozitív rangok:				4
Negatív rangok:				24



Wilcoxon-próba

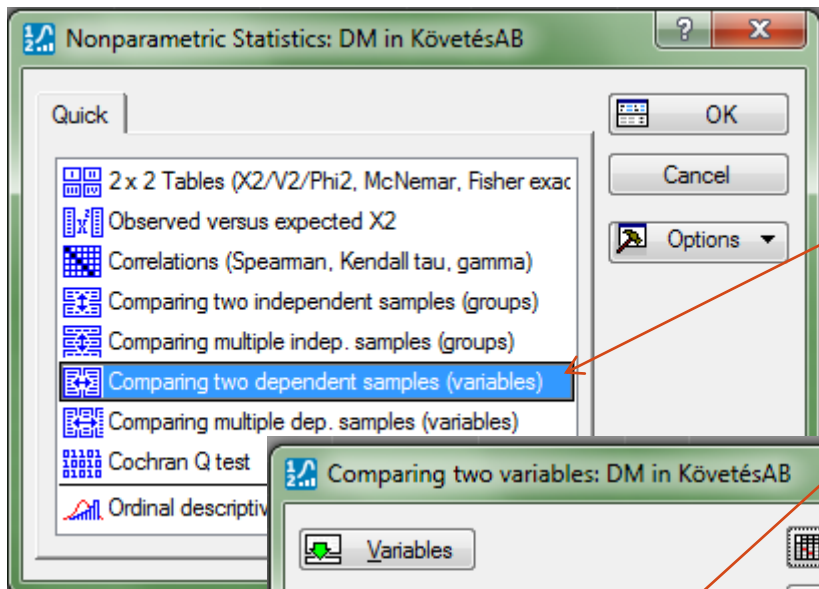
A számítás elvégzésének feltételei

- Általános (vizsgálettervezés)
- ❖ a függő változó folytonos vagy ordinális, két alkalommal mérve:
 - ❖ eltérő időpontban vagy helyen, kezelés előtt/után, kapcsolt mintán
- Próbára vonatkozó
- ❖ a különbségek eloszlása megközelítőleg szimmetrikus
 - egyébként a sign-tesztet lehet használni

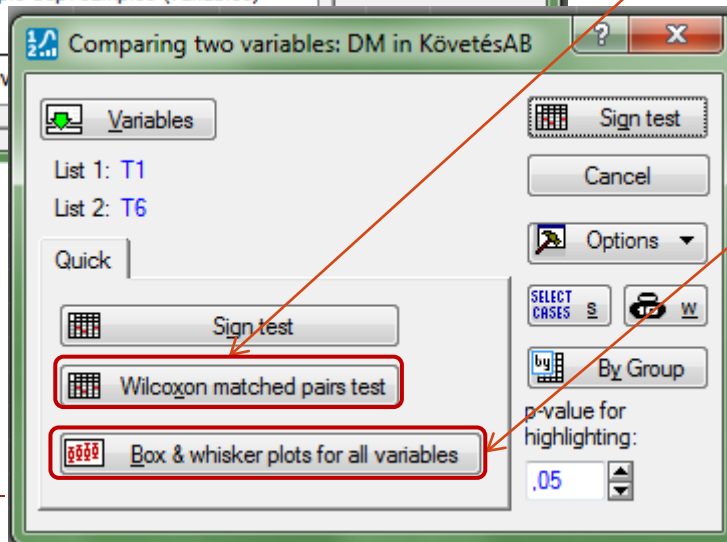


Wilcoxon-próba

- Statistics // Nonparametrics // Comparing two dependent samples (variables)



itt kérhető a teszt



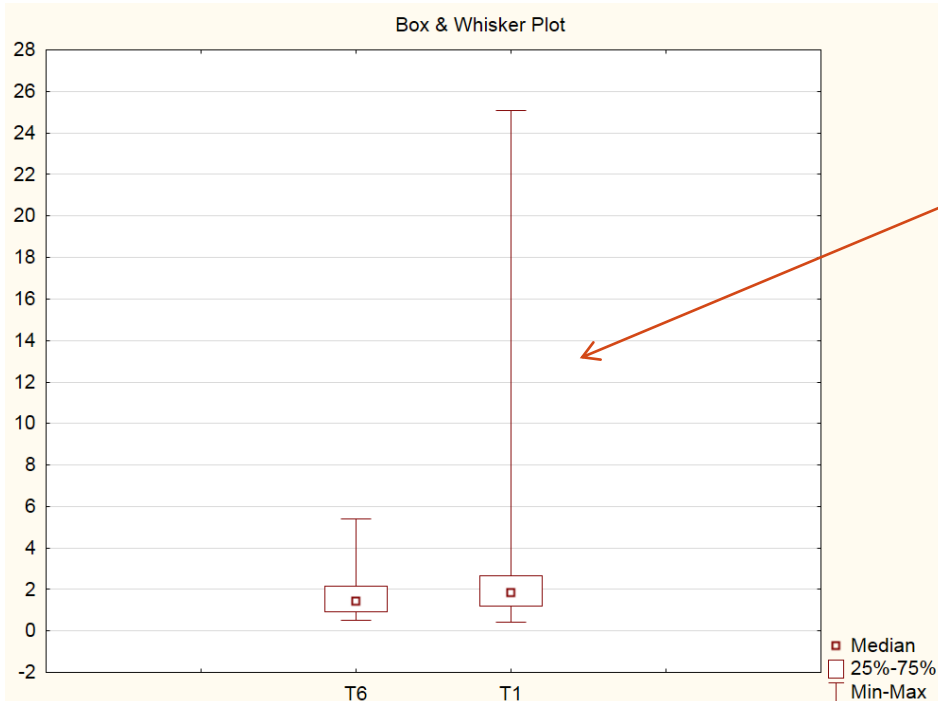
ábrázoljuk is az adatokat!

Wilcoxon-próba

- Statistics // Nonparametrics // Comparing two dependent samples (variables)

Pair of Variables		Valid N	T	Z	p-value
T1	& T6	36	170,0000	2,560824	0,010443

nem-paraméteres próbával már szignifikáns a különbség



Több csoport összehasonlítása

Páronkénti összehasonlítás?

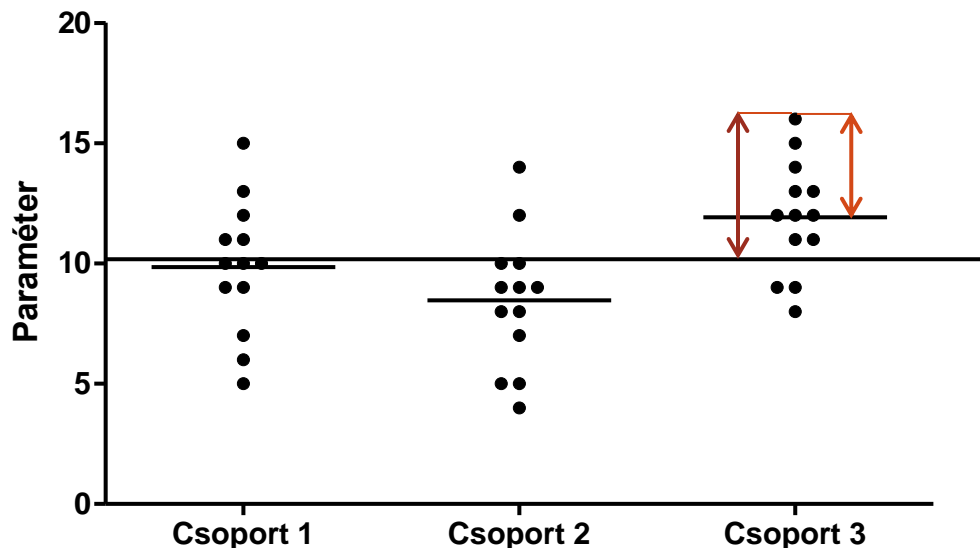
- ❖ Több csoport összehasonlításánál kézenfekvő, de nem helyes a csoportokat páronként összehasonlítani
 - ez **több** $(n(n-1)/2)$ összehasonlítással járna
 - ennek következtében a **fals pozitív** következtetések aránya növekedne
- Korrekción
- ❖ Ilyen esetben a szignifikanciaszintet korigálni kéne az elvégzett páronkénti összehasonlítások számának megfelelően
 - ❖ pl. **Bonferroni-korrekción**: a p-értéket elosztjuk az összehasonlítások számával



Több csoport összehasonlítása

A varianciaanalízis elve

- ❖ Több csoport összehasonlítása esetén a választandó megközelítés a **varianciaanalízis** (ANOVA: analysis of variance)
 - a csoportokon belüli és a csoportok közötti varianciát elemzi
 - szórásnégyzet (SS), Fisher-féle (F-) statisztika



Teljes variancia:

az összesített átlaghoz viszonyítva

Csoporton belüli variancia:

a csoport átlagához viszonyítva

Csoportok közötti variancia:

a kettő különbsége

Ha a csoportok egy populációból származnak (nullhipotézis), a csoportok közötti variancia aránylag kicsi

Több csoport összehasonlítása

A varianciaanalízis hipotézisei, fajtái

- Hipotézisek (független minták esetén):
 - ❖ H_0 : mindegyik csoport ugyanolyan átlagú populációból származik
 - ❖ H_1 : legalább az egyik csoport nem ugyanolyan átlagú populációból származik

- A vizsgált szempontok száma szerint:
 - ❖ **Egyszempontos ANOVA**
 - A csoportokat egy szempont szerint vizsgáljuk (pl. betegség súlyossága)
 - ❖ **Többszempontos ANOVA**
 - A csoportokat több szempont szerint is vizsgáljuk (pl. betegség súlyossága **és nem**)



Több csoport összehasonlítása

Utótesztek (*post hoc* próbák)

- Melyik csoportok különböznek egymástól?
- ❖ Tukey: paraméteres teszt, kevésbé szigorú, de a csoportok különböző elemszámára érzékeny
- ❖ Bonferroni: α -korrekció, szigorúbb, de a csoportok különböző elemszámára kevésbé érzékeny
- ❖ Dunnett: egy választott kontrollcsoporthoz viszonyít, egyoldalas próbák elvégzésére is alkalmas
- ❖ Dunn: α -korrekció nemparaméteres teszteknel, Kruskal-Wallis- és Friedman-próba utótesztjeként használható



Több független csoport összehasonlítása

Teszt választása

	Folytonos függő változó	
	Normál eloszlású	Nem normál eloszlású
2 független csoport összehasonlítása	Kétmintás t-próba <i>Independent-sample t-test</i>	Mann-Whitney-próba <i>Mann-Whitney U test</i>
2 kapcsolt csoport összehasonlítása	Páros t-próba <i>Paired-sample t-test</i>	Wilcoxon-próba <i>Wilcoxon test</i>
3 vagy több független csoport összehasonlítása	Egyszempontos varianciaanalízis <i>One-way ANOVA</i>	Kruskal-Wallis-próba <i>Kruskal-Wallis test</i>
3 vagy több kapcsolt csoport összehasonlítása	Ismételt mérések varianciaanalízis <i>Repeated measures ANOVA</i>	Friedman-próba <i>Friedman test</i>



Egyszempontos ANOVA

A számítás elvégzésének feltételei

➤ Általános (vizsgálattervezés)

- ❖ független minták
- ❖ a független változó kategorikus (legalább három kategória)
- ❖ a függő változó folytonos

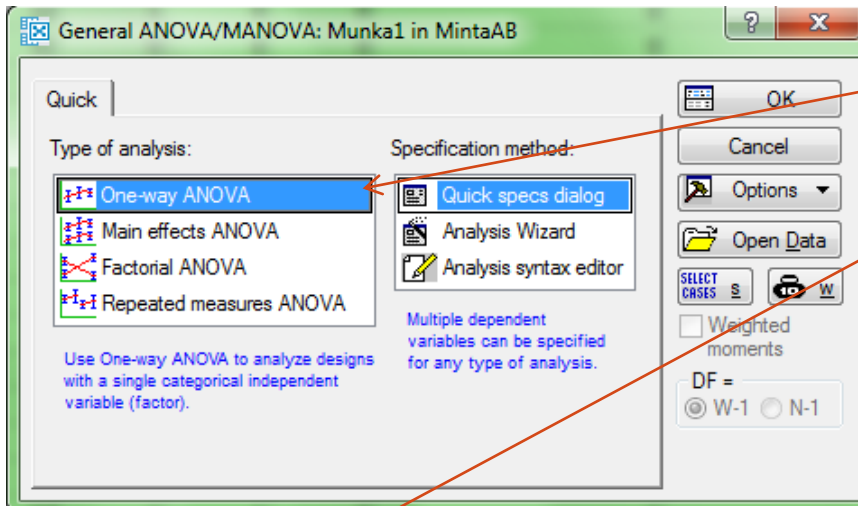
➤ Próbára vonatkozó

- ❖ a függő változó normál eloszlású (minden csoportban)
 - ❖ nincsenek kiugró értékek (egyik csoportban sem)
 - ❖ a függő változó varianciája minden csoportban megegyezik
 - ❖ Levene-próbával vizsgálható
 - ❖ ha nem teljesül, akkor Welch-próba végezhető
-

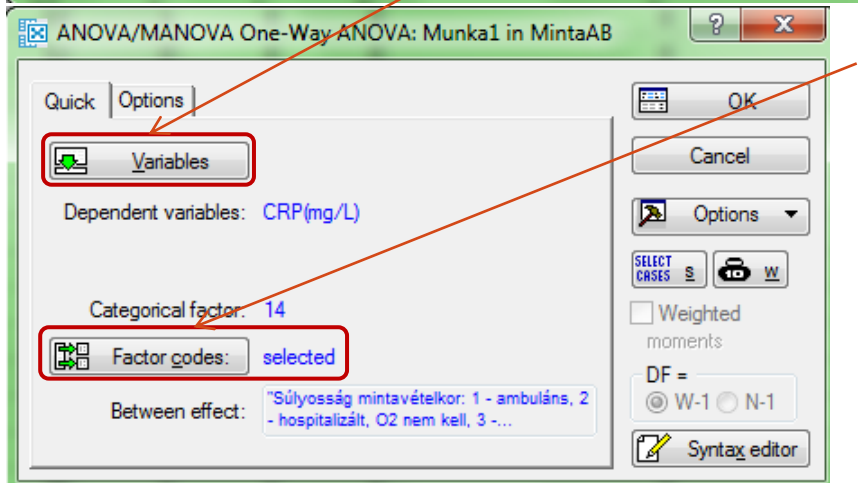


Egyszempontos ANOVA

➤ Statistics // ANOVA // One-way ANOVA



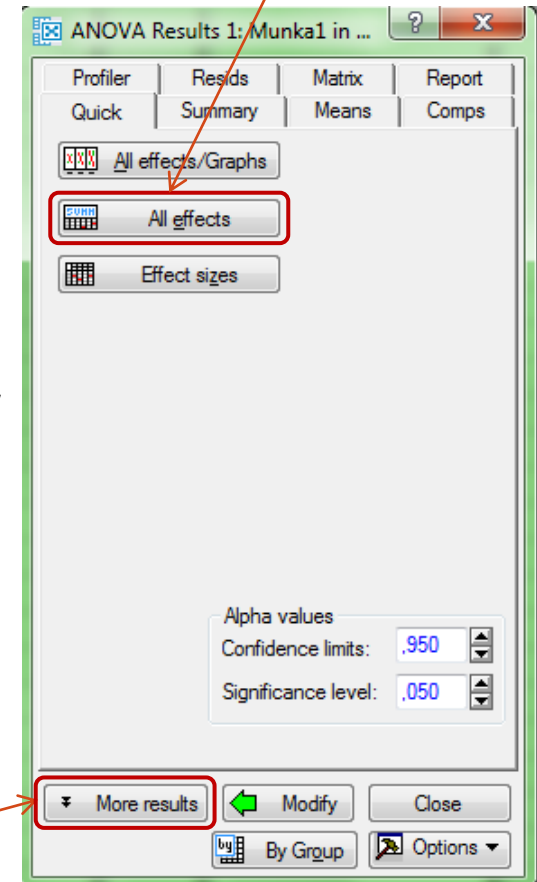
itt választhatjuk ki a vizsgálandó változókat



itt állíthatjuk be, hogy melyik csoportokat szeretnénk bevonni az összehasonlításba

a post-hoc tesztek és ábrák itt érhetőek el

az ANOVA eredménye itt tekinthető meg



Egyszempontos ANOVA

➤ Statistics // ANOVA // One-way ANOVA

Univariate Tests of Significance for CRP (mg/L) (Munka1 in MintaAB) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	648466,9	1	648466,9	145,8452	0,000000
Súlyosság mintavételkor:	248829,0	9	124414,5	27,9818	0,000000
Error	435734,1	98	4446,3		

csoportok közötti
átlagos variancia

csoportokon belüli
átlagos variancia

ha a teszt szignifikáns eredményt ad,
a csoportok közül legalább az egyik
nem azonos populációból származik

Egyszempontos ANOVA

➤ Statistics // ANOVA // One-way ANOVA

ANOVA Results 1: Munka1 in MintaAB

Profiler | Custom tests | Residuals 1 | Residuals 2 | Matrix | Report

Summary | **Means** | Planned comps | Post-hoc | Assumptions

Plot or show means for effect: "Súlyosság mintavételkor: 1 - ambulán"

Observed, unweighted | **Plot** | All marginal tables

Observed, weighted | Plot | All marginal tables

Least squares means | Plot | All marginal tables

Covariate values

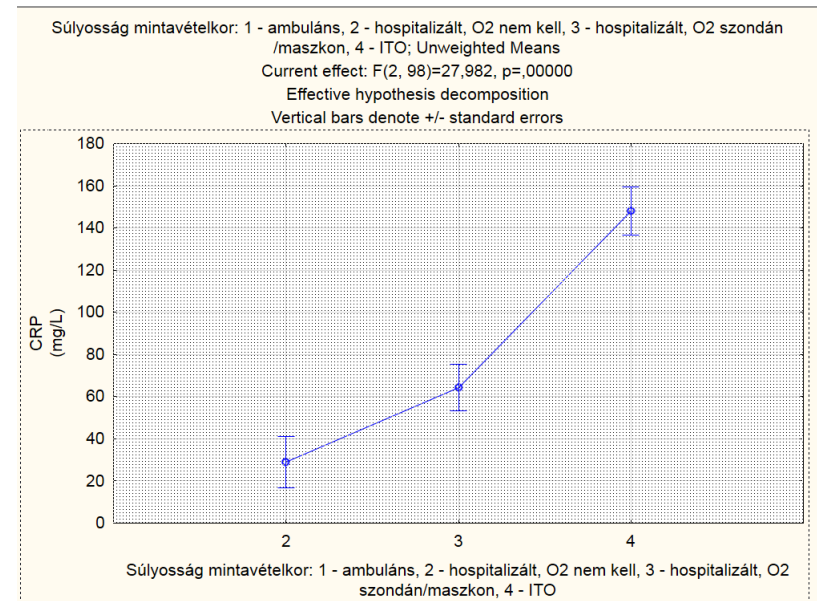
Covariate means

User-defined values

Adjusted means

Show standard errors Show/plot means +/- standard errors

itt ábrázolhatjuk a csoportok átlagát



tekintsük meg a csoportok közötti különbséget szabad szemmel is!

Egyszempontos ANOVA

➤ Statistics // ANOVA // One-way ANOVA

The screenshot shows the 'ANOVA Results 1: Munka1 in MintaAB' dialog box. The 'Post-hoc' tab is selected, and the 'Tukey HSD' test is highlighted with a red box. Other tests like Fisher LSD, Bonferroni, Scheffé, and Dunnett are also visible. The 'Dunnett' test is also highlighted with a red box. The 'Assumptions' tab is also visible, and the 'Post-hoc' tab is highlighted with a red box. The 'Dunnett' test is also highlighted with a red box.

végezzünk post-hoc tesztek az egyes csoportok összehasonlítására! (a legújabb verzióban a 'more results' gombra kattintva lesz látható)

páronkénti összehasonlításhoz általában javasolható teszt

egy kijelölt kontrollcsoporthoz is hasonlíthatjuk a többit

Kruskal-Wallis-próba

A számítás elvégzésének feltételei

➤ Általános (vizsgálattervezés)

- ❖ független minták
- ❖ a független változó kategorikus (legalább három kategória)
- ❖ a függő változó folytonos vagy ordinális

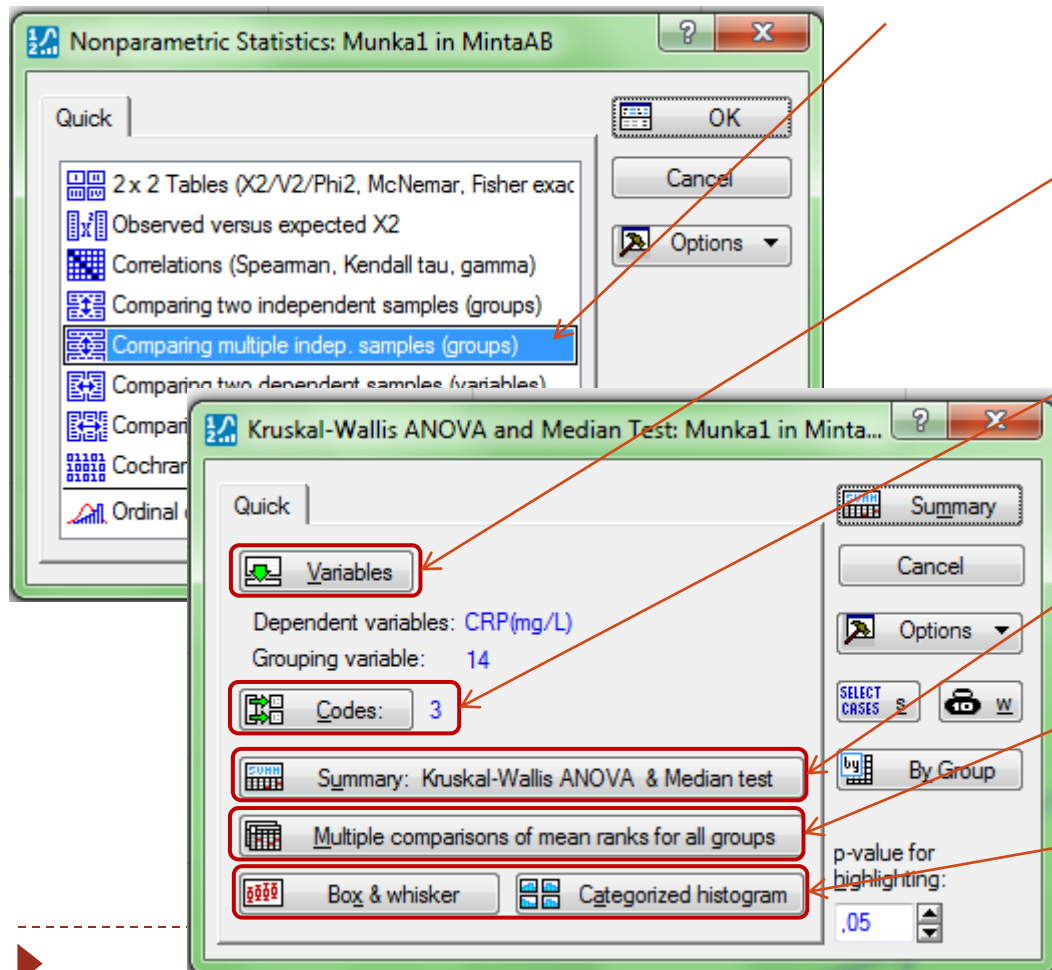
➤ Próbára vonatkozó

- ❖ az eloszlásfüggvények minden csoportban hasonlóak
 - ❖ ha nem, medián-teszt végezhető



Kruskal-Wallis-próba

- Statistics // Nonparametrics // Comparing multiple indep. samples (groups)



itt választhatjuk ki a vizsgálandó változókat

itt állíthatjuk be, hogy melyik csoportokat szeretnénk bevonni az összehasonlításba

itt kérhetjük a statisztikai próbákat

itt kérhetjük az utóteszteket

ábrázoljuk is az eredményeinket!

Kruskal-Wallis-próba

- Statistics // Nonparametrics // Comparing multiple indep. samples (groups)

Depend.: CRP (mg/L)	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
2	2	30	857,500	28,58333
3	3	36	1710,000	47,50000
4	4	35	2583,500	73,81429

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks CRP (mg/L) (Munka1 in MintaAB)
Independent (grouping) variable: Súlyosság mintavételkor
Kruskal-Wallis test: H (2, N= 101) =39,29458 p =,0000

a Kruskal-Wallis-teszt eredménye szignifikáns: legalább az egyik csoport nem azonos populációból való

Dependent: CRP (mg/L)	2	3	4	Total
<= Median: observed	25,00000	20,00000	6,00000	51,00000
expected	15,14851	18,17822	17,67333	
obs.-exp.	9,85149	1,82178	-11,67333	
> Median: observed	5,00000	16,00000	29,00000	50,00000
expected	14,85149	17,82178	17,3267	
obs.-exp.	-9,85149	-1,82178	11,67333	
Total: observed	30,00000	36,00000	35,00000	101,00000

Median Test Overall Median = 58,5000; CRP (mg/L) (Munka1 in MintaAB)
Independent (grouping) variable: Súlyosság mintavételkor
Chi-Square = 28,88499 df = 2 p = ,0000

medián-teszt:
ha sok a kiugró érték, vagy nagyon különböző az eloszlásfüggvény az egyes csoportokban, akkor ennek az eredménye megbízhatóbb



Kruskal-Wallis-próba

- Statistics // Nonparametrics // Comparing multiple indep. samples (groups)

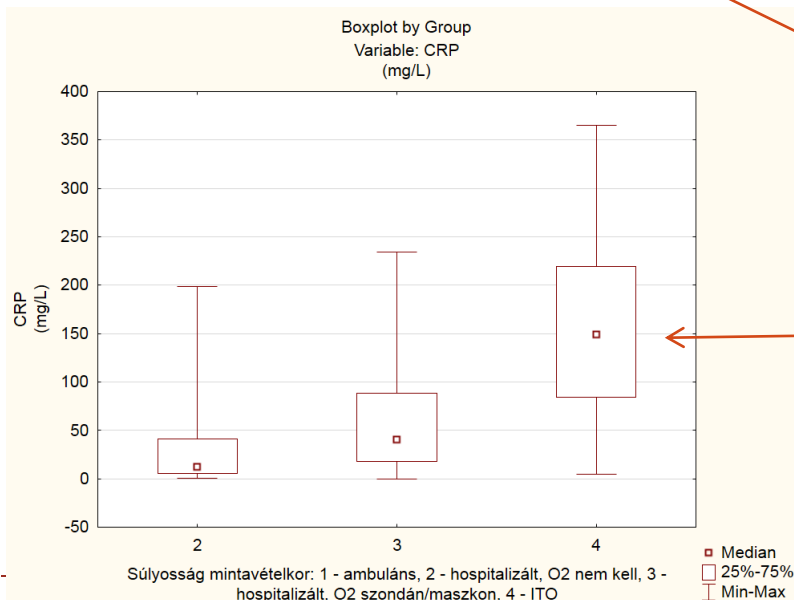
Multiple Comparisons p values (2-tailed); CRP (mg/L) (Munka1 in MintaAB)
Independent (grouping) variable: Súlyosság mintavételkor:

Depend.: CRP (mg/L)	2	3	4
	R:28,583	R:47,500	R:73,814
2		0,027032	0,000000
3	0,027032		0,000464
4	0,000000	0,000464	

a Kruskal-Wallis-teszt eredménye szignifikáns: legalább az egyik csoport nem azonos populációból való

a csoportok páronkénti összehasonlítása: minden csoport szignifikánsan különbözik az összes többitől

hogyan melyik csoportban magasabbak vagy alacsonyabbak az értékek, az a grafikonról olvasható le



Több kapcsolt csoport összehasonlítása

Teszt választása

	Folytonos függő változó	
	Normál eloszlású	Nem normál eloszlású
2 független csoport összehasonlítása	Kétmintás t-próba <i>Independent-sample t-test</i>	Mann-Whitney-próba <i>Mann-Whitney U test</i>
2 kapcsolt csoport összehasonlítása	Páros t-próba <i>Paired-sample t-test</i>	Wilcoxon-próba <i>Wilcoxon test</i>
3 vagy több független csoport összehasonlítása	Egyszempontos varianciaanalízis <i>One-way ANOVA</i>	Kruskal-Wallis-próba <i>Kruskal-Wallis test</i>
3 vagy több kapcsolt csoport összehasonlítása	Ismételt mérések varianciaanalízis <i>Repeated measures ANOVA</i>	Friedman-próba <i>Friedman test</i>



Ismétléses ANOVA

A számítás elvégzésének feltételei

➤ Általános (vizsgálattervezés)

- ❖ a függő változó folytonos
- ❖ minden alanyhoz több (legalább 3) mérési pont tartozik

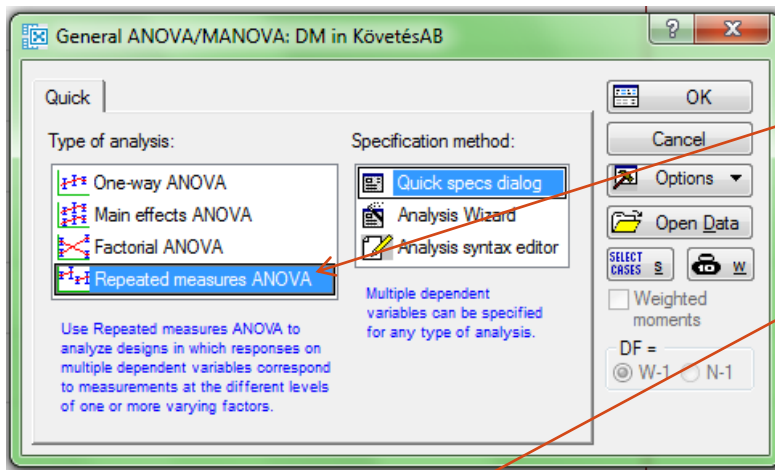
➤ Próbára vonatkozó

- ❖ a függő változó normál eloszlású (minden csoportban)
- ❖ nincsenek kiugró értékek (egyik csoportban sem)
- ❖ a mérések közti különbségek varianciája egyenlő
 - ❖ Mauchly-féle sfericitási teszt

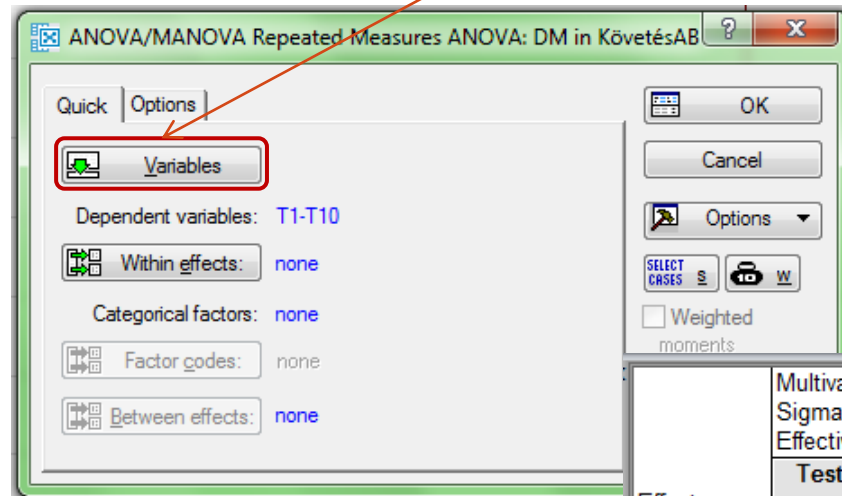


Ismétléses ANOVA

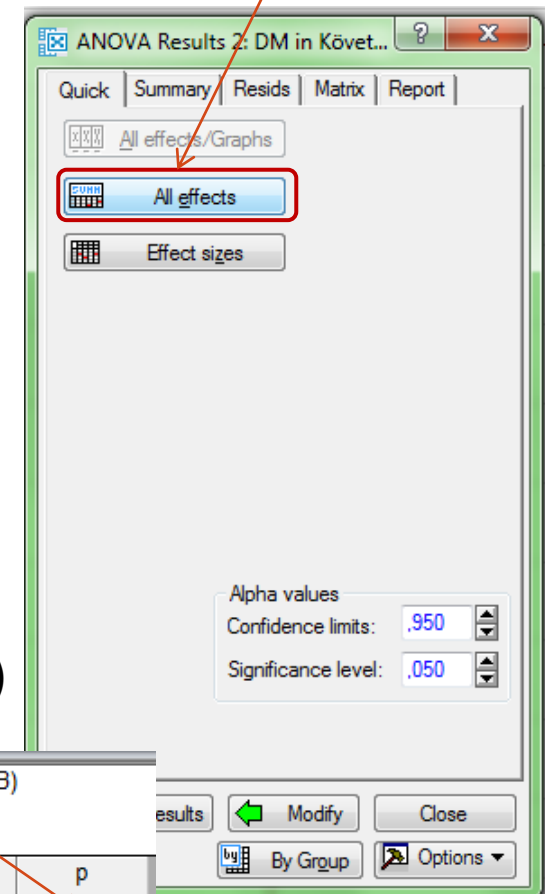
- Statistics // ANOVA // Repeated measures ANOVA az ANOVA eredménye itt tekinthető meg



itt választhatjuk ki a vizsgálandó változókat



a teszt eredménye szignifikáns (de amúgy nem helyes paraméteres tesztet alkalmaznunk)



Multivariate Tests of Significance (DM in KövetésAB)						
Sigma-restricted parameterization						
Effective hypothesis decomposition						
Effect	Test	Value	F	Effect df	Error df	p
Intercept	Wilks	0,170322	13,80186	6	17	0,000010

Friedman-próba

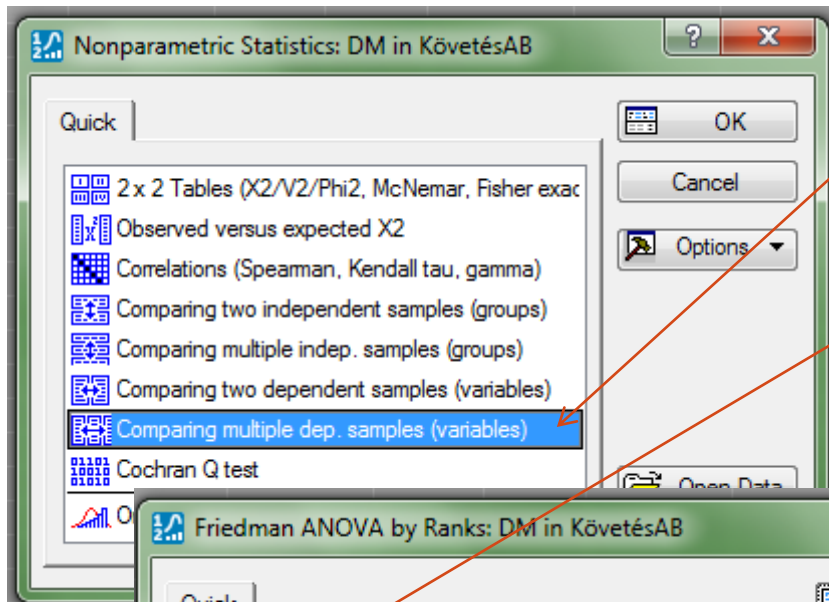
A számítás elvégzésének feltételei

- Általános (vizsgálattervezés)
- ❖ a függő változó folytonos
- ❖ minden alanyhoz több (legalább 3) mérési pont tartozik



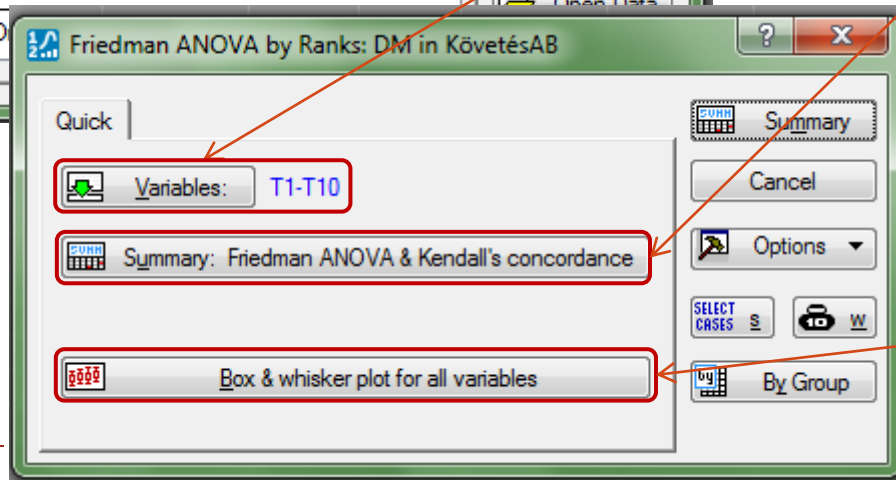
Friedman-próba

- Statistics // Nonparametrics // Comparing multiple dep. samples (variables)



itt választhatjuk ki a vizsgálandó változókat (mérési eredményeket)

itt kérhetjük a statisztikai próbákat



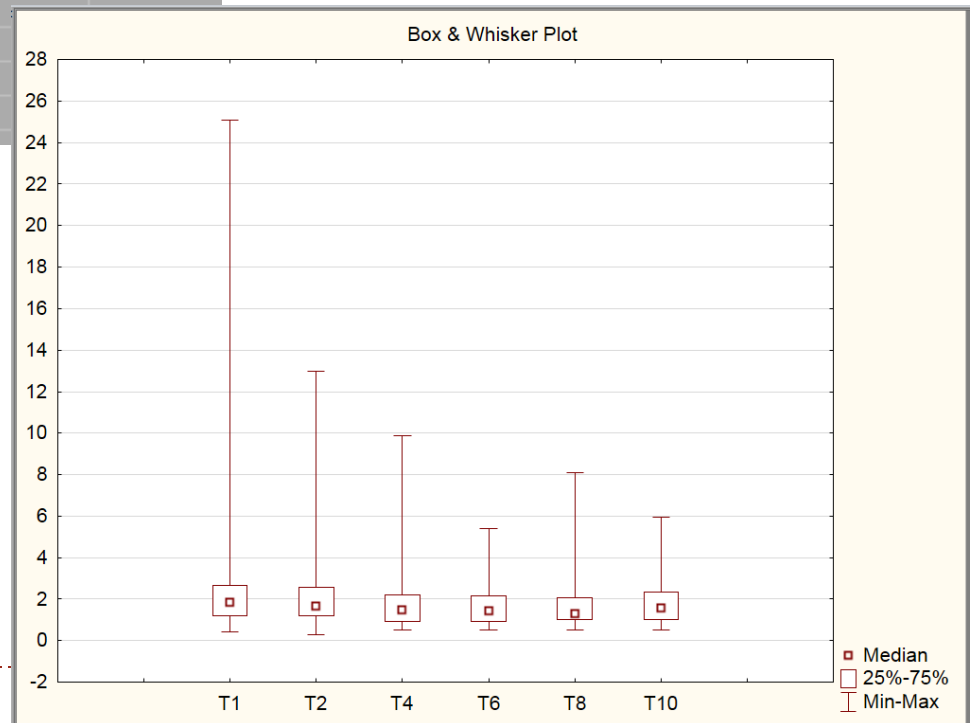
ábrázoljuk is az eredményeinket!

Friedman-próba

- Statistics // Nonparametrics // Comparing multiple dep. samples (variables)

Friedman ANOVA and Kendall Coeff. of Concordance (DM in KövetésAB)				
ANOVA Chi Sqr. (N = 23, df = 5) = 7,810945 p = ,16697				
Coeff. of Concordance = ,06792 Aver. rank r = ,02555				
Variable	Average Rank	Sum of Ranks	Mean	Std.Dev.
T1	4,304348	99,00000	2,161304	1,053636
T2	3,608696	83,00000	1,979130	1,672923
T4	3,434783	79,00000	1,935217	1,859782
T6	2,782609	64,00000	1,584348	1,100710
T8	3,413043	78,50000	1,953478	1,725764
T10	3,456522	79,50000	1,980435	1,398120

a teszt eredménye
nem szignifikáns



Általános vizsgálati szempontok

Tanácsok, javaslatok:

- ❖ Először **fogalmazzuk meg a kérdést**, ehhez keressük meg a megfelelő próbát!
- ❖ Ne végezzünk tesztet ott, ahol nincs kérdés, csak adatot közlünk!
- ❖ Ne csak a p-értéket nézzük, hanem a **leíró statisztikát** is!
- ❖ Minél több eredményt **ábrázoljunk** ellenőrzésképpen grafikusan is!
- ❖ Próbáljunk **utánagondolni** az eredményeknek (pl. Mann-Whitney tesztnél U), különösen a párosított teszteknel (változás mértéke, iránya)!
- ❖ Orvosi gyakorlatban leggyakrabban **nem-paraméteres tesztek**et használjunk! (Alacsony elemszám miatt szinte sosem teljesülnek maradéktalanul a paraméteres tesztek feltételei, kisebb hibát követünk el, ha esetleg indokolatlanul végzünk nem-paraméteres tesztet, mint fordítva.)
- ❖ A programmal két csoportot könnyen több száz változó szerint is összehasonlíthatunk (szignifikancia-vadászat). Ilyenkor ne felejtsük el lejjebb vinni a **szignifikancia-küszöböt** (Bonferroni-korrektció). Definícióból adódik, hogy 100 db 0,05 p-értékű tesztnél valószínűleg 5 szignifikáns eltérést mutat még akkor is, ha a két minta nem különbözik!



Tesztek áttekintése

	Folytonos változók (pl. életkor, se Na)	
	Normál eloszlású	Nem normál eloszlású
2 független csoport összehasonlítása	Kétmintás t-próba	Mann-Whitney-teszt
	<i>Basic Statistics//t-test, independent, by groups</i>	<i>Nonparametrics//Comparing two independent samples (groups)</i>
	Szigifikánsan különbözik-e a súlyos és nem súlyos betegek vércukor-értéke?	
2 kapcsolt csoport (mérés) összehasonlítása (pl. kezelés előtt és kezelés után)	Párosított t-próba	Wilcoxon-teszt
	<i>Basic Statistics//t-test, dependent samples</i>	<i>Nonparametrics//Comparing two dependent samples (variables)</i>
	Meváltozik-e a betegek fehérvérsejt száma a kezelés hatására? Változik-e a betegek koleszterinszintje 10 év követés alatt?	
3 vagy több független csoport összehasonlítása	Egyszempontos ANOVA	Kruskal-Wallis-teszt
	<i>ANOVA//One-way ANOVA//All effects</i>	<i>Nonparametrics//Comparing multiple independent samples (groups)</i>
	Van-e különbség a különböző Duke-stádiumú betegek hemoglobin-szintjében?	
3 vagy több kapcsolt csoport (mérés) összehasonlítása	Ismételt mérések ANOVA	Friedman-teszt
	<i>ANOVA//Repeated measures ANOVA</i>	<i>Nonparametrics//Comparing multiple dependent samples (groups)</i>
	Az ismételt mérések során változik-e a betegek BMI-je?	