MUNI
MED

BIOSTATISTIKA

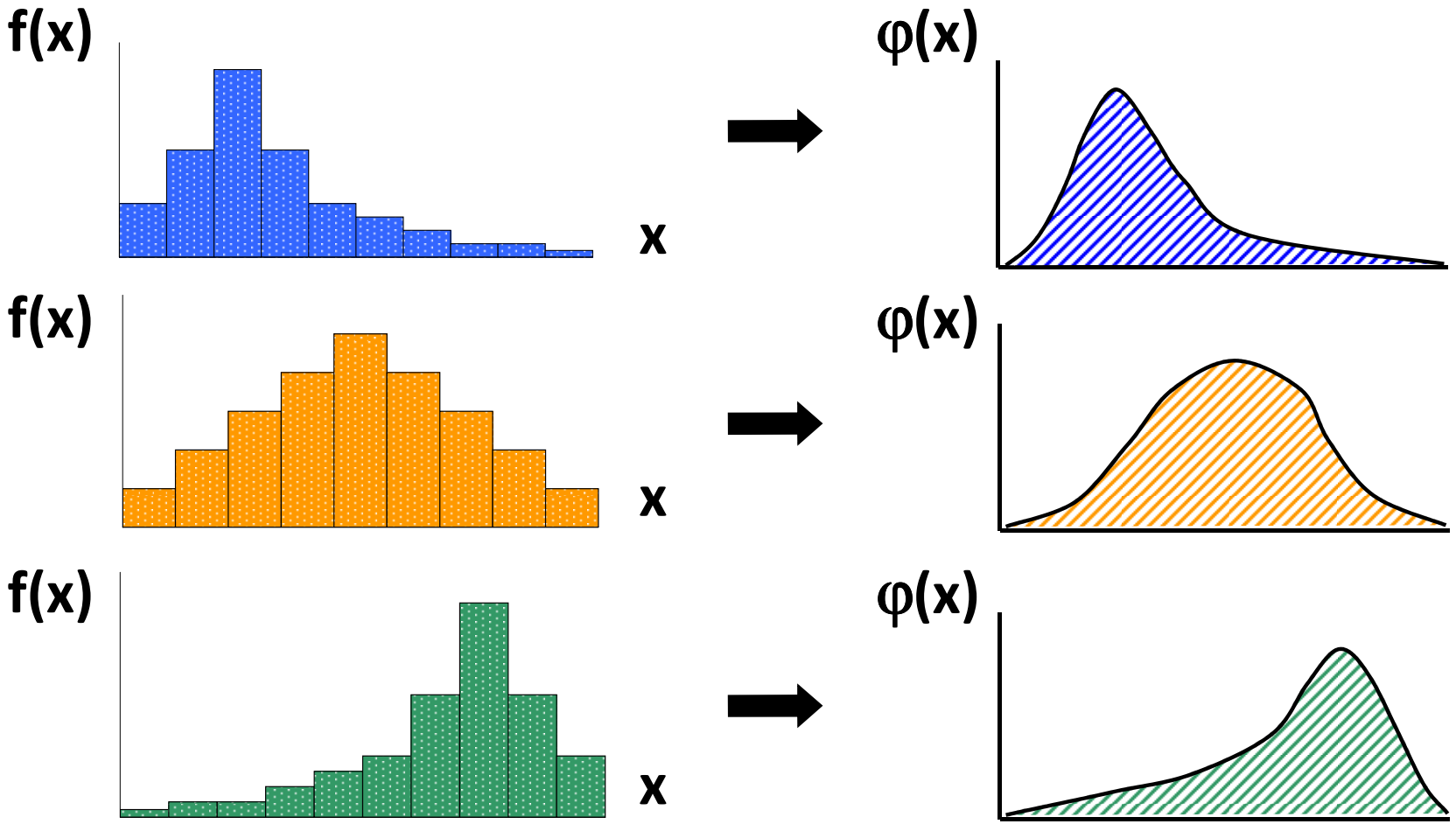
MUNI
MED

Modelová rozdělení (rozložení)

Parametry rozdělení
Přehled modelových rozdělení
Logaritmicko-normální rozdělení

Výběrové rozdělení hodnot

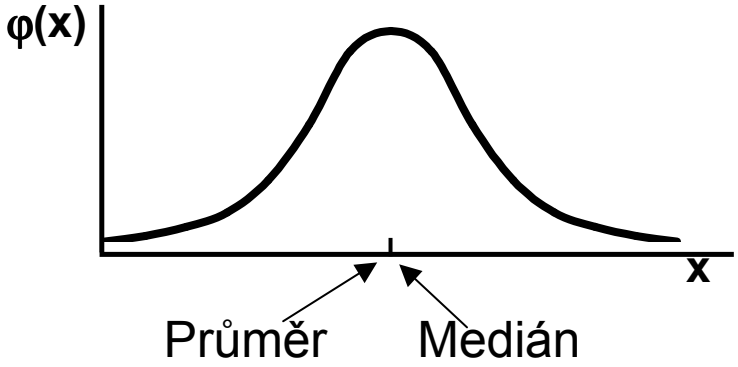
- Lze popsat a definovat pravděpodobnost výskytu X



MUNI MED

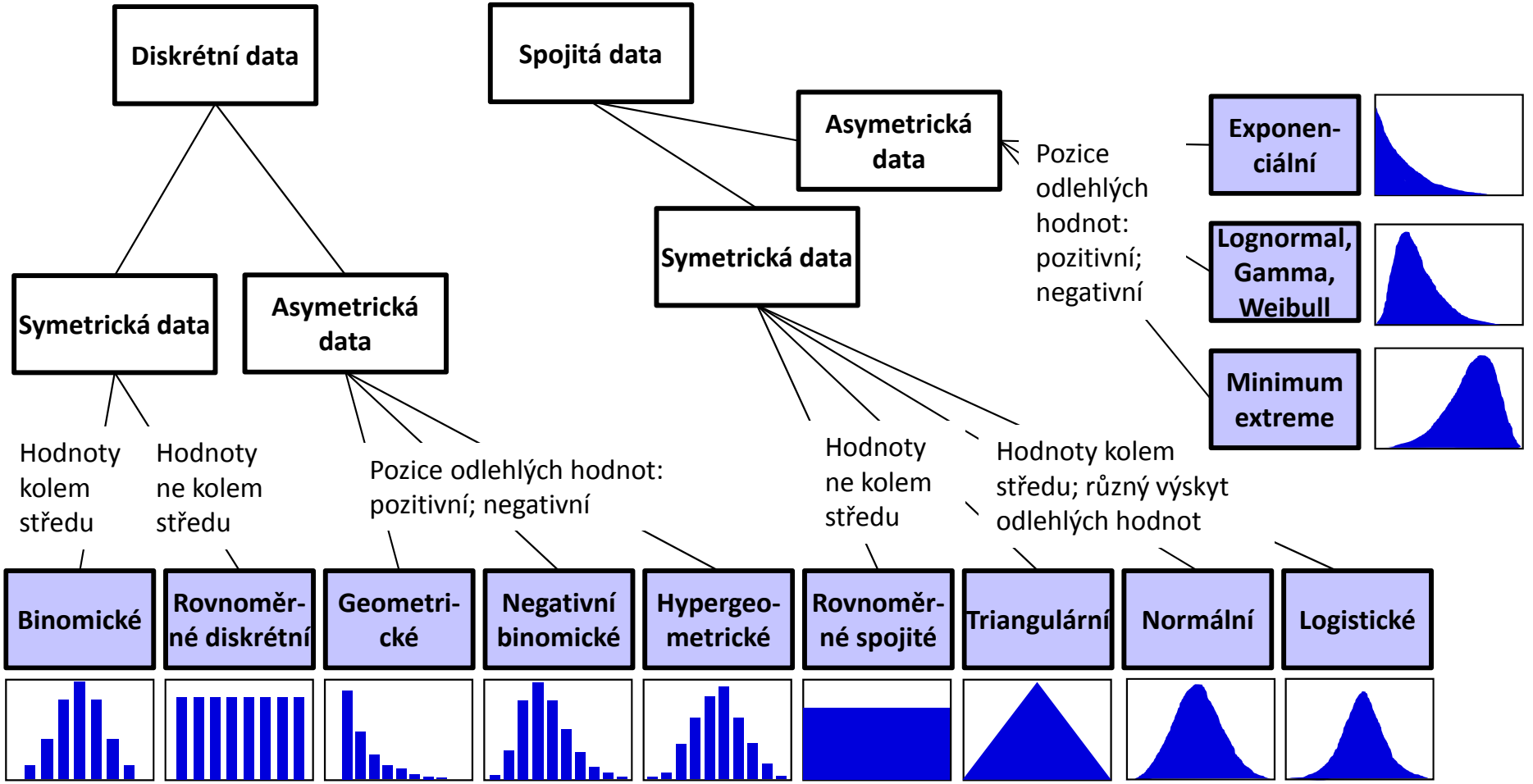
Parametry rozdělení

- Proměnné můžeme charakterizovat parametry rozdělení
- Hlavní skupiny těchto parametrů můžeme charakterizovat jako ukazatele:
  - **Středu** (medián, průměr, geometrický průměr)
  - **Šířky rozdělení** (rozsah hodnot, rozptyl, sm. odchylka)
  - **Tvaru rozdělení** (skewness, kurtosis)
  - **Kvantily rozdělení**



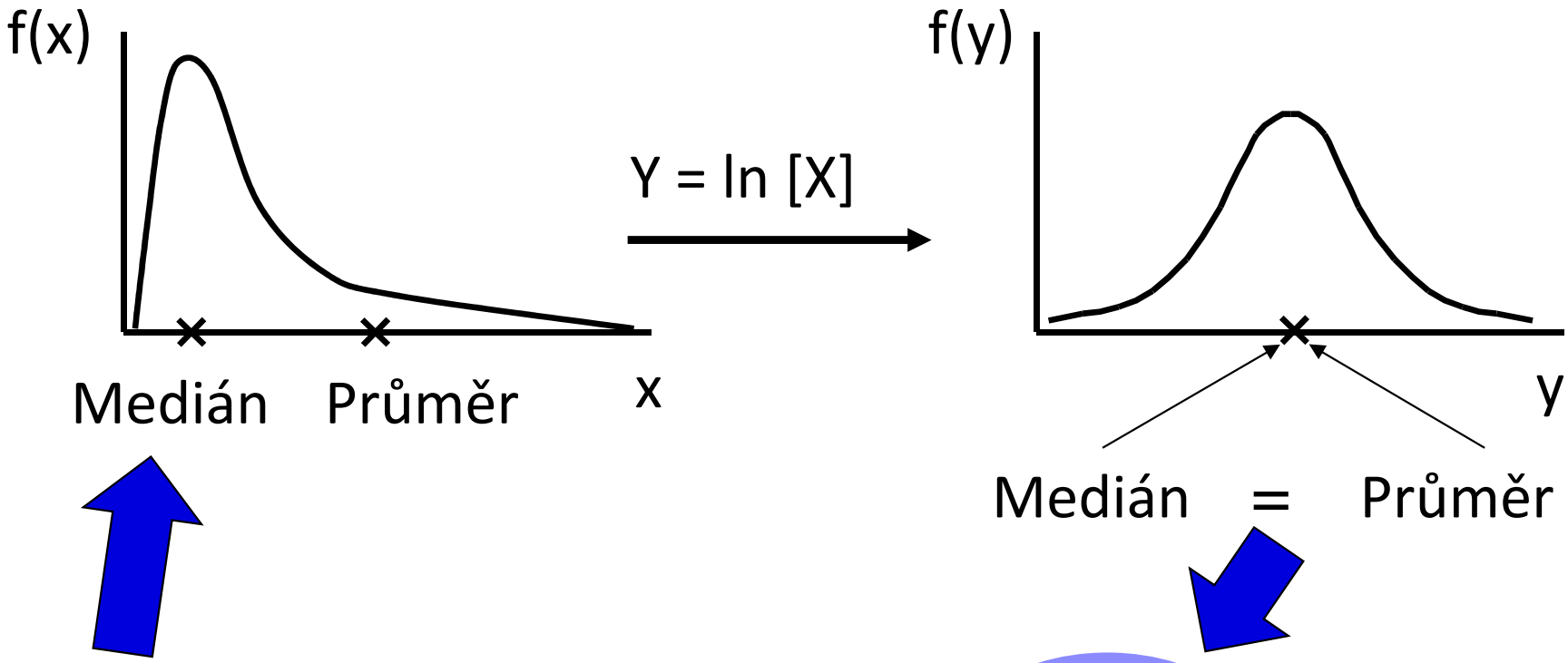
MUNI MED

Přehled modelových rozdělení



MUNI MED

Log-normální a normální rozdělení



MUNI MED

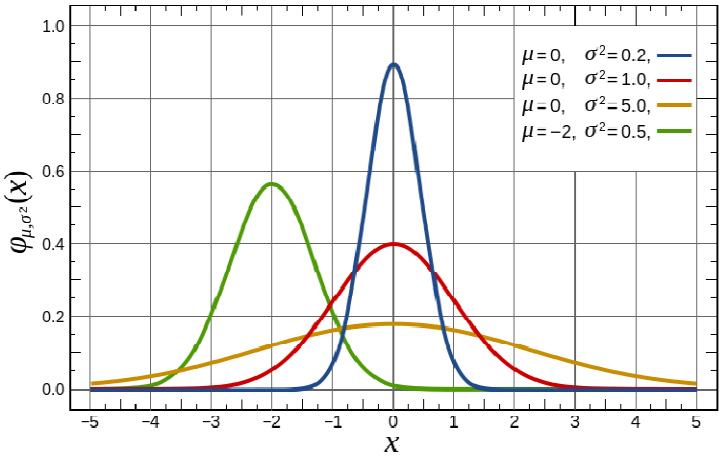
MUNI
MED

Normální rozdělení

Normální rozdělení
Pravidlo 3 sigma
Parametry normálního rozdělení
Vizuální ověření normality dat

Normální rozdělení

- Nejklasičtějším modelovým rozdělením, od něhož je odvozena celá řada statistických analýz je tzv. **normální rozdělení**, známé též jako **Gaussova křivka**.
- Popisuje rozdělení pravděpodobnosti spojité náhodné veličiny, např. výška v populaci, chyba měření ...
- Je kompletně popsáno dvěma parametry:
  μ – střední hodnota
  σ^2 – rozptyl
  Označení: **N(μ, σ^2)**

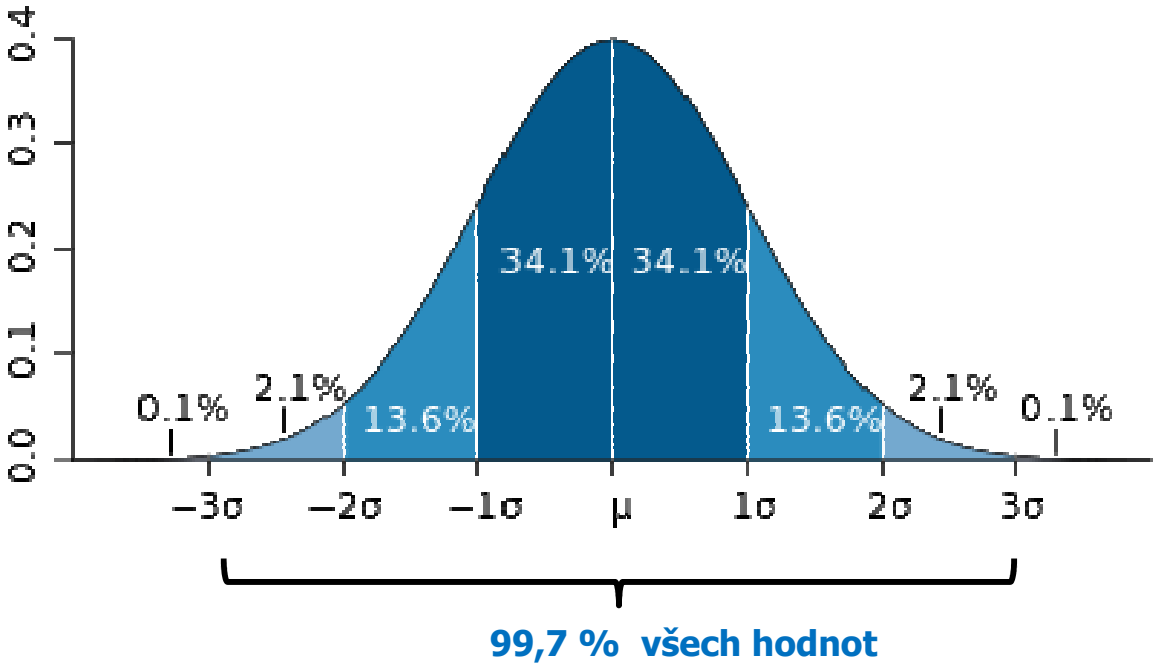


NORMALITA je klíčovým předpokladem řady statistických metod

MUNI MED

Pravidlo 3 sigma

- V rozmezí μ ± 3σ by se mělo vyskytovat 99,7 % všech hodnot

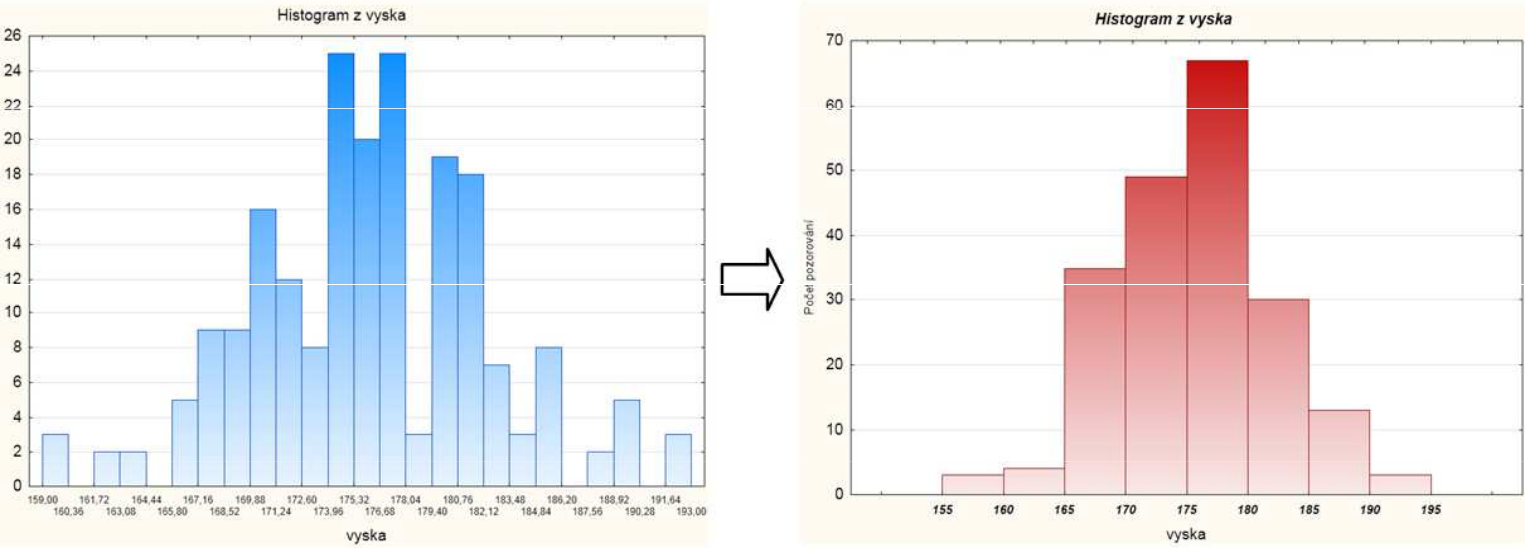


- Použití: zhodnotíme tvar rozdělení (pouze orientačně) a přítomnost odlehlých hodnot

MUNI MED

Vizuální ověření normality

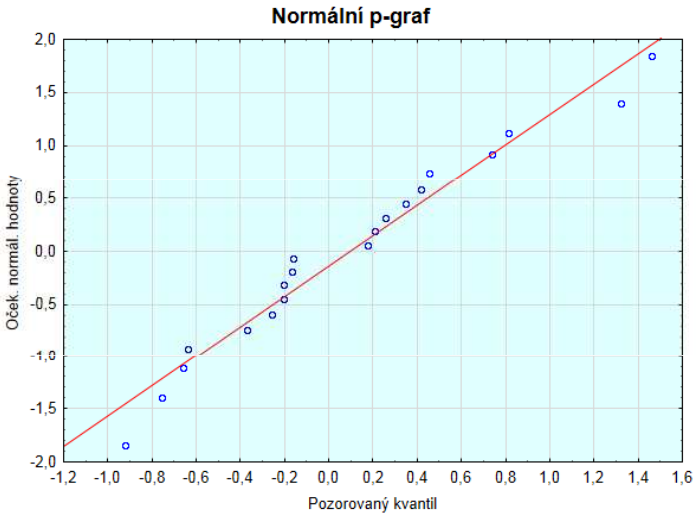
- Pro hodnocení tvaru rozložení lze využít **histogram** (nevýhoda: nutné určit „vhodný“ počet sloupců)



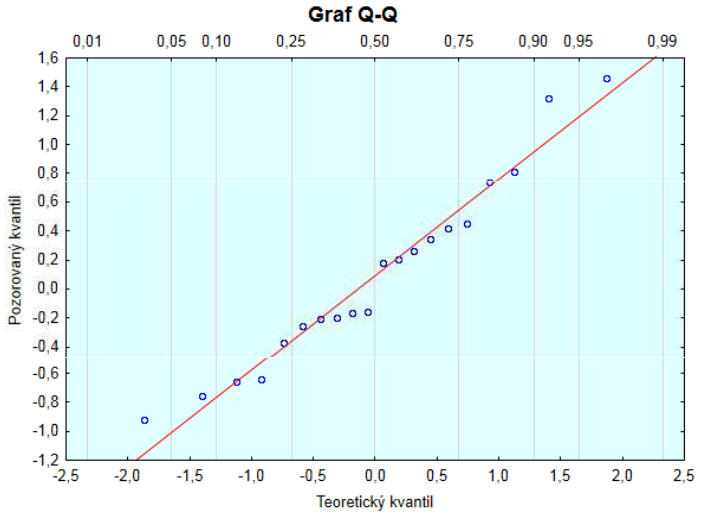
- Vhodnější jsou:
  - **Q-Q graf** (kvantil-kvantilový graf)
  - **P-P graf** (pravděpodobnostně-pravděpodobnostný graf)
  - **N-P graf** (normálně-pravděpodobnostný graf)

MUNI MED

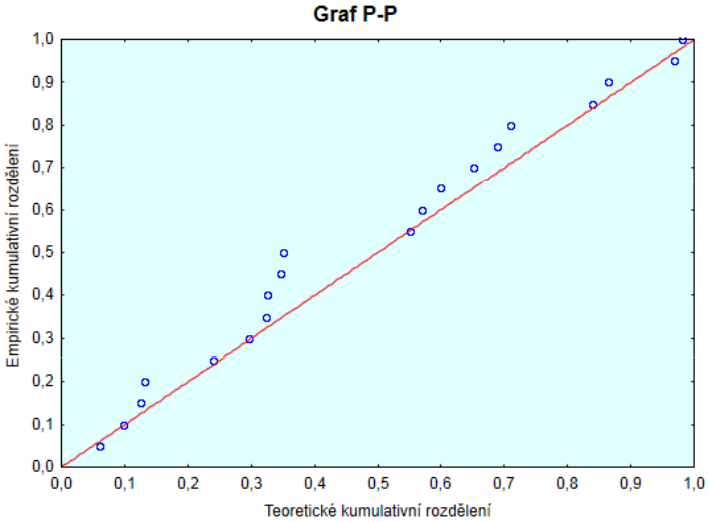
Rozdíl mezi N-P, Q-Q, P-P grafem



???



- Pouze výměna os
- Znázorněn pozorovaný a teoretický kvantil

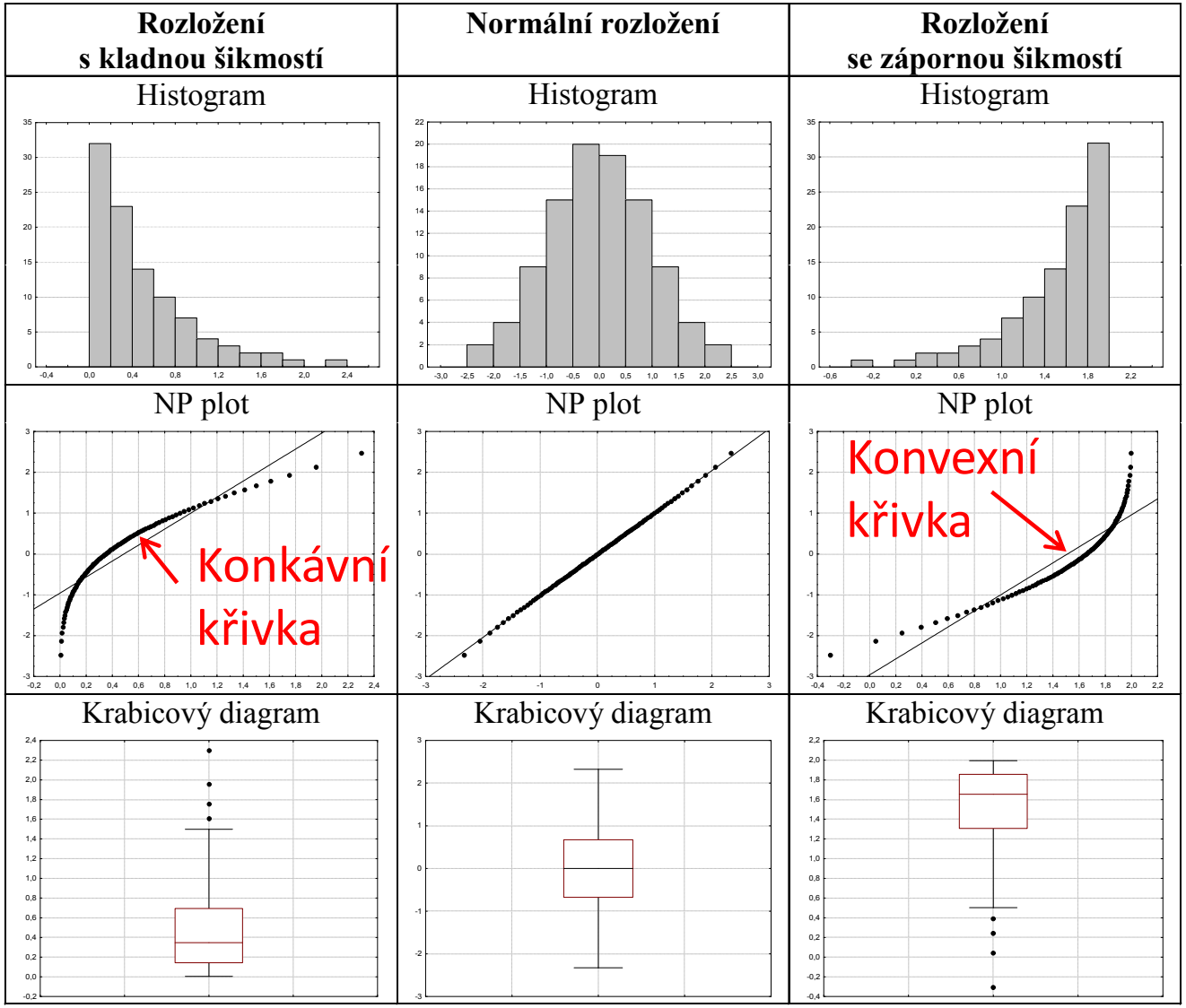


- Vykresleno kumulativní rozdělení

PAMATUJ:
Pocházejí-li data z normálního rozložení, pak body budou ležet okolo přímky

MUNI MED

Asymetrie v diagnostických grafech



Výukové materiály:
Výpočetní statistika
Dr. Marie Budíková
2011

MUNI MED

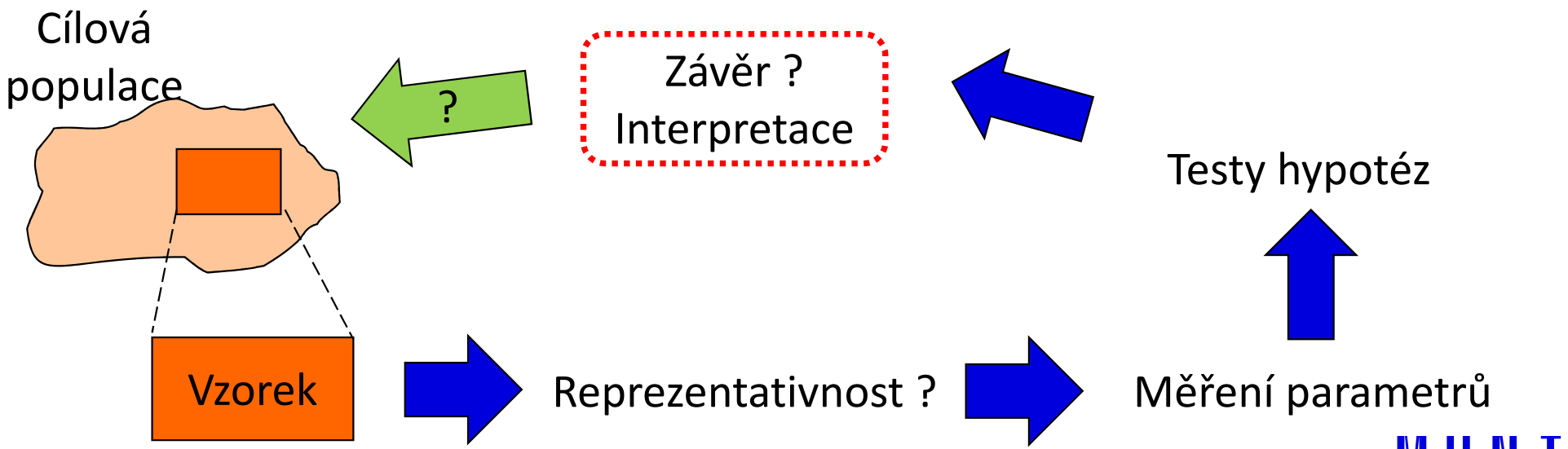
MUNI
MED

Základy testování hypotéz

Princip statistického testování hypotéz
Pojmy statistických testů
Normalita dat a její význam pro testování
Ověření normality dat pomocí testu

Princip testování hypotéz

- Formulace hypotézy
- Výběr cílové populace a z ní reprezentativního vzorku
- Měření sledovaných parametrů
- Použití odpovídajícího testu → závěr testu
- Interpretace výsledků



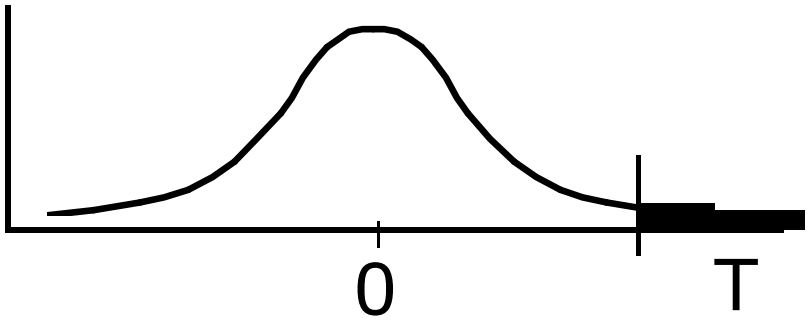
MUNI MED

Statistické testování – základní pojmy

- Nulová hypotéza H0 — H_0: sledovaný efekt je nulový
- Alternativní hypotéza HA — H_A: sledovaný efekt je různý mezi skupinami
- Testová statistika

$$\text{Testová statistika} = \frac{\text{Pozorovaná hodnota} - \text{Očekávaná hodnota}}{\text{Variabilita dat}} * \sqrt{\text{Velikost vzorku}}$$

- Kritický obor testové statistiky

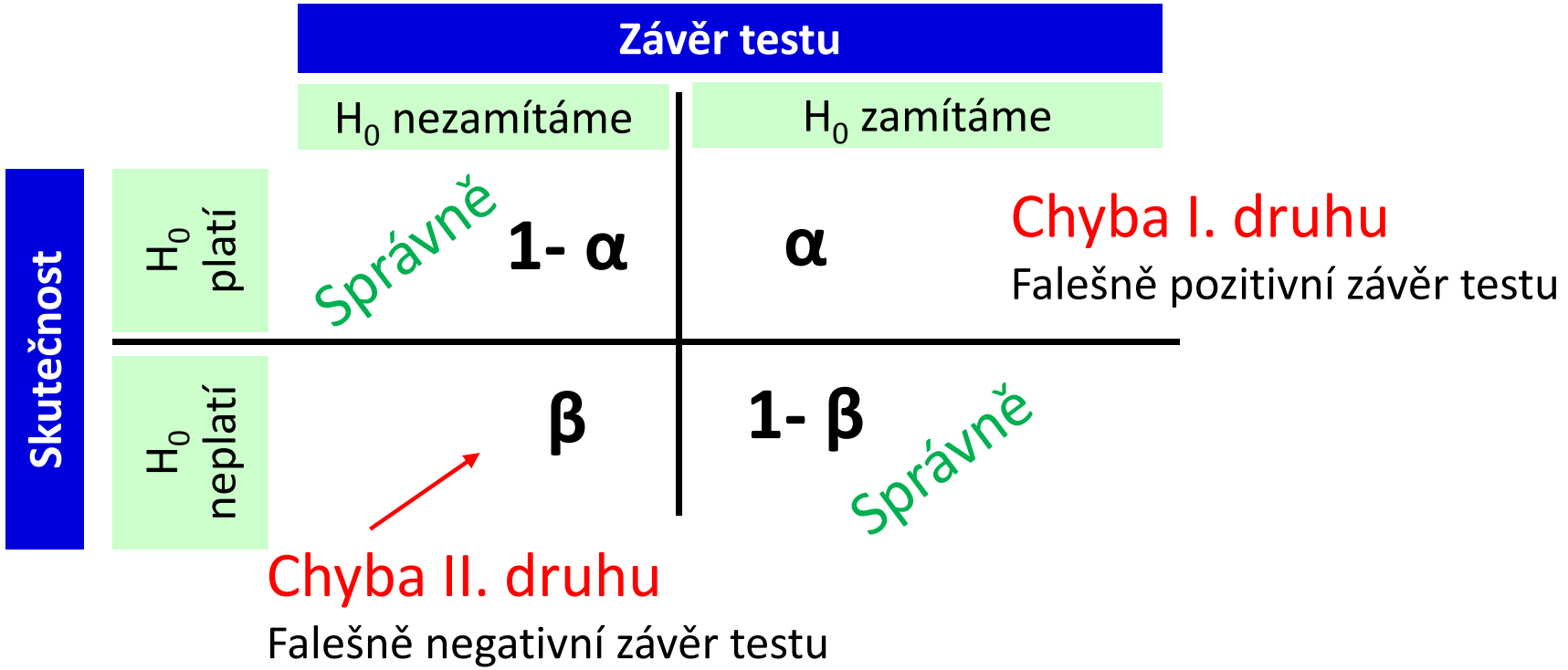


Statistické testování odpovídá na otázku, zda je pozorovaný rozdíl náhodný či nikoliv. K odpovědi na otázku je využit statistický model – testová statistika.

MUNI MED

Možné chyby při testování hypotéz

– I přes dostatečnou velikost vzorku a kvalitní design experimentu se můžeme při rozhodnutí o (ne)zamítnutí nulové hypotézy dopustit chyby.



MUNI MED

Význam chyb při testování hypotéz

- **Pravděpodobnost chyby 1. druhu**

  α → Pravděpodobnost nesprávného zamítnutí nulové hypotézy, **hladina významnosti**

- **Pravděpodobnost chyby 2. druhu**

  β → Pravděpodobnost nerozpoznání neplatné nulové hypotézy

- **Síla testu**

  1-β → Pravděpodobnostně vyjádřená schopnost rozpoznat neplatnost nulové hypotézy

MUNI MED

Způsoby testování

- Testování H_0 proti H_A na hladině významnosti **α** můžeme provést třemi různými způsoby:
  1. **Kritický obor** neboli obor zamítnutí H_0,
  2. **Interval spolehlivosti**,
  3. **P-hodnota** (vyjadřuje pravděpodobnost za platnosti H_0, s níž bychom získali stejnou nebo extrémnější hodnotu testové statistiky).

Způsoby testování: P-hodnota

- Významnost hypotézy hodnotíme dle získané **p-hodnoty**, která vyjadřuje pravděpodobnost, s jakou číselné realizace výběru podporují H_0, je-li pravdivá.
- P-hodnotu porovnáme s hladinou významnosti **α** (stanovujeme ji na 0,05, tzn. připouštíme 5% chybu testu, tedy, že zamítneme H_0, ačkoliv ve skutečnosti platí).
- P-hodnotu získáme při testování hypotéz ve statistickém softwaru.

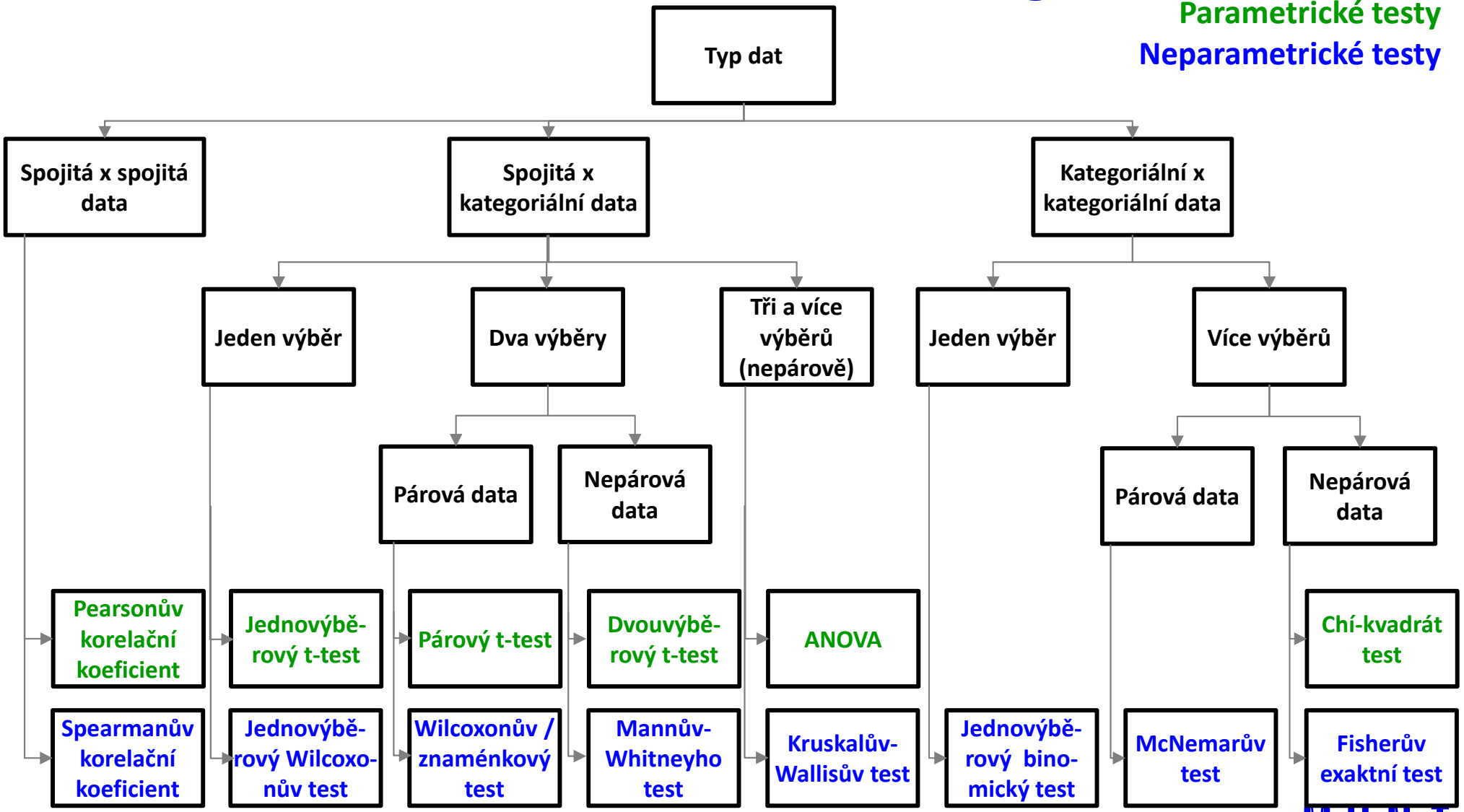
Je-li **p ≤ α**, pak H_0 zamítáme na hladině významnosti α a přijímáme H_A.
Je-li **p > α**, pak H_0 nezamítáme na hladině významnosti α.

Poznámky k testování hypotéz

- **Nezamítnutí nulové hypotézy neznamená automaticky její přijetí!** Může se jednat o situaci, kdy pro zamítnutí nulové hypotézy nemáme dostatečné množství informace.
- **Dosažená hladina významnosti testu** (ať už 5 %, 1 % nebo 10 %) **nesmí být slepě brána jako hranice pro (ne)existenci testovaného efektu.**
- **Malá p-hodnota nemusí znamenat velký efekt.** Hodnota testové statistiky a p-hodnota mohou být ovlivněny velkou velikostí vzorku a malou variabilitou pozorovaných dat.
- **Na výsledky testování musí být nahlíženo kriticky** – jedná se o závěr založeny „pouze“ na jednom výběrovém souboru.
- **Statistická významnost** indikuje, že pozorovaný rozdíl není náhodný, ale nemusí znamenat, že je významný i ve skutečnosti. Důležitá je i **praktická (klinická) významnost.**

Základní statistické testy

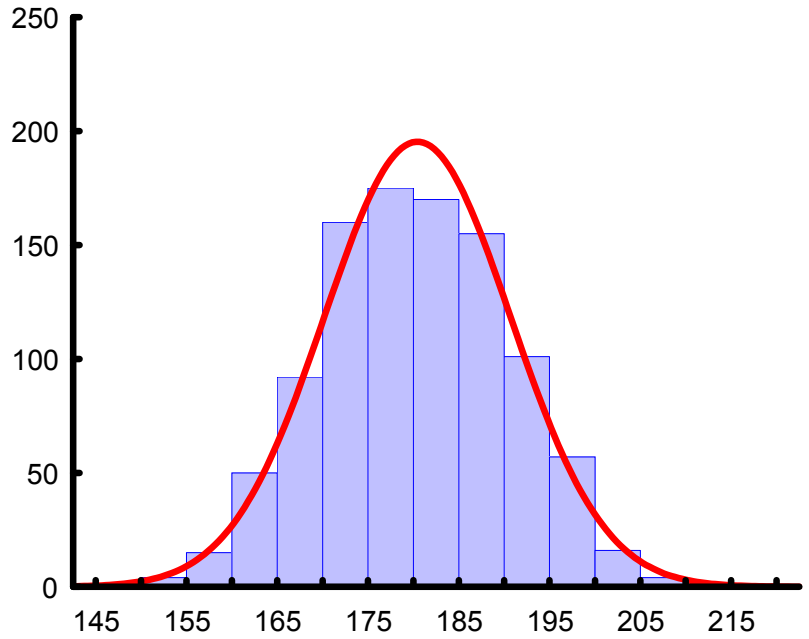
Parametrické testy
Neparametrické testy



MUNI MED

Testy normality

– Testy normality testují nulovou hypotézu, že není rozdíl mezi zpracovávaným rozložením a normálním rozložením. Vždy je ovšem dobré prohlédnout si i histogram, protože některé odchylky od normality, např. bimodalitu některé testy neodhalí.



Chí-kvadrát test dobré shody
Vhodný pro větší datové soubory. Srovnává pozorované četnosti s očekávanými hodnotami v třídách podobně jako při tvorbě histogramu.

Kolmogorovův - Smirnovův test
Často používaný test, zaměřuje se zejména na distribuční funkci. Častěji se používá v jeho modifikaci – Lilieforsův test.

Shapirův-Wilkův test
Jde o neparametrický test použitelný i při velmi malých n (10) s dobrou sílou testu. Je zaměřen na testování symetrie.

MUNI MED

MUNI
MED

Praktické cvičení v programu Statistica

Datový soubor

Rehabilitace po mozkovém infarktu

Data: 02_Biostatistika_Data02.sta* (24v by 407c)

Rehabilitace po mozkovem infarktu: data

	1 ID	2 Pohlavi	3 Vek	4 Etiologie	5 Lokalizace	6 Terapie	7 Komorbid	8 Barthel_inc	9 Kategorie_zavislosti_p	10 Ukoncen
1	1	muž	82	okluze neb	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 neb	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	35	vysoce závislý	propuště
4	4	žena	46	embolie	mozkové tepny	intravenózní tro	0	20	vysoce závislý	propuště
5	5	muž	76	okluze neb	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	45	částečně soběstačný	propuště
6	6	muž	72	okluze neb	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 neb	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 neb	mozkové tepny	jiná farmakolog	0	40	vysoce závislý	propuště
12	12	žena	92	okluze neb	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

MUNI MED

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 č. 1 – Normálně rozdělená data

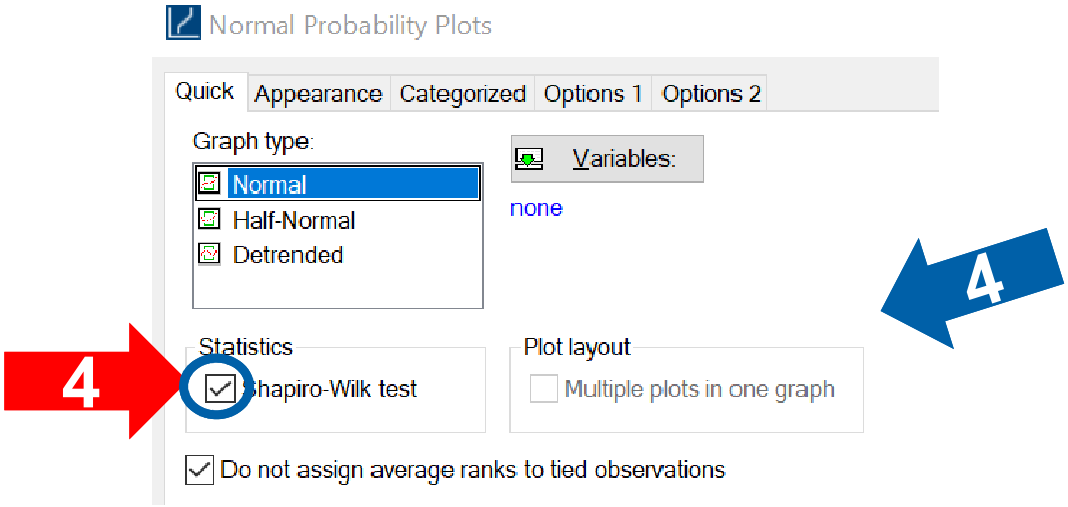
Zadání: „Ověřte normalitu věku při mozkovém infarktu.“

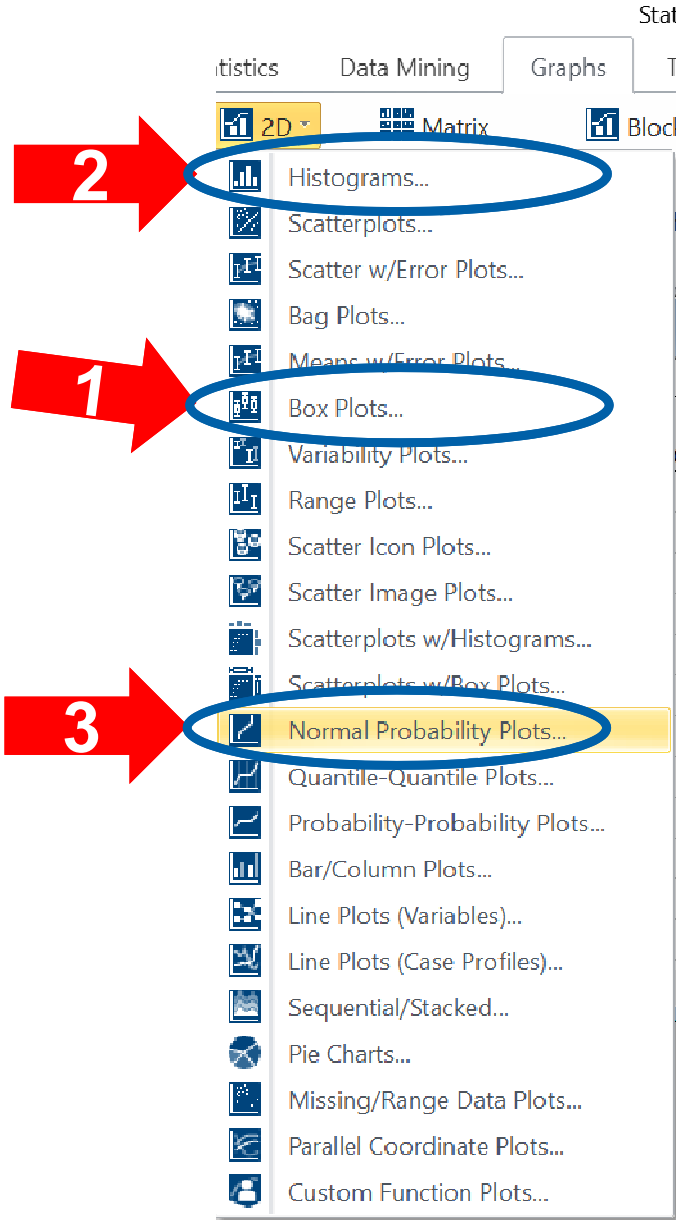
Postup:

1. Srovnání průměru a mediánu (*Statistics – Basic Statistics – Descriptive Statistics – Advanced*)
2. Krabicový graf (*Graphs – 2D – Box Plots*)
3. Histogram (*Graphs – Histogram*)
4. Diagnostický N-P graf (*Graphs – 2D – Normal Probability Plots*)
5. Shapirův-Wilkův test nebo Lilieforsovy modifikace Kolmogorovova-Smirnovova testu (*lze provést např. těmito dvěma způsoby: 1) v nastavení histogramu: záložka Advanced → Statistics: vybereme test, 2) v nastavení N-P grafu: záložka: Quick → Statistics: zaškrtneme test*)

Úkol č. 1 – Řešení v programu Statistica

- V menu ***Graphs*** zvolíme ***2D*** a vybereme ***Box Plots***.
- V menu **Graphs** zvolíme **Histogram**
- V menu **Graphs** zvolíme **2D** a vybereme **Normal Probability Plots**, na záložce Quick zaškrtneme test





MUNI MED

Úkol č. 1 – Výsledky v Statistica

① Průměr a medián jsou téměř shodné (cca 71 let) a data jsou tedy nejspíš alespoň symetrická.

Srovnání průměru a mediánu

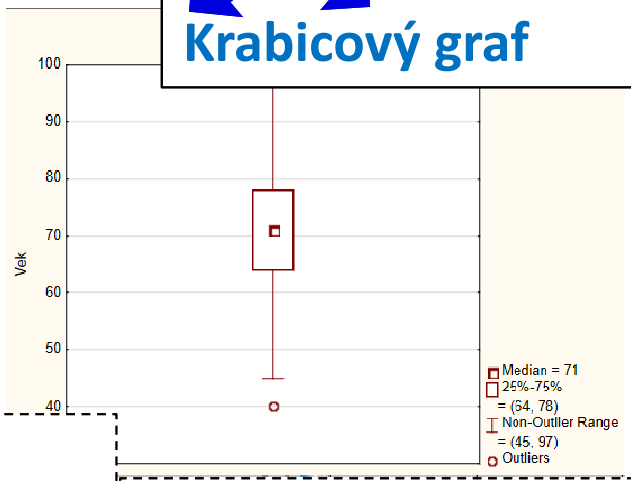
Descriptive Statistics (02_Biostatistik

Variable	Valid N	Mean	Median
Vek	407	70,58968	71,00000

Histogram

Věk

Krabicový graf



Diagnostický N-P graf

② Symetrie je patrná i z krabicového grafu. Navíc histogram naprosto jasně odpovídá průběhu normálního rozdělení. Z N-P grafu také nejsou patrné odchylky od normality.

③ Na základě p-hodnoty 0,580 nezamítáme nulovou hypotézu o normalitě (tj. nezamítáme, že není rozdíl mezi pozorovanými daty a teoretickým normálním rozdělením, … tj. data jsou normálně rozdělená).

Úkol č. 2 – Odlehlá/chybná hodnota

Zadání: „Ověřte normalitu věku při mozkovém infarktu obsahující jeden překlep 40 → 400.“

Postup (*přepište hodnotu 40 na 400 a ke stanovení závěru opět použijte vybrané nástroje vhodné pro ověření normality*):

1. Srovnání průměru a mediánu (*Statistics – Basic Statistics – Descriptive Statistics – Advanced*)
2. Krabicový graf (*Graphs – 2D – Box Plots*)
3. Histogram (*Graphs – Histogram*)
4. Diagnostický N-P graf (*Graphs – 2D – Normal Probability Plots*)
5. Shapirův-Wilkův test nebo Lilieforsovy modifikace Kolmogorovova-Smirnovova testu (*lze provést např. těmito dvěma způsoby: 1) v nastavení histogramu: záložka Advanced → Statistics: vybereme test, 2) v nastavení N-P grafu: záložka: Quick → Statistics: zaškrtneme test*)

Úkol č. 2 – Výsledky v Statistica

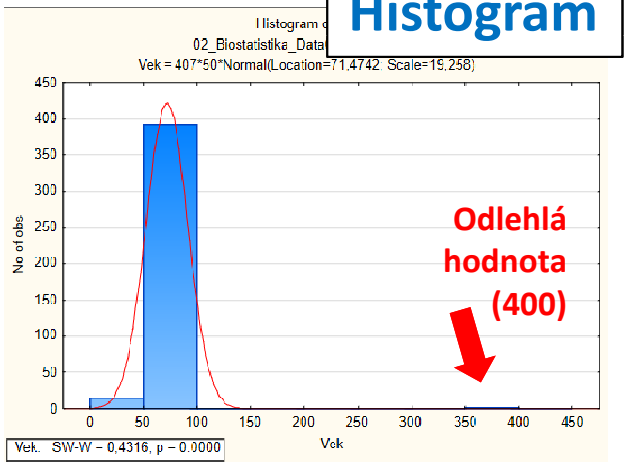
① Průměr a medián jsou stále podobné (cca 71 let) a data by tedy mohla být alespoň symetrická.

Srovnání průměru a mediánu

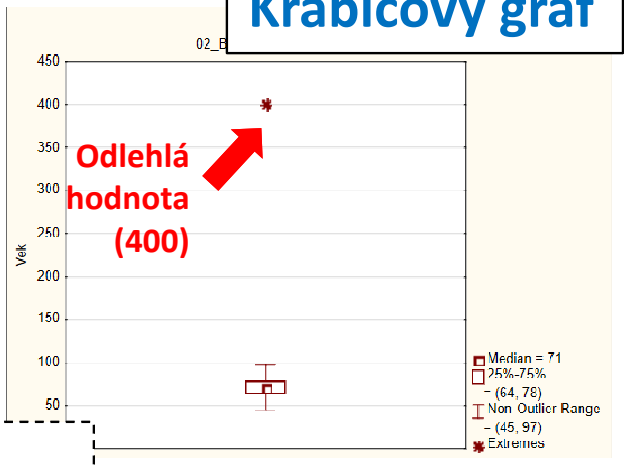
Variable	Descriptive Statistics (02_Biostatistik		
	Valid N	Mean	Median
Vek	407	71,47420	71,00000

Věk

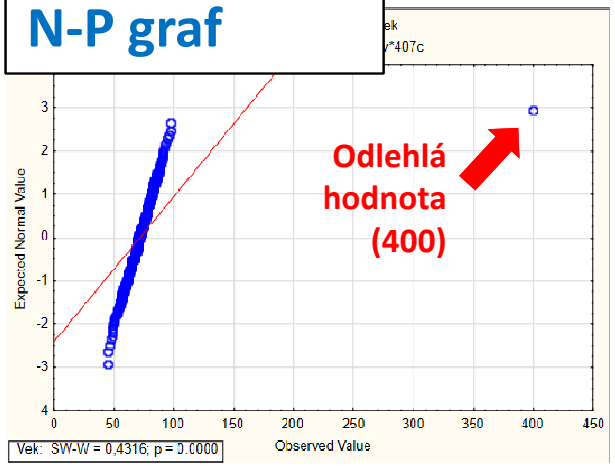
Histogram



Krabicový graf



Diagnostický N-P graf



② Ze všech tří grafických nástrojů lze identifikovat výskyt odlehlé/chybné hodnoty, jejíž přítomnost zkresluje pohled na zbytek souboru.

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. 3 – Asymetrická data

Zadání: „ Ověřte normalitu indexu Barthelové (vyjadřuje stupeň soběstačnosti v základních denních aktivitách) na konci akutní hospitalizační péče o pacienty s mozkovým infarktem.“

Postup:

1. Srovnání průměru a mediánu (*Statistics – Basic Statistics – Descriptive Statistics – Advanced*)
2. Krabicový graf (*Graphs – 2D – Box Plots*)
3. Histogram (*Graphs – Histogram*)
4. Diagnostický N-P graf (*Graphs – 2D – Normal Probability Plots*)
5. Shapirův-Wilkův test nebo Lilieforsovy modifikace Kolmogorovova-Smirnovova testu (*lze provést např. těmito dvěma způsoby: 1) v nastavení histogramu: záložka Advanced → Statistics: vybereme test, 2) v nastavení N-P grafu: záložka: Quick → Statistics: zaškrtneme test*)

Úkol č. 3 – Výsledky v Statistica

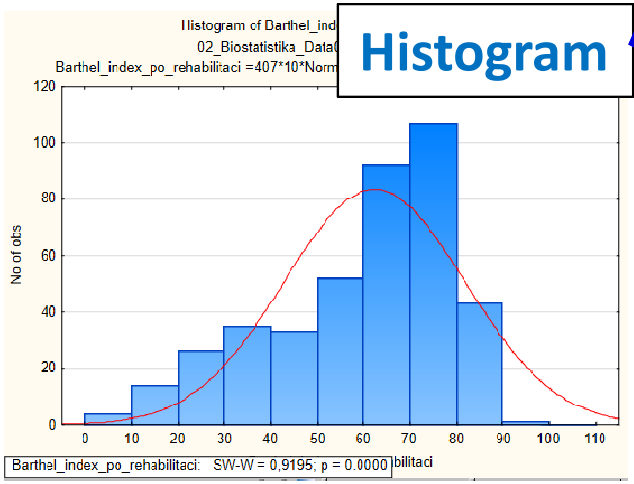
① Průměr a medián se výrazně liší (průměr 62 bodů, medián 70 bodů), což znamená, že data jsou nejspíše asymetrická.

Srovnání průměru a mediánu

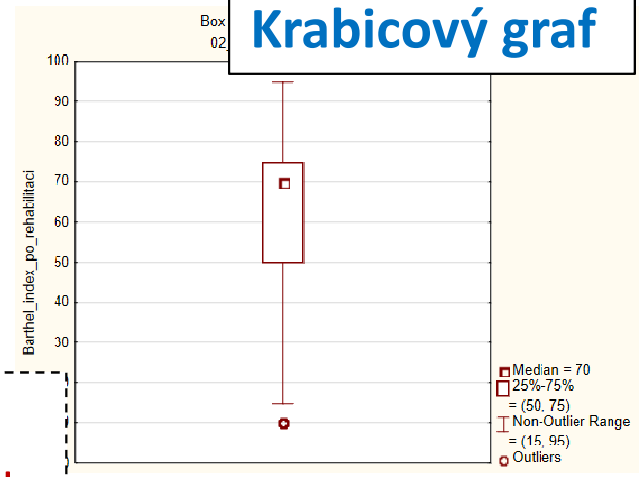
Variable	Descriptive Statistics (02_Biostatistik		
	Valid N	Mean	Median
Barthel_index_po_rehabilitaci	407	62,01474	70,00000

Barthelové index

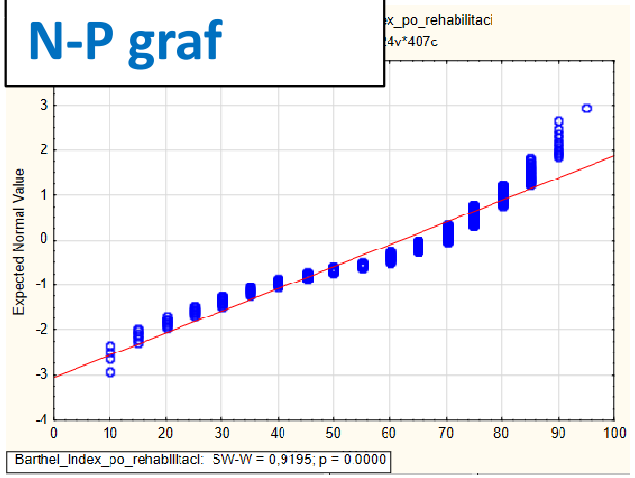
Histogram



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. Odchylky 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).