

Statistické hodnocení jakosti biologických scanů

Bc. Petr Procházka

Diplomová práce
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Petr Procházka
Osobní číslo:	T20130
Studijní program:	N3909 Procesní inženýrství
Studijní obor:	Řízení jakosti
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Statistické hodnocení jakosti biologických scanů

Zásady pro vypracování

1. Vypracování rešerše na zadané téma
2. Seznámení se s technologií biologických scanů
3. Navržení vhodných statistických parametrů pro posouzení jakosti, resp. pro vytvoření predikcí.
4. Výběr vhodných statistických nástrojů a jejich aplikace

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

FRYDRYŠEK, Karel. *Úvod do biomechaniky 1: Introduction to biomechanics 1*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická, 2018. ISBN 978-80-248-4172-4.

KUTÍLEK, Patrik a Adam ŽIŽKA. *Selected chapters from experimental biomechanics*. In Prague: Czech Technical University, 2012. ISBN 978-80-01-05114-6.

ZVÁRA, Karel a Josef ŠTĚPÁN. *Pravděpodobnost a matematická statistika*. Šesté vydání. Praha: Matfyzpress, 2019. ISBN 978-80-7378-388-4.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Sáha, Ph.D.**
Centrum polymerních systémů

Datum zadání diplomové práce: **3. ledna 2022**
Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá statistickým zpracováním jakosti biologických skenů, v tomto případě se konkrétně jedná o měření rozměrů nohou pomocí 3D skeneru, sestavení metodologie pro zpracování naměřených dat a následné porovnání datových souborů rozměrů nohou. Porovnávány jsou dva datové soubory. První soubor byl naměřen ve zlínských prodejnách obuvi pomocí univerzálního obuvnického měřidla a druhý soubor byl sestaven na půdě FT UTB rozměry nohou studentů získanými pomocí 3D skeneru vypůjčeného z Centra výzkumu obouvání, které spadá pod UTB ve Zlíně.

Klíčová slova: měření nohou, statistické zpracování dat, rozměry chodidla, 3D skener chodidel, porovnání chodidel

ABSTRACT

This diploma thesis deals with statistical evaluation of the quality of biological scans, in this case specifically the measurement of leg dimensions using a 3D scanner, the development of a methodology for processing the measured data and the subsequent comparison of the leg dimension datasets. Two data sets are compared. The first set was measured in footwear stores in Zlín using a universal shoe measuring device and the second set was compiled on the territory of TBU in Zlín, Faculty of technology with students' foot measurements obtained using a 3D scanner, which is borrowed from the Footwear Research Centre, the part of TBU in Zlín.

Keywords: foot measurement, statistical data processing, foot dimensions, 3D foot scanner, foot comparison

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Sáhovi, Ph.D. za jeho ochotu, vstřícnost a pomoc při zpracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěl také poděkovat panu prof. Dr. Ing. Vladimíru Patovi za ochotu a pomoc při zpracování této diplomové práce.

Největší poděkování však patří mé přítelkyni, která mi věnovala maximální podporu v mém navazujícím magisterském studiu a zajišťovala to nejlepší prostředí pro úspěšné studium.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ANATOMIE LIDSKÉ NOHY A JEJÍ STAVBA	12
1.1 KOSTERNÍ SKLADBA	12
1.2 DRUHY KLENBY	13
1.3 KLOUBY	15
1.4 SVALY A ŠLACHY	15
1.5 CÉVNÍ SYSTÉM A NERVOVÁ SOUSTAVA	18
1.6 MAGNETICKÁ REZONANCE A DIGITÁLNÍ MODEL CHODIDLA	19
2 MORFOLOGIE CHODIDLA.....	20
2.1 METODY KVANTIFIKACE MORFOLOGIE CHODIDLA	20
2.2 POSUVNÁ MĚŘÍTKA A SVINOVACÍ METRY	20
2.3 DVOJROZMĚRNÉ A TROJROZMĚRNÉ SYSTÉMY	21
2.4 4D SYSTÉMY	21
2.5 PEDOGRAFY	21
3 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI CHODIDLA.....	22
3.1 TYPOLOGIE NOHY	22
3.2 TVARY NOHY V OBLASTI PRSTŮ	22
3.3 DRUHY KLENBY	23
4 SKENOVÁNÍ A POSTPROCESSING BIOLOGICKÝCH SCANŮ.....	24
4.1 TYPY SKENERŮ	24
4.2 LASEROVÝ 3D SKENER.....	25
5 STATISTICKÉ HODNOCENÍ DAT	26
5.1 EDA ANALÝZA.....	26
5.1.1 Typy grafů používaných metodikou EDA	26
5.1.2 Test odlehle hodnoty	28
5.1.3 Test střední hodnoty	28
5.2 SHLUKOVÁ ANALÝZA	30
5.3 ROZPTYLOVÁ ANALÝZA – ANOVA	30
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	31
6 SKENOVÁNÍ NOHOU NA 3D SKENERU.....	32
6.1 PŘÍPRAVA SKENERU	32
6.2 PŘÍPRAVA SKENOVÁNÍ	33
6.3 PROCES SKENOVÁNÍ	34

6.4	ZOBRAZENÍ VÝSLEDKŮ.....	34
7	PRVNÍ DATOVÝ SOUBOR - PŮVODNÍ.....	37
7.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE O DATECH.....	37
7.2	KONTROLA DAT.....	38
7.2.1	ID.....	38
7.2.2	Pohlaví.....	40
7.2.3	Věk.....	40
7.2.4	Hmotnost.....	41
7.2.5	Výška.....	42
7.2.6	Lokace.....	44
7.2.7	Délka pravé nohy.....	44
7.2.8	Šířka pravé nohy.....	47
7.2.9	Délka levé nohy.....	51
7.2.10	Šířka levé nohy.....	53
7.3	TRANSFORMACE DAT.....	55
7.4	PRVNÍ FILTRACE DAT.....	55
7.5	DRUHÁ FILTRACE DAT.....	56
7.6	ŽENY A MUŽI DO 20 LET.....	59
7.6.1	Korelace.....	59
7.6.2	Shluková analýza.....	61
7.7	ŽENY A MUŽI NAD 20 LET.....	62
7.7.1	Korelace.....	62
7.7.2	Shluková analýza.....	66
7.7.3	Rozdíly ve velikostech nohou dle pohlaví.....	68
8	DRUHÝ DATOVÝ SOUBOR – NOVÝ.....	71
8.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE O DATECH.....	71
8.2	FILTRACE DAT DLE POHLAVÍ.....	72
8.4	ROZDÍLY VE VELIKOSTECH DLE POHLAVÍ.....	76
9	POROVNÁNÍ PŮVODNÍHO A NOVÉHO SOUBORU.....	78
9.1	KRABICOVÉ GRAFY.....	78
9.1.1	Délka nohy.....	78
9.1.2	Šířka nohy.....	78
9.2	JEDNOFAKTOROVÁ ANOVA.....	79
9.2.1	Délka nohy u mužů.....	79
9.2.2	Délka nohy u žen.....	82
9.2.3	Šířka nohy u mužů.....	84
9.2.4	Šířka nohy u žen.....	86
	ZÁVĚR.....	89
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	90
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	93

SEZNAM OBRÁZKŮ	94
SEZNAM TABULEK.....	97

ÚVOD

Potřebuji boty na míru? V poslední době se touto otázkou zabývá kromě sportovců nebo osob trpících syndromem diabetické nohy také široká veřejnost. Důvodů proč tak činí bude více, ale jeden z nich by mohla být pohodlnost. V této nové, digitální, době existuje plno měřících přístrojů, mezi takové přístroje patří také 3D skener. Existuje více typů 3D skenerů. V této diplomové práci se věnuji měření chodidel pomocí laserového 3D skeneru a následnému sestavení metodologie k vyhodnocování a porovnávání dat rozměrů nohou. K takovému sestavení metodologie bude využito datového souboru rozměrů chodidel, který byl naměřený ve zlínských prodejnách obuvi v roce 2019.

Tato diplomová práce přináší poznatky o způsobu měření na laserovém 3D skeneru nohou, metodologii zpracování naměřených rozměrů nohou a jejich následné porovnání. Budou porovnávány rozměry nohou studentů FT UTB získané pomocí 3D skeneru a návštěvníků zlínských prodejen obuvi naměřené nejspíše pomocí univerzálního obuvnického měřidla. Pro porovnání je nejprve nutno data zpracovat. Na takové zpracování dat pro správnou interpretaci výsledků je v této diplomové práci kladen velký důraz a bude sestavena metodologie.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ANATOMIE LIDSKÉ NOHY A JEJÍ STAVBA

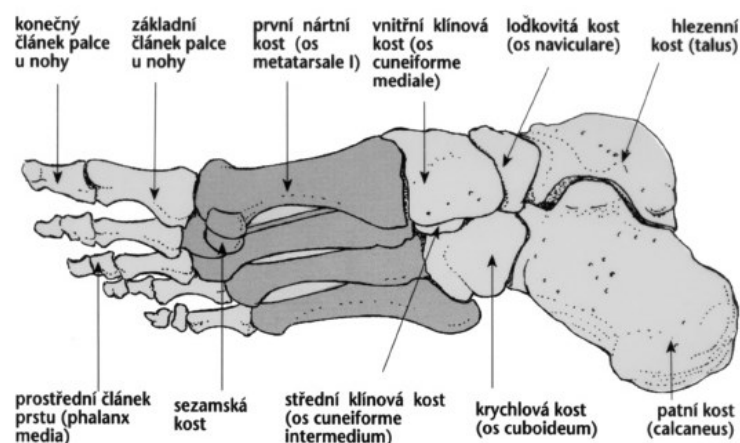
Lidská chodidla jsou velmi komplexní. V každém chodidle se nachází 26 kostí, 33 kloubů, svaly, šlachy, vazy, rozsáhlá síť krevních cév, kůže a další okolní měkké tkáně. Tyto části dohromady vytvářejí komplexní flexibilní strukturu zajišťující tělu podporu, rovnováhu a pohyblivost. Lidské chodidlo kombinuje mechanickou složitost a strukturní pevnost. Chodidlo dokáže odolat velkým zatížením, zatímco současně poskytuje flexibilitu a odolnost. [1]

Pro správné pochopení je nutné stanovit si určité termíny. Vnitřní strana chodidla se nachází na straně palce a nazývá se mediální. Vnější strana se nachází u malíčku a nazývá se laterální. Distální znamená vzdálená od středu, v tomto případě od středu chodidla. Proximální leží blízko středu chodidla. [1]

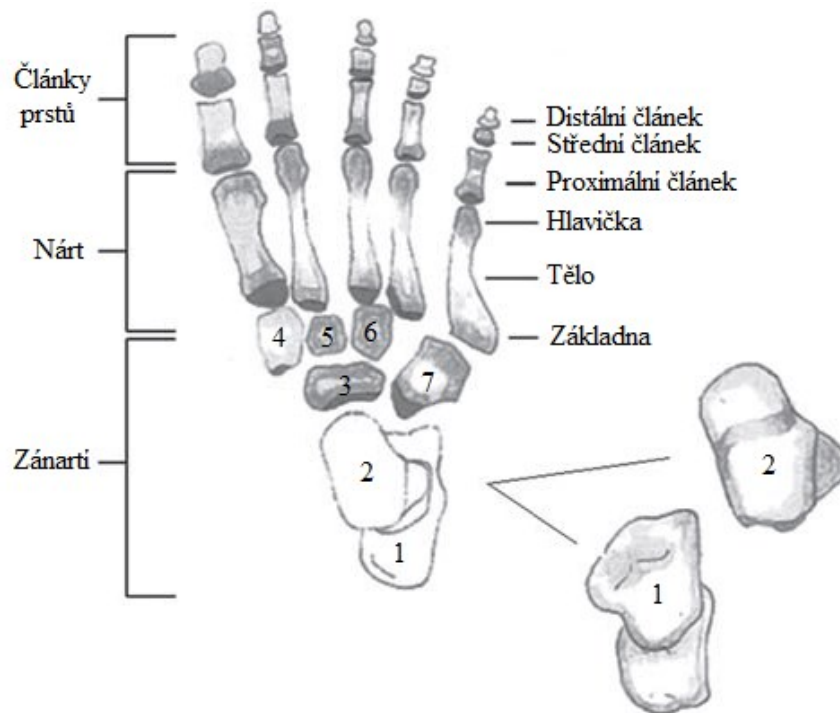
1.1 Kosterní skladba

V lidské noze se nachází 26 kostí. Vzhledem k tomu, že lidské tělo se skládá z 206 kostí, obě chodidla tvoří jednu čtvrtinu ze všech kostí. Kostí mohou být rozděleny do tří skupin podle jejich umístění a funkce. Sedm kostí zánártních, které tvoří spojení chodidla s nohou, pět nártních kostí a čtrnáct článků prstů – každý prst má tři články kromě palce, který má dva. [1] [3]

Zánártní kosti jsou: 1 – patní kost, 2 – hlezenní kost, 3 – loďkovitá kost, 4 – vnitřní klínová kost, 5 – střední klínová kost, 6 – zevní klínová kost a 7 – krychlová kost. Patní kost je největší kost chodidla, hlezenní kost tvoří spojení s holení a lýtkovou kostí. Nártní kosti se číslují I – V, a každá má hlavičku, tělo a základnu. Články prstů jsou proximální článek, střední článek a distální článek. [1] [4]



Obr. 1 Kostra dolní končetiny [4]

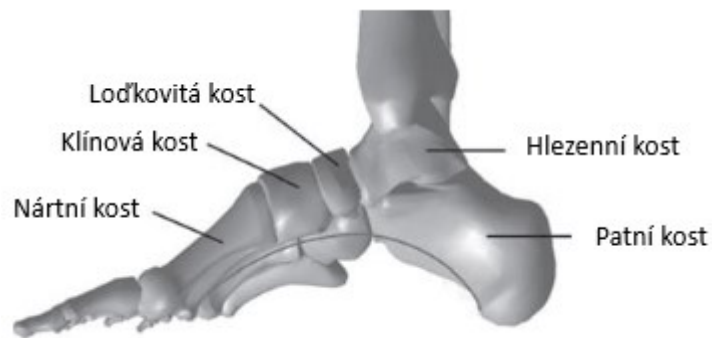


Obr. 2 Anatomické rozdělení kosti nohy [1]

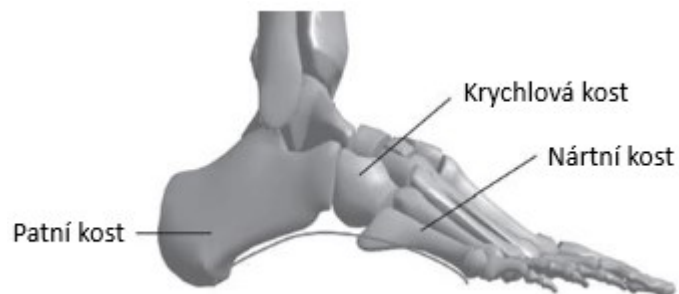
1.2 Druhy klenby

Na lidské noze existují dva typy klenby: podélná klenba a příčná klenba. Podélná klenba se skládá z mediální a laterální části. Tyto části spolu s příčnou klenbou rozkládají váhu těla a tlak v různých směrech. Podélná klenba je zásadní pro podporu a zjednodušení chůze. Existuje několik příčných kleneb, které jsou všechny nezbytné pro správnou funkci chodidla. Kostí chodidla nejsou uspořádány v horizontální rovině, ale v podélných a příčných klenbách, podporovány a kontrolovány šlachami, které při chůzi nebo stání pohlcují a přenášejí síly a tlak z těla na podložku. Když je podélná klenba vyšší než obvykle, jde o vysokou klenbu, když je naopak podélná klenba nízká, jde o plochou nohu. Oba tyto typy, plochá noha i vysoká klenba, nepřenášejí efektivně síly, a proto mohou vést k bolestem chodidel. Kromě toho ovlivňují také rozložení tlaku, což přenáší tlak na jiné části těla. Toto vede k dlouhodobým problémům jako třeba bolesti zad. [1] [5]

Podélné klenby jsou dvě: mediální a laterální. Mediální podélná klenba se skládá z patní kosti, hlezenní kosti, lodkovité kosti, tří klínových kostí a tří nártních kostí. Je to největší klenba na chodidle, a proto se jí říká jednoduše – klenba. Laterální podélná klenba se skládá z patní kosti, krychlové kosti a dvou nártních kostí. Pod mediální podélnou klenbou se nachází měkké tkáně (např. vazy), které svými elastickými vlastnostmi působí jako pružina. [1] [5]

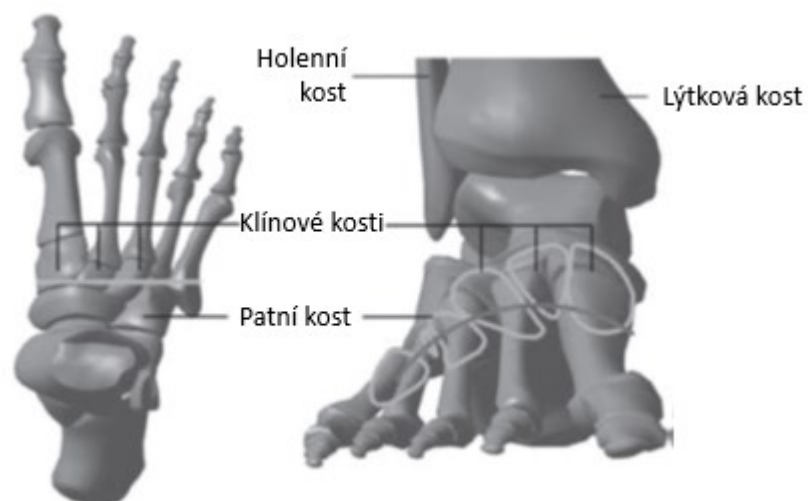


Obr. 3 Mediální podélná klenba [1]



Obr. 4 Laterální podélná klenba [1]

Příčná klenba je oblouk vedený napříč chodidlem z mediální do laterální strany. Tvar klenby je na různých místech různý. Příčná klenba dohromady s podélnou klenbou umožňují chodidlu funkci podpory a lokomoce. [4] [10]



Obr. 5 Příčná klenba [1]

1.3 Klouby

Klouby vytváří spojení kostí a umožňují dynamiku chodidla. V každé noze se nachází 33 kloubních spojení, které tvoří dvě nebo více kostí a umožňují pohyb, mechanickou podporu a absorbování nárazů. [10] [11]

Hlezenní kloub (běžně nazývaný kotník) spojuje kosti holenní, lýtkovou a hlezenní. Převážné pohyby, které tento kloub umožňuje, jsou flexe a extenze. Kloub tvoří tvar kladky, a proto neumožňuje pohyby do stran. Jde o nejčastěji poraněné místo na noze. [10] [11]

Chopartův kloub spojuje hlezenní kost s kostí člunkovou a kost patní s kostí krychlovou. Kloub umožňuje pohyby: abdukce, addukce, inverze, everze, supinace, pronace, dorsální flexe a plantární flexe. [10] [11]

Existují další klouby nohy, které však mají limitovaný pohyb, ale jsou stejně důležité pro chůzi nebo běh jako třeba hlezenní kloub. [10] [11]



Obr. 6 Pohyby nohy [1]

1.4 Svaly a šlachy

Svaly nohou se dělí do dvou hlavních skupin: napínače a ohybače. Svaly obalují v několika vrstvách kosti nohou. Jejich funkce spočívá mimo zajištění pohybu nohou také v držení kleneb, napínání kůže a v podepírání chodidla. Jedna část svalů plní funkci napínačů nohy, nohu a prsty napínají směrem vzhůru, druhá část – ohýbače, ohýbají nohu směrem k

chodidlu. V pozici stojné zdvíhají tělo. Některé ze svalů zajišťují pouze pohyb prstů, jiné zase hýbou celou nohou. [1] [12]

Vnitřní svaly nohy se adaptují na terén a propriocitně ho vnímají. Tyto drobné svaly nastavují profil nohy při iniciaci vzpřímeného držení. Vnější svaly nohy slouží k udržování stabilní polohy ve vzpřímeném stoji, které je provázeno trvale nepatrným kolísáním mezi supinací, pronací, flexí a extenzí nohy. Tyto svaly mají vliv i na udržení klenby, ale především slouží k odvíjení chodidla při chůzi. [12]

Musculi cruris – Bércové svaly dělíme podle funkce do tří skupin:

- Laterální (zevní) – flexory a pronátory nohy
- Dorzální (zadní) – flexory prstů a nohy
- Ventrální (přední) – extenzory prstů a nohy [10]

Přední skupinu tvoří M.tibialis anterior – sval holení, m. extensor digitorum longus – dlouhý natahovač prstů a m.extensor hallucis longus – dlouhý natahovač palce. Zadní skupina je tvořena bércovými svaly, které jsou uloženy ve dvou vrstvách (hluboké, povrchní). Mezi svaly hluboké vrstvy patří m.tibialis posterior – zadní sval holenní, m. flexor digitorum longus - dlouhý ohýbač prstů a m. flexor hallucis longus – dlouhý ohýbač palce. Povrchní vrstvu tvoří m.triceps surae – trojhlavý sval lýtkový a m.plantaris – chodidlový sval. Zevní skupina bércových svalů je tvořena m.fibularis longus – dlouhým svalem lýtkovým a m.fibularis brevis – krátkým svalem lýtkovým. [10] [11]

Svaly na hřbetu nohy

Tyto svaly jsou inervovány z n.fubularis profundus. Provádějí extenzi prstů a palce. Mezi svaly hřbetu nohy patří: m. extensor digitorum brevis – krátký natahovač prstů, m. extensor hallucis brevis – krátký natahovač palce. Oba svaly se nacházejí pod šlachami dlouhých extenzorů, jenž přecházejí z přední strany bérce. [10] [11]

Svaly v plantě

Tato skupina svalů pomáhá napětím udržovat nožní klenbu a plní především statickou funkci. [10] [11]

Svaly palce

Mají počátek na tarzálních kůstkách, odkud se upínají na palcové články. Mezi svaly palce patří: m. abduktor hallucis – odtahovač palce, tento sval slouží k udržování podélné klenby

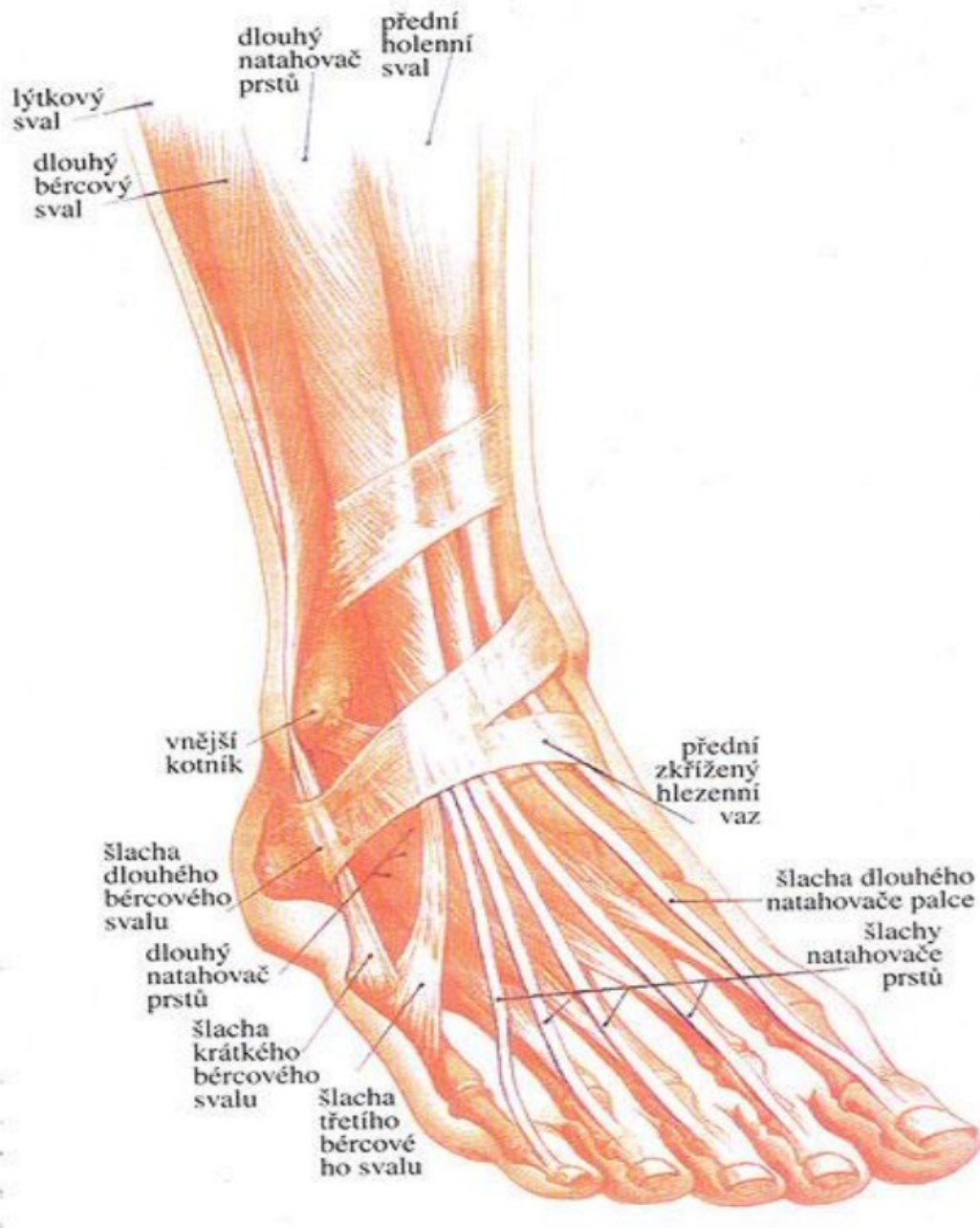
nožní, m. flexor hallucis brevis – krátký ohybač palce a m. adduktor hallucis – přitahovač palce. [10] [11]

Svaly malíku

Mají stejně jako svaly palce počátek na tarzálních kůstkách, odkud se upínají na malíkové články. Do této skupiny svalů patří m.abductor digiti minimi – odtahovač malíku, m. flexor digiti minimi brevis – krátký ohýbač malíku a m.opponens digiti minimi – oponující sval malíku. [10] [11]

Svaly střední skupiny

Zahrnují mm.interossei – mezikostní svaly, m.quadratus plantae – čtyřhranný chodidlový sval, mm.lumbricales – červovité svaly a m. flexor digitorum brevis – krátký ohybač prstů. Krátký ohybač prstů se nachází uprostřed chodidla a svým klidovým tonem přispívá k udržení nožní klenby [10] [11]



Obr. 7 Svaly a šlachy nohy [7]

1.5 Cévní systém a nervová soustava

Cévy tvoří rozvětvený systém vazivově svalových trubic. Z hlediska stavby a funkce lze cévní systém rozdělit na tepny, vlásečnice a žíly.

Nervová soustava zachycuje a zpracovává podněty působící na organismus a zajišťuje odpovídající reakci na ně. Nervové řízení slouží k přenosu informací, které vyžadují rychlou koordinovanou reakci. [1] [10]

1.6 Magnetická rezonance a digitální model chodidla

Zařízení pro zobrazování magnetickou rezonancí využívá silné magnetické pole pro vizualizaci detailní vnitřní struktury. Pomocí skenovací techniky magnetické rezonance lze získat vnitřní struktury nohy. Magnetická rezonance vytvoří v daném místě monochromatický snímek. Aby bylo možné vytvořit kompletní chodidlo, musí se skenovat na více místech a obraz poté seskládat. Například pro délku nohy 250 mm pro vytvoření snímku kompletního chodidla v intervalu 1 mm se musí pořídít 250 snímků. Z každého obrázku lze například rozpoznat okraj kostí a další měkké tkáně. Některé softwary umí lokalizovat hrany automaticky, ale i přesto je ve většině případů nutný lidský zásah, převážně k ověření a úpravě struktury. Po získání všech hran lze vytvořit 3D geometrický tvar chodidla metodou zvanou lofting. V dnešní době, s rozsáhlým využitím informačních technologií se stává skutečnou digitální anatomie. 3D digitální model chodidla lze použít k výuce anatomie, designu, došlapu nebo při výrobě obuvi. [1]

2 MORFOLOGIE CHODIDLA

Znalost morfologie chodidla je důležitá v mnoha ohledech. Psychologický ohled jako fyzická přitažlivost souvisí s antropometrickými rozměry a jejími proporcemi. Antropometrie jako taková je také důležitá ve forenzním výzkumu při identifikaci zesnulé osoby. V takovém případě může znalost morfologie nohy pomoci při identifikaci osoby, určení pohlaví nebo zařazení do sociální skupiny. Další velmi důležitou oblastí je obuvnický průmysl. Obuv by měla být založena na tvaru nohy. Obuv by měla zohledňovat obecné aspekty rozdílů tvaru nohy mezi pohlavími, rozdíly mezi věkovými skupinami, rasami a rozdíly ve stavbě těla. Kromě toho je známo, že tvar nohy je rozmanitý a může se lišit jedinec od jedince. Při výrobě obuvi by proto měly být brány v úvahu různé typy chodidel. Cílem následující kapitoly je poskytnout vhled do metod kvantifikace tvaru lidské nohy. [1] [8]

2.1 Metody kvantifikace morfologie chodidla

Pro kvantifikaci morfologie nohy existují různé metody. Tento odstavec se nebude věnovat metodám založeným na klinickém hodnocení, rentgenových snímcích ani na magnetické rezonanci, protože tyto metody jsou náchylné k subjektivnímu hodnocení, obsahují škodlivé rentgenové záření nebo vyžadují obtížný přístup a vysoké finanční nároky. [1]

Mimo posuvného měřítka, svinovacího metru a obkreslení chodidla existují moderní měřicí přístroje jako třeba 3D skener nohou nebo plantární tlakový snímač ve formě desky. Výběr vhodné metody závisí na oblasti použití. Tyto pokročilé měřicí přístroje v současné době vyžadují vysoké pořizovací náklady, proto není jednoduché jejich hromadné zavedení do každodenního využití. Stále se využívá posuvných měřítok, pravítka nebo sádrového odlitku. Dnešní sběr dat velkých skupin populace spoléhá převážně na pokročilé systémy jako je 3D skener nohou, zatímco dříve se využívalo základních měřících přístrojů typu posuvného měřítka. [1] [5]

2.2 Posuvná měřítka a svinovací metry

Posuvné měřítko (univerzální obuvnické měřidlo) a svinovací metr jsou základní měřicí prostředky měření nohou. Svinovací metr se využívá na měření obvodů nohy, zatímco posuvné měřítko měří výšku, délku a šířku. Mezi základní měřicí prostředky se také řadí různé přípravky, které měří přímo zkoumanou veličinu, např. délku nohy. [1]

2.3 Dvojměrné a trojměrné systémy

Na trhu existuje více technologií, které dokáží zachytit chodidlo nebo trojměrné informace o noze. Dvojměrné (2D) skenery jsou velmi podobné klasickým plochým skenerům. Poskytují informace pouze o chodidle. Trojměrné (3D) modely nohou mohou být vytvořeny pomocí digitizéru nebo skeneru. U digitizéru se diskrétní body povrchu nohy ukládají jako digitální kód na počítač jeden po druhém, zatímco skenovací systémy vybavené optickým nebo video systémem zachycují 3D snímky nohy, které jsou najednou převedeny do digitální podoby. U některých systémů jsou předem identifikovány a označeny anatomické orientační body, z kterých následně příslušný software automaticky vypočítá konkrétní míry nohy. Další systémy automaticky odvodí konkrétní míry šířky, výšky a obvodu v různých procentech délky nohy. Další míry lze kvantifikovat po procesu skenování. [1] [2]

2.4 4D systémy

Vyvíjejí se inovativní koncepty skenerů, které využívají čtyřměrné technologie (4D) informace o procesu převalování s časovou oblastí jako čtvrtým rozměrem tvaru lidského chodidla v dynamických situacích. Tyto systémy poskytují další informace o deformaci struktur chodidla při chůzi a prodloužení délky chodidla během procesu převalování. [1]

2.5 Pedografy

Modrotisky (pedografy) jsou snadnou a levnou možností, jak zachytit statické snímky otisků nohou. Zobrazují obrysy chodidel a umožňují jejich posouzení. Jedno chodidlo se položí na měřicí zařízení ve stoji s rovnoměrně rozloženou hmotností na obě chodidla. Chodidlo se položí na membránu, která má na zadní straně inkoustový polštářek, tisknoucí otisk chodidla na pedografický papír umístěný pod membránou. Kromě jeho použití ortopedickými obuvníky, se modrotisk používá ke kvantifikaci obrysu chodidla a jeho indexů. [1]

3 CHARAKTERISTICKÉ VLASTNOSTI CHODIDLA

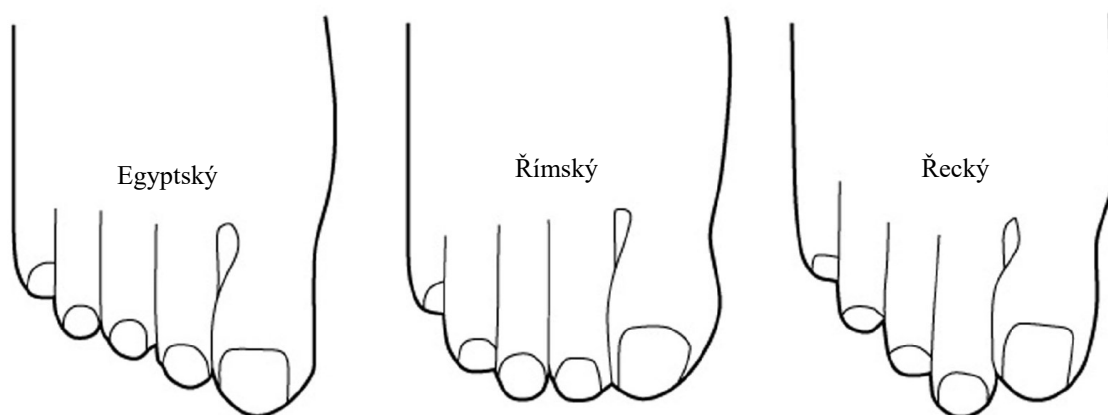
Vlastnosti chodidla, jako je jeho tvar a struktura, mají vliv na jeho funkci. Porozumění těmto vlastnostem je tedy užitečné pro navrhování obuvi na míru, která je pohodlná při nošení. Nohu lze popsat pomocí charakteristik, jako jsou délka, šířka, výška a obvod. Některé rozměry spolu souvisejí a lze je vyjádřit v procentech délky chodidla. Alometrie je věda, která zkoumá tyto disproporční rozdíly v jednom nebo více rozměrech při změně velikosti. [1] [6]

3.1 Typologie nohy

Pokusů o správné zpracování a rozdělení typologie nohy byla provedena celá řada. V následujících odstavcích je pouze několik příkladů. Antropologické dělení nohy a její typologie je poměrně jednoduché, avšak málo vypovídá o anatomii a funkci. Standartní klinická typologie je z hlediska anatomického mnohem lépe podložena a poměrně rozšířena v různých modifikacích, ale je také povrchní, a ne zcela zohledňuje funkci nohy. Za jednu z nejlépe propracovaných typologií je považována Rootova typologie, která se používá již několik let v zahraničí především v rámci klinické diagnostiky. Na našem území je tato typologie doposud téměř neznámá. [12]

3.2 Tvary nohy v oblasti prstů

Prsty pomáhají snášet zatížení ve chvílích kdy je kotník zvednutý. Prsty nohy jsou v kontaktu s podložkou přibližně tři čtvrtiny jednoho cyklu chůze. Pojmenování prstů je od největšího palec, ukazováček, prostředníček, prsteníček a malíček. Existují 3 hlavní typy nohy rozdělené dle tvaru v oblasti prstů. Egyptský, Římský a Řecký. Egyptský typ se vyznačuje nejdelším prstem palce a následným snižováním délky. Římský typ je charakteristický stejnou délkou více prstů – palce společně s ukazováčkem i prostředníčkem. Řecký typ je charakterizován delším ukazováčkem, než je délka palce. [1] [20]



Obr. 8 Tvary nohy [20]

3.3 Druhy klenby

Existují 3 hlavní typy nohy rozdělené dle podélné klenby. Jsou to plochá noha, normálně klenutá noha a vysoká noha.

Plochá noha je charakteristická svým otiskem, který se blíží celému obrysu nohy. Podélná klenba je velmi malá nebo žádná. Tento typ může způsobovat bolesti.

Normálně klenutou nohu charakterizuje otisk, který se stále ještě dotýká v celé své délce podložky, avšak už není v prostřední části tak široký, jako u ploché nohy. Tento typ nezpůsobuje žádné bolesti. Nohu lze považovat za zdravou.

Vysoká noha je charakterizována otiskem, který je rozdělený na dvě části. Noha se ve střední části nohy, tedy v oblasti klenby nedotýká podložky. Tento typ může způsobovat bolesti.

[1] [21]



Obr. 9 Druhy klenby [1]

4 SKENOVÁNÍ A POSTPROCESSING BIOLOGICKÝCH SCANŮ

K výhodám 3D skenování povrchu patří možnost uložit sken povrchu objektu pro budoucí zpracování a ověření, snížení lidské chyby spojené s manuálním sběrem antropometrických dat, umožnění pozdějšího získání měření a zkrácení doby experimentu, aby nedocházelo k omezování času subjektu nebo času stráveného s hardwarem/objektem. Skeny rovněž umožňují získat povrchové nebo objemové údaje prostřednictvím následného zpracování. Výhody povrchových a objemových antropometrických údajů, které reprezentují rozdíly ve tvaru a velikosti lidského těla, mohou v konečném důsledku umožnit konstruktérům a vývojářům zlepšit celkové přizpůsobení, přizpůsobení a pohodlí pro širokou škálu populace a také zlepšit schopnost úpravy na míru podle individuálních potřeb. Na rozdíl od tradičních antropometrických údajů a databází mohou informace z 3D skenů přinést lepší analytické schopnosti; například u tradičních antropometrických informací v podobě tabulek je obtížné vytvořit konkrétního jedince na základě jeho vlastní antropometrie. Důvodem je to, že v tabulkové podobě se antropometrické údaje stávají obecnými nebo založenými na percentilech, a proto není možné z obecných tabulkových údajů znovu vytvořit konkrétního jedince. V případě dat z 3D skenů tomu tak není. Je možné vytvořit tvary a velikosti, které jsou odpovídající konkrétnímu jedinci. Dokonce i kdyby se ze skenovaného obrazu získaly pouze lineární rozměry, je zcela možné získat skenovaný obraz konkrétního jedince a podle potřeby použít tvary dotyčného jedince. [1] [22]

4.1 Typy skenerů

Většina skenerů lidského těla jsou samostatně stojící systémy, které snímají celé tělo, hlavu nebo pouze nohy. K dispozici jsou také skenery pro snímání trupu a jednotlivých končetin. Skenery pro jednu končetinu se nejčastěji používají při tvorbě protéz. Skenery speciálně pro ruku jsou poměrně vzácné a odrážejí obtížnost snímání více prezentovaných povrchů (kontrast povrchů ruky a nohy). Samostatně stojící systémy obsahují několik kamer připevněných k nosné konstrukci. [1] [22]

U skenerů založených na principu laseru, jsou kamery připevněny k pohyblivému mechanismu, který pohybuje laserovým paprskem (pohyb horizontální laserové čáry) nebo kolem tělesa (pohyb vertikální laserové čáry). [1] [22]

Ve stereografických systémech je k pokrytí snímaného objemu dostatečný počet kamer. jsou připevněny ke stativu nebo pevnému rámu. Aby se omezilo rušení, jsou jednotlivé kamery synchronizovány tak, aby snímaly v rychlém sledu za sebou. [1] [22]

Všechny systémy mají vlastní metodu pro kalibraci a všechny se musí relativně často kalibrovat, aby byla zajištěna optimální výkonnost. [1] [22]

4.2 Laserový 3D skener

V tomto odstavci je popsána funkce skeneru Yeti, který je velmi podobný skeneru od firmy Materialise, použitému při měření v této diplomové práci.

Yeti je bezkontaktní laserový skenovací systém určený ke sběru dat o vnějším 3D povrchu na několika rovnoběžných řezech daným tvarem nohy nebo obuvi. Chodidlo nebo obuv spočívá na desce z plexiskla a skener provádí korekci refrakce na snímaných pohledech z opačné strany desky. Čtyři laserové zdroje společně svítí plochým paprskem, jehož výsledkem je obvodová linie odraženého světla okolo zájmového povrchu. Osm kamer zaznamenává polohu podél této jasné světelné čáry; to se opakuje v každé následující poloze řezu. Z těchto údajů software Yeti vypočítá 3D tvar chodidla nebo boty. Kamery a lasery jsou umístěny ve dvou stíněných kamerových vozících, po jednom na každé straně přístroje Yeti. Oba kamerové vozíky jsou mechanicky propojeny a pohybují se společně po snímacím rozsahu prostřednictvím elektromechanického pohonného systému. Pomocí různých scénářů skenování (optimalizované parametry systému a nastavení kamery) lze dosáhnout vysoce kvalitního výkonu měření v širokém rozsahu barev objektů a povrchových textur. Standardně vytvářená data jsou proprietární (strukturované) mračno bodů a proprietární sada dat vycházející z řezů. [1] [13] [22]

Výhody a nevýhody:

- Krátká doba skenování snižuje pravděpodobnost pohybu objektu během skenování.
- Mimořádně jednoduché ovládání stisknutím jediného tlačítka.
- Skenuje od stavu bez zatížení až po stav s plným zatížením.
- Vzhledem k tvarovému faktoru skeneru je maximální výška skenu omezena na 18 cm. Proto není možné skenovat holeně a lýtka pro vysoké boty, jako třeba kozačky.
- Transportovatelný, na rozdíl od přenosného. Lze jej například přemístit na jiné místo, ale nelze jej přenášet s sebou.
- Podporováno je několik formátů souborů, včetně všudypřítomného formátu STL. [1]

5 STATISTICKÉ HODNOCENÍ DAT

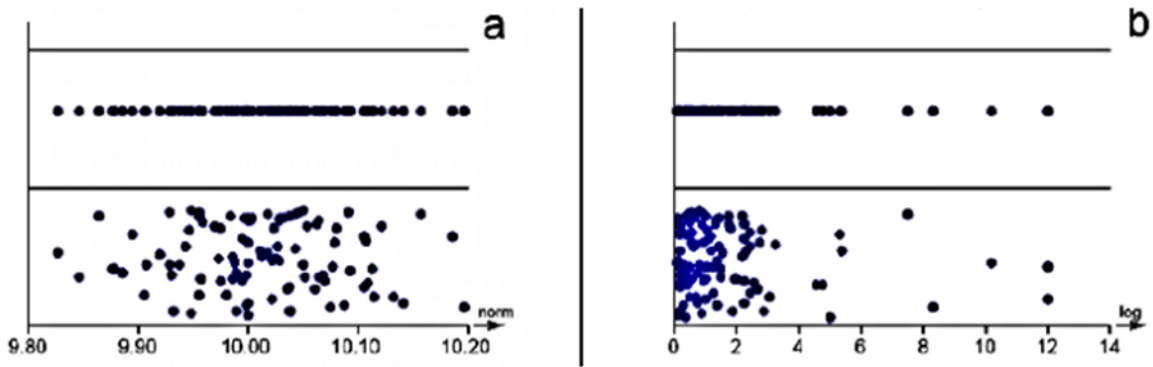
Statistické hodnocení dat je založeno na základních znalostech statistiky. Pro vyhodnocení nasbíraných dat je ve velké míře používána metodika EDA, tedy exploratorní (průzkumová) datová analýza. V praxi se nejčastěji předpokládá, že data pocházejí z náhodného výběru. Reprezentativní náhodný výběr je charakterizován třemi důležitými předpoklady, které je třeba před vlastní analýzou vždy ověřit. Jsou to nezávislost jednotlivých prvků, homogenita a případná normalita rozdělení prvků výběru. [14] [18]

5.1 EDA analýza

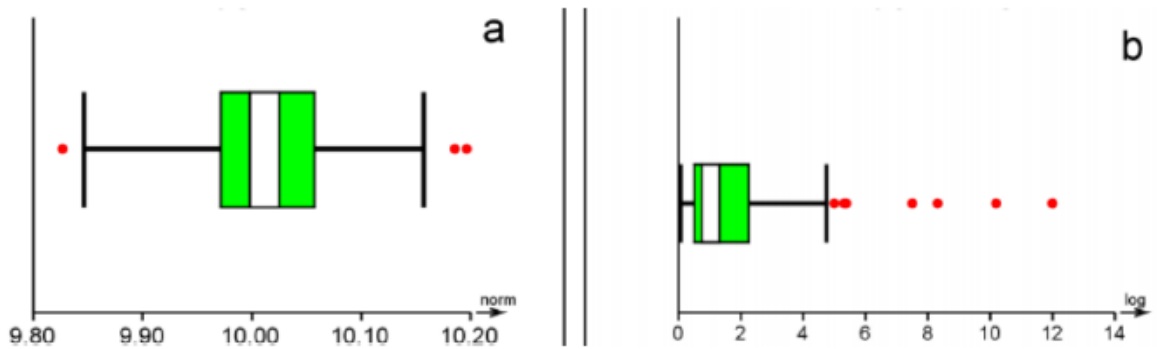
Exploratorní neboli průzkumová datová analýza (EDA) zkoumá naměřená data a jejich chování. S výhodou se užívají především grafické metody, které umožňují jednodušší orientaci v datech a posouzení jejich zvláštností. Může se jednat například o lokální koncentraci dat, tvarové zvláštnosti rozdělení dat nebo o přítomnost podezřelých hodnot. [14] [19]

5.1.1 Typy grafů používaných metodikou EDA

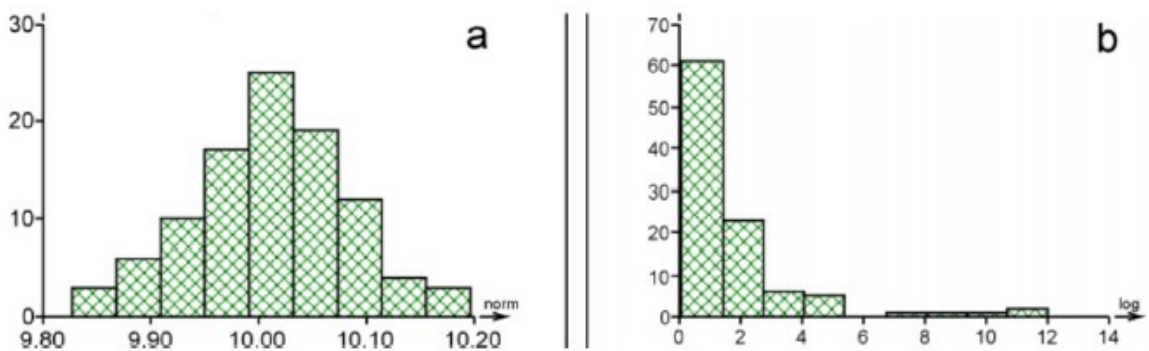
- **Diagram rozptýlení.** Představuje jednorozměrnou projekci kvantilového grafu do osy x. I při své jednoduchosti ukazuje na lokální koncentrace dat a indikuje podezřelá a odlehlá měření. [14] [19]
- **Krabicový box-plot graf.** Umožňuje znázornění robustního odhadu polohy, mediánu, posouzení symetrie v okolí kvartilů i u konce rozdělení a také identifikaci odlehlých dat. [14] [19]
- **Histogram.** Jde o obrys sloupcového grafu, kde jsou na ose x jednotlivé třídy definující šířky sloupců. Výšky sloupců odpovídají empirickým hodnotám pravděpodobnosti. Kvalitu histogramu ovlivňuje ve značné míře počet tříd. [14] [19]
- **Jádrový odhad hustoty pravděpodobnosti.** Úzce souvisí s histogramem. [14] [19]



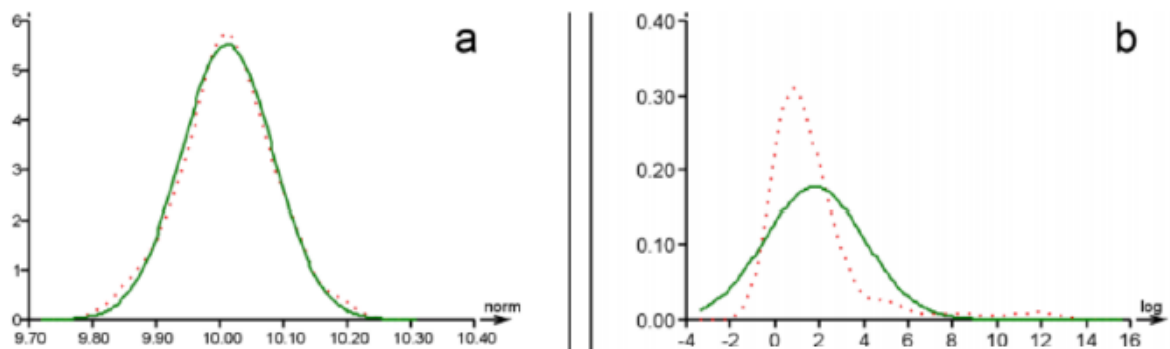
Obr. 10 Diagram rozptýlení: a) symetrický (normální), b) asymetrický (logaritmicko-normální) [14]



Obr. 11 Boxplot: a) symetrický (normální), b) asymetrický (logaritmicko-normální) [14]



Obr. 12 Histogram – a) symetrický (normální), b) asymetrický (logaritmicko-normální) [14]



Obr. 13 Jádrový odhad pravděpodobnosti – a) symetrický (normální), b) asymetrický (logaritnicko-normální) [14]

5.1.2 Test odlehlé hodnoty

Také nazývaný Grubbsův test odlehlých hodnot. Odlehlá hodnota bývá také nazývána jako outlier. Tato hodnota mohla vzniknout buď jako chyba měření, nebo se jedná pouze o hodnotu odlehlou. Testy outlierů slouží k odhalení těchto hodnot a následně k posouzení, zdali se jedná o hrubou chybu vzniklou při měření, a tu je nutno ze souboru vyloučit, či se jedná o pouhou odlehlou hodnotu, která se v souboru vždy ponechává. [14] [15]

5.1.3 Test střední hodnoty

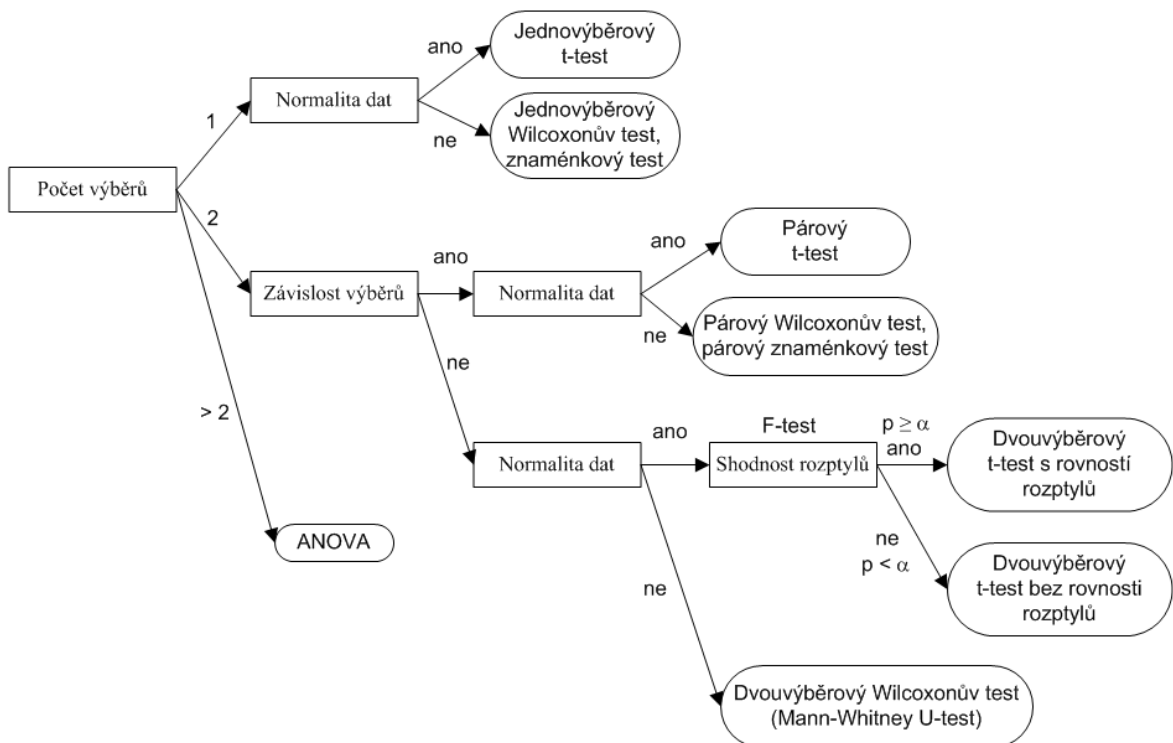
Test střední hodnoty slouží pro metrická data s normálním rozdělením a porovnávají se průměry. Zjišťujeme, zda rozdíl průměru od dané hodnoty je jen dílem náhody. Fungují na principu intervalových odhadů. Řadí se do kategorie parametrických testů, protože pracují s parametry normálního rozdělení. [14] [16]

Obecný postup pro srovnávání pomocí hypotéz:

1. Formulace hypotézy „nulové“ H_0 a hypotézy alternativní H_a .
2. Volba α (hladiny významnosti), nejčastěji volena 0,05.
3. Volba správného testu, (viz digram pro správnou volbu testu níže).
4. Určení kritického oboru / kritické hodnoty (např.: t_{krit}).
5. Vyčíslení zvoleného testu a výpočet kvantilů.
6. Rozhodnutí o zamítnutí či nezamítnutí H_0 na základě kritického oboru. [14] [17]

		Výsledek testu	
		Platí H_0	Platí H_1
Skutečnost	Platí H_0	Správné rozhodnutí, pravděpodobnost $1 - \alpha$ (spolehlivost testu)	Chyba I. druhu, pravděpodobnost α (hladina významnosti)
	Platí H_1	Chyba II. druhu, pravděpodobnost β	Správné rozhodnutí, pravděpodobnost $1 - \beta$ (síla testu)

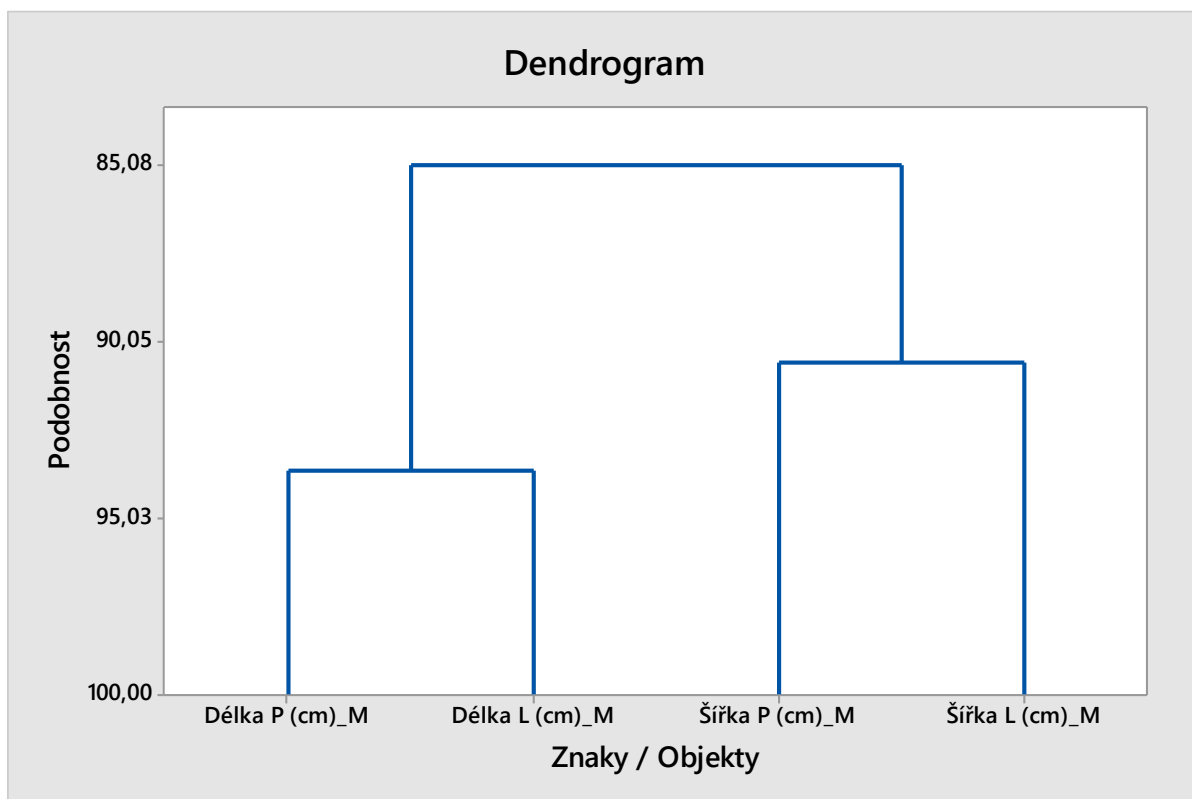
Obr. 14 Tabulka správnosti rozhodnutí a omylů [17]



Obr. 15 Diagram pro správné vybrání testu [16]

5.2 Shluková analýza

Shluková neboli clusterová analýza je metoda pro analýzu shluků. Shlukuje jednotlivé objekty do skupin na základě vzájemné podobnosti. Grafickým výsledkem je dendrogram, kde podobná data jsou ve stejném nebo blízkém shluku, zatímco rozdílná data jsou vzdálena více od sebe. Používá se ke klasifikaci objektů. [23] [24]



Obr. 16 Dendrogram

5.3 Rozptylová analýza – ANOVA

Jednorozměrná analýza rozptylu (ANOVA) zkoumá vliv jediného faktoru, zatímco vícerozměrná analýza rozptylu (MANOVA) předpokládá vlivy více faktorů současně. Jednorozměrná analýza rozptylu (ANOVA) je statistickou metodou umožňující posoudit míru vlivu určitého faktoru na chování dané veličiny a určit významnost daných vlivů. [23] [24]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 SKENOVÁNÍ NOHOU NA 3D SKENERU

Jedná se o 3D skener chodidel od firmy Materialise. Skener obsahuje 9 kamer, z toho jednu barevnou a 8 monochromatických. Umožňuje výstupní formát STL nebo OBJ. Skener váží 26 kg a jeho skenovací oblast má rozměry 400 x 200 x 180 mm. Uváděná standardní odchylka měření je 0,5 mm. Skenovací čas se pohybuje v rozmezí 5 – 15 s. Skener neumožňuje skenovat obě dvě nohy dohromady, umožňuje pouze jednu nohu a poté druhou.

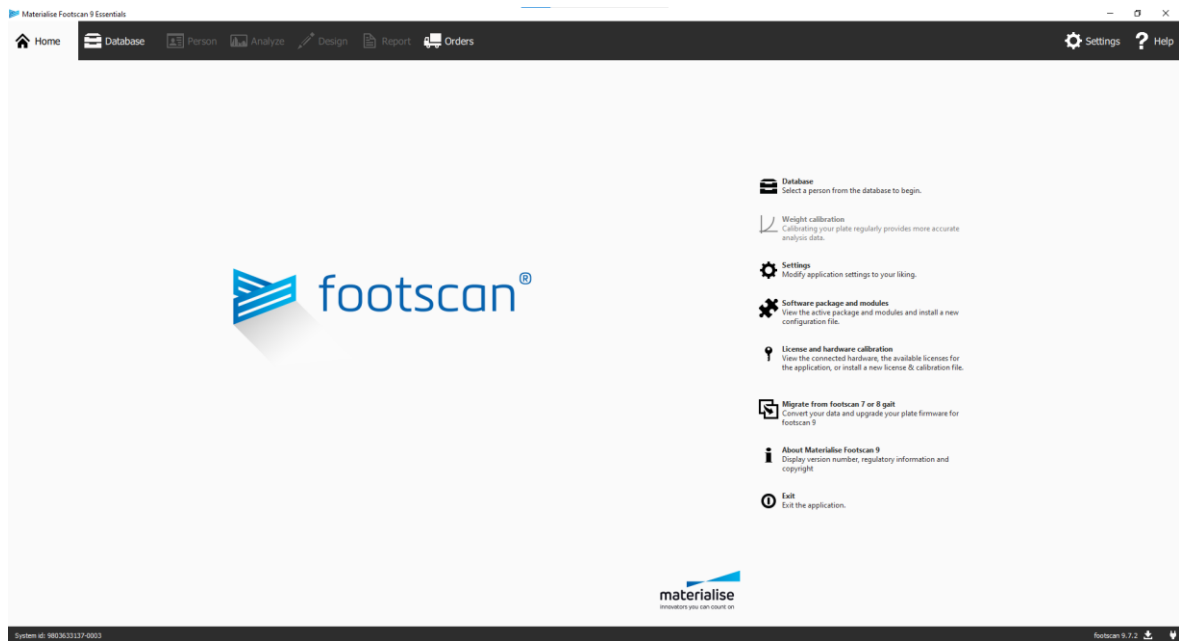


Obr. 17 Skener 3D od firmy Materialise [13]

6.1 Příprava skeneru

3D skener RS Scan od společnosti Materialise, na kterém bylo prováděno měření, je umístěn v přepravním boxu.

Nejprve je potřeba skener složit. Jako první se vytáhne tělo skeneru, na které se následně přimontují boční stojny a dvě části držadla. Skener se zapojí do elektrické sítě a propojí s počítačem přes USB rozhraní. V zadní části skeneru je umístěn kolíbkový přepínač, který je nutné přepnout do polohy „zapnuto“. Na počítači je nutno otevřít software Materialise Footscan. Tento program byl vytvořen pro obsluhu skeneru a interpretaci jeho výsledků.



Obr. 18 Úvodní obrazovka v softwaru Materialise Footscan

6.2 Příprava skenování

Před samotným zahájením skenování je nutné předpřipravit několik věcí, jsou to:

1. zkontrolovat čistotu skel v oblasti skeneru, případně očistit,
2. do programu vložit údaje o měřené osobě,
3. instruovat probanda o průběhu měření.

Skener musí být udržován čistý – zašpiněná krycí skla skeneru by mohla zapříčinit odchylku v měření. Vizually zkontrolujeme čistotu skel, v případě potřeby očistíme pomocí přiloženého hadru a čistícího prostředku.

V programu Materialise Footscan v záložce *Database* vytvoříme novou osobu. Pro naše měření není důležité jméno a příjmení osoby, a proto může zůstat měření anonymní. Měřené osoby jdou za sebou v náhodném pořadí. V programu je nutno vyplnit kolonky jméno a příjmení, byla zvolena řada Proband 1, Proband 2, atd. Dále jsou potřebné hodnoty věku, výšky, hmotnosti a pohlaví. Tyto hodnoty jsou vepsány do příslušné kolonky. U hodnoty věku zapsán pouze rok narození.

Pro toto měření musí být osoba bosá – musí se vyzout. Každý měřený proband je instruován o postoji. Při měření nutno stát přirozeně, obě končetiny zatěžovat stejnou vahou.

Name	Date	Time	Recordings	Shoesize	Weight	Remarks
Person 1	22.11.2021	12:30	1	45.5 EU / 36.5 cm	60.00 kg	Imported on

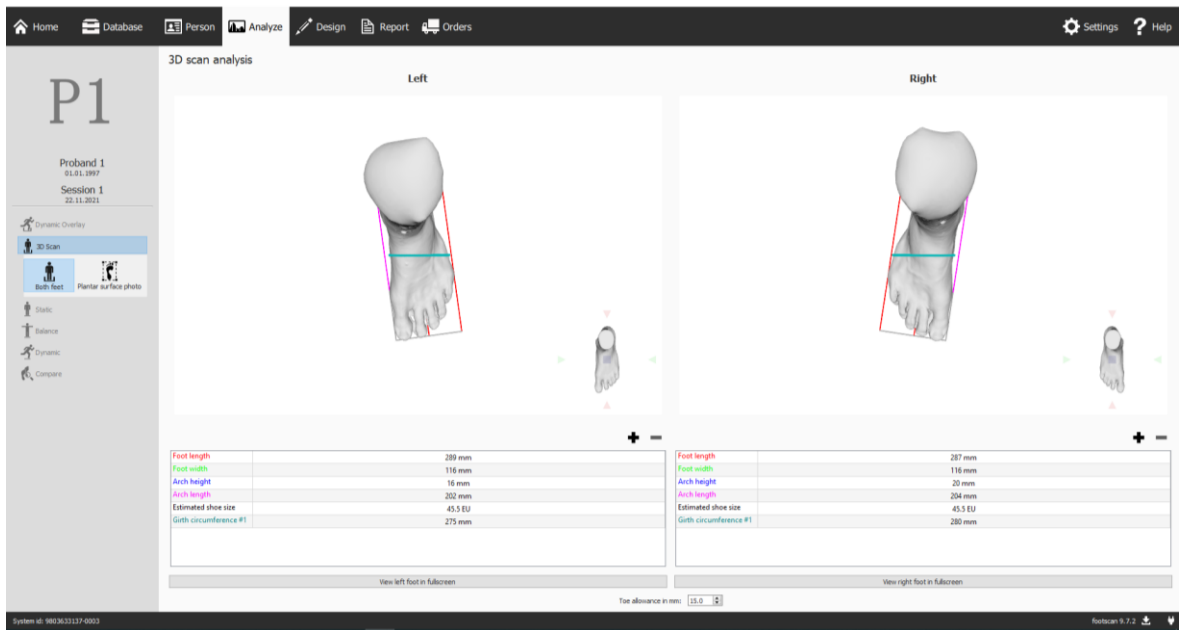
Obr. 19 Vkládání údajů o měřené osobě v příslušném programu

6.3 Proces skenování

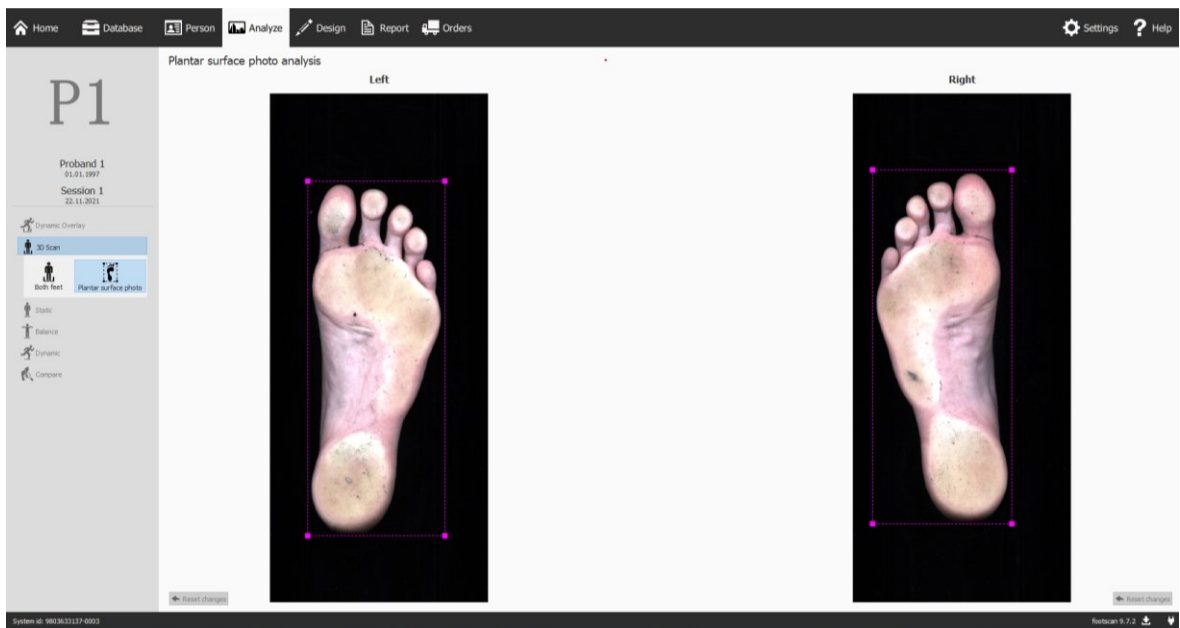
Měření probíhá pro každou nohu zvlášť. Samotné skenování jedné nohy trvá 5 - 15 sekund, po tuto dobu je nutno omezit pohyb končetin na minimum, aby byl výsledek co nejpřesnější. V průběhu skenování nejprve skener naskenuje 3D strukturu nohy a poté vyfotí chodidlo barevnou kamerou.

6.4 Zobrazení výsledků

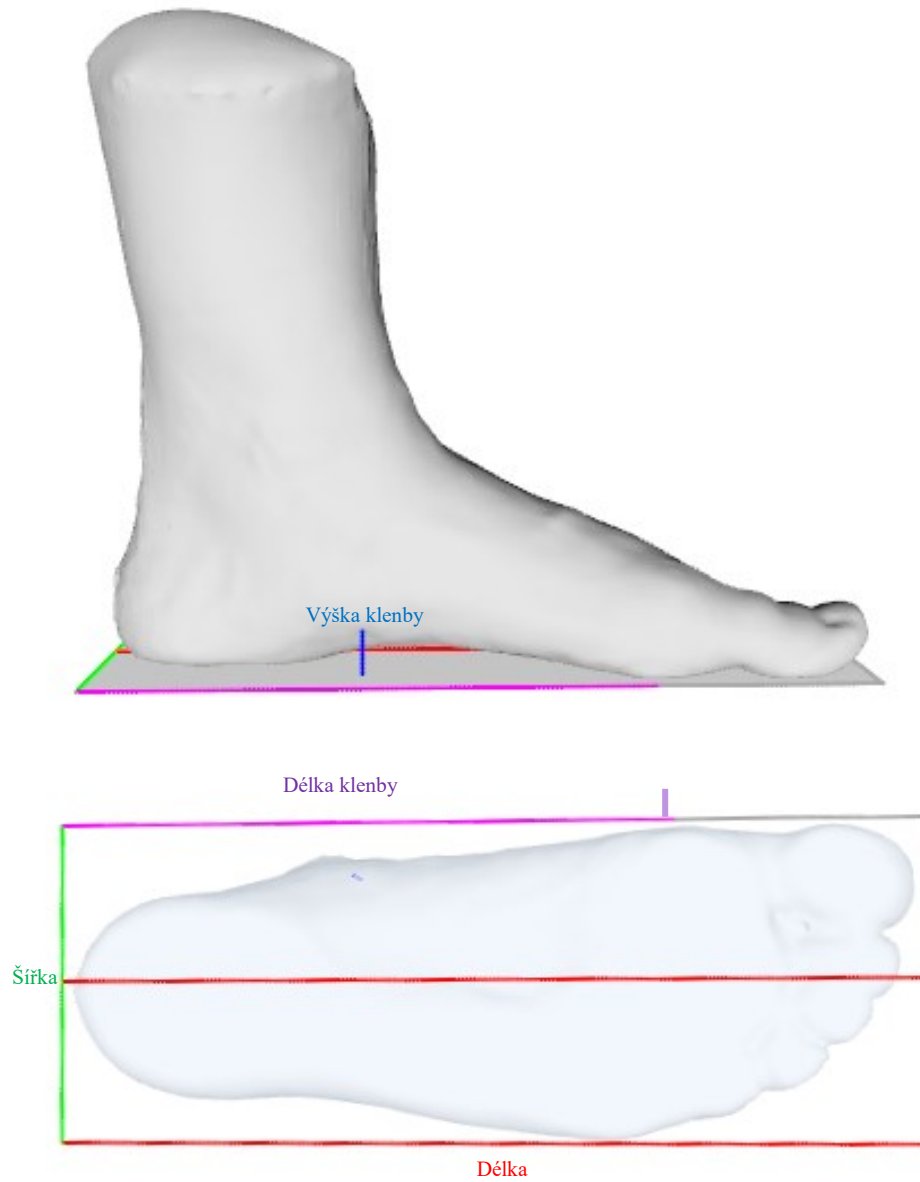
Po úspěšném naskenování nohou program zpracuje data a zobrazí výsledky měření. Jsou zobrazeny tyto parametry (pro každou nohu odděleně): délka, šířka, výška klenby, délka klenby, předpokládaná velikost obuvi a volitelně lze doměřit obvod nohy v daném místě. Dále je vyobrazen trojrozměrný model levé i pravé nohy, s kterým lze libovolně rotovat. Tento model je možné vyexportovat ve formátu STL nebo OBJ. Jako poslední lze zobrazit fotografie chodidel.



Obr. 20 Zobrazený výsledek měření v příslušném programu



Obr. 21 Fotografie chodidel v rámci výsledků měření v příslušném programu



Obr. 22 Měřené parametry nohy

7 PRVNÍ DATOVÝ SOUBOR - PŮVODNÍ

Tato data vznikla v roce 2019 měřením v prodejnách obuvi po Zlínském kraji.

7.1 Základní informace o datech

Dotazník neboli strukturovaná databanka má svou danou, pevnou strukturu. Dotazník ke zpracování byl vytvořen v programu Excel a má následující strukturu:

- ID
- Pohlaví (žena, muž) – data nominální
- Věk (roky) – data spojitá
- Váha (kg) – data spojitá
- Výška (cm) – data spojitá
- Lokace (město, kraj, oblast) – data nominální
- Délka pravé nohy (cm) – data spojitá
- Šířka pravé nohy (cm) – data spojitá
- Délka levé nohy (cm) – data spojitá
- Šířka levé nohy (cm) – data spojitá
- Průměrná délka levé a pravé nohy (cm) – data spojitá
- Průměrná šířka levé a pravé nohy (cm) – data spojitá

Soubor obsahuje 767 záznamů dotazovaných osob.

Tab. 1 Minimální a maximální hodnoty parametrů

	ID (-)	Věk (roky)	Hmotnost (kg)	Výška (cm)	Délka P (cm)	Šířka P (cm)	Délka L (cm)	Šířka L (cm)
Min	1	2	6	11	13	5,8	12,6	5,7
Max	900	75	125	198	31	13,3	30,9	11,6

V tabulce výše jsou zobrazeny minimální a maximální hodnoty jednotlivých parametrů. Minimální a maximální hodnotu nelze zobrazit u dat nominálních, proto jsou v tabulce pouze data spojitá.

Do parametru pohlaví bylo vyplněno muž, žena nebo nevyplněno nic.

Vyhodnocování dat bylo provedeno v programu MINITAB.

Pro tuto diplomovou práci jsem vyřadil hodnoty lokace, průměrné délky a průměrné šířky nohou. Průměrná délka nebo šířka obou chodidel není potřebná pro další zpracování, lze ji kdykoliv vypočítat. Důvod vyřazení lokace je uveden v kapitole 7.2.6.

7.2 Kontrola dat

Pro následné zpracování a vyhodnocení dat bylo nutné provést jejich kontrolu. Toto bylo nutné z důvodu možného výskytu chyby v datech – hrubé chyby.

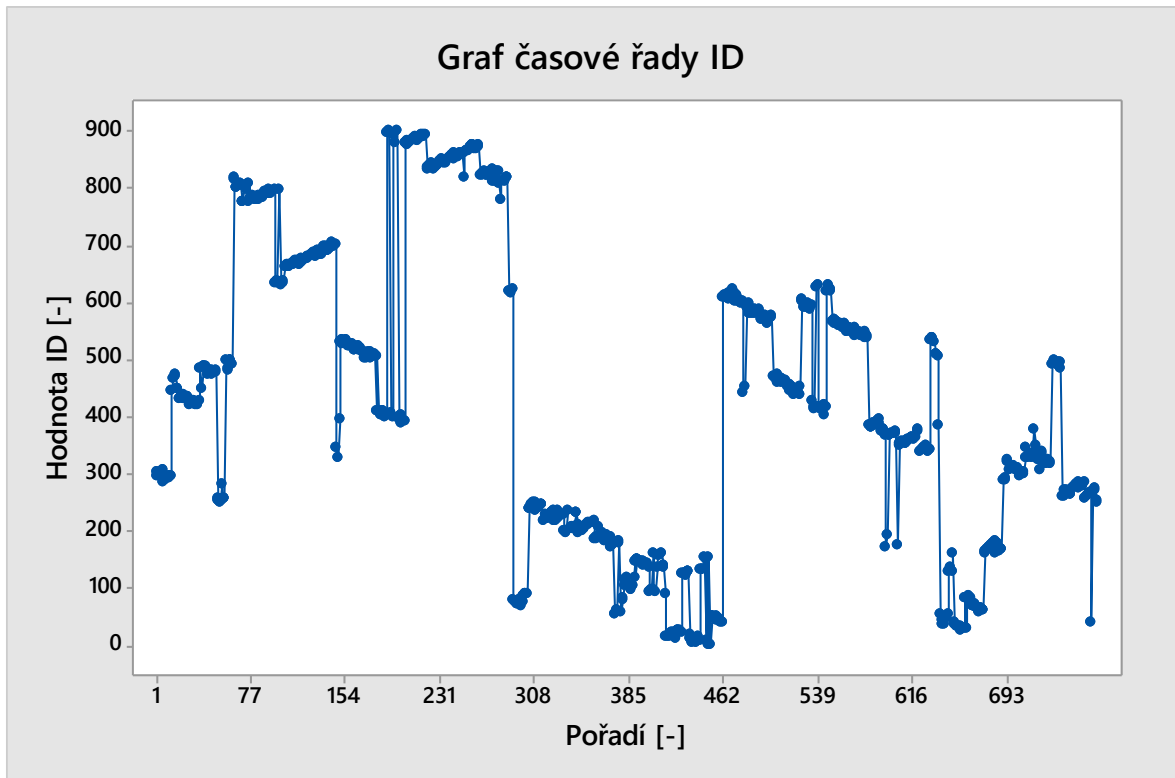
Nejprve byly detekovány řádky, kde chyběla hodnota některého z parametrů, takové řádky nejsou vhodné k dalšímu zpracování dat, a proto musí být vymazány. Datový soubor byl takto zúžen z původních 767 řádků na 736 řádků.

7.2.1 ID

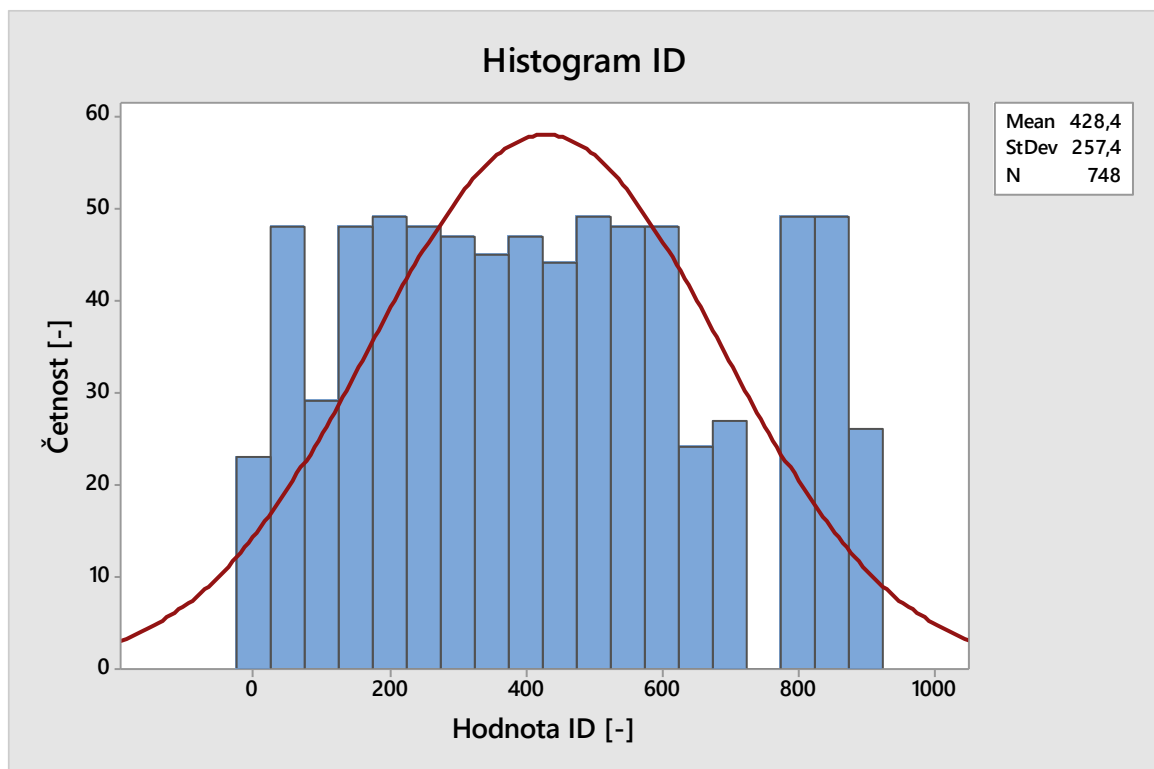
Hodnota ID jednoznačně identifikuje každý řádek a nabývá hodnot od 1 do 900. Několikrát nebyla hodnota ID vyplněna, konkrétně 19x. Vzhledem k tomu, že celkový počet hodnot byl pouze 767, a nevíme, jakou formou dotazník vznikal, můžeme jen spekulovat, kam se ztratily zbývající hodnoty z maximálních 900 hodnot. Jedna z variant je, že měření mohlo probíhat příliš dlouho, a tak měřený proband nevydržel a měření neproběhlo v kompletním rozsahu.

Z grafu časové řady lze rozpoznat, že hodnoty nejsou seřazené. Mohl tedy například probíhat náhodný výběr hodnot ID v rozmezí od 1 do 900. Této teorii oponuje histogram, z kterého je patrné, že hodnoty v přibližném rozmezí od 750 do 800 kompletně chybí. Toto snižuje pravdivost náhodného výběru.

Pro další zpracování dat nemají hodnoty ID zásadní vliv, lze místo nich použít například číslo řádku, hodnoty byly ponechány pouze pro orientační účely.



Obr. 23 Graf časové řady ID

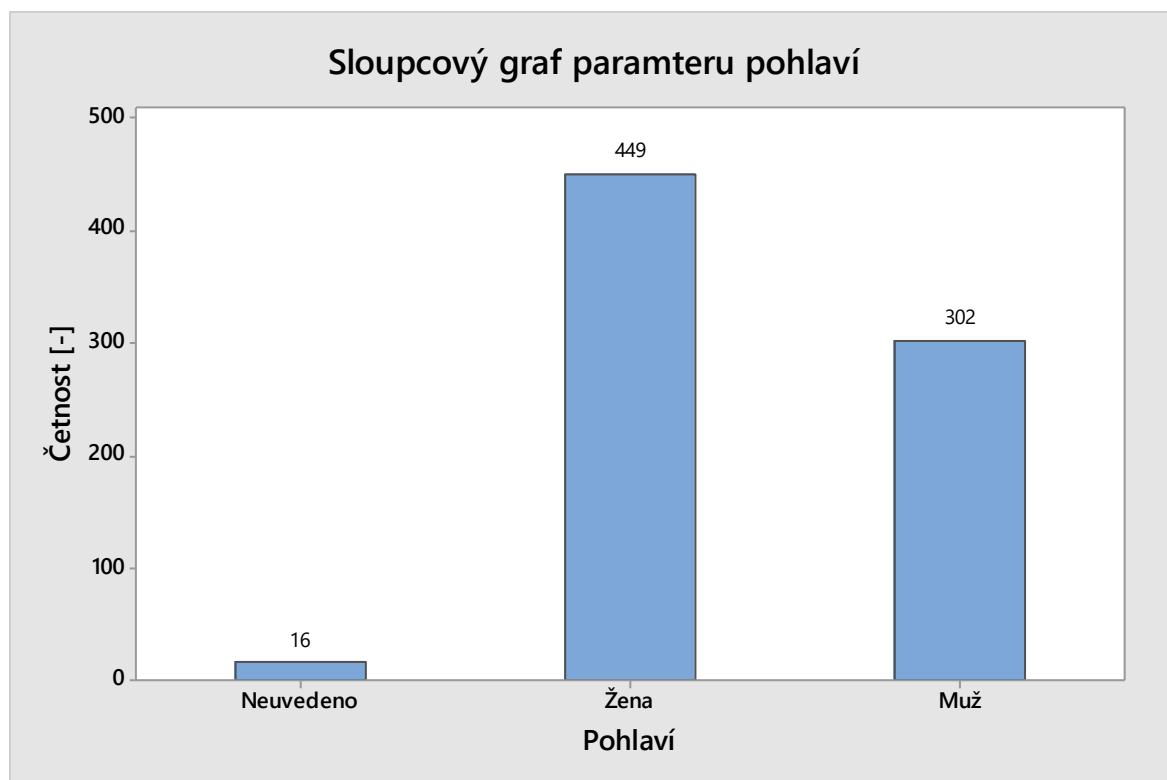


Obr. 24 Histogram ID

7.2.2 Pohlaví

Parametr pohlaví řadíme mezi data nominální. Tato data jsou charakteristická svou nesetřiditelností – nelze je setřídít. Nelze nadřazovat jednu hodnotu nad druhou. Všechny hodnoty mají stejnou váhu důležitosti.

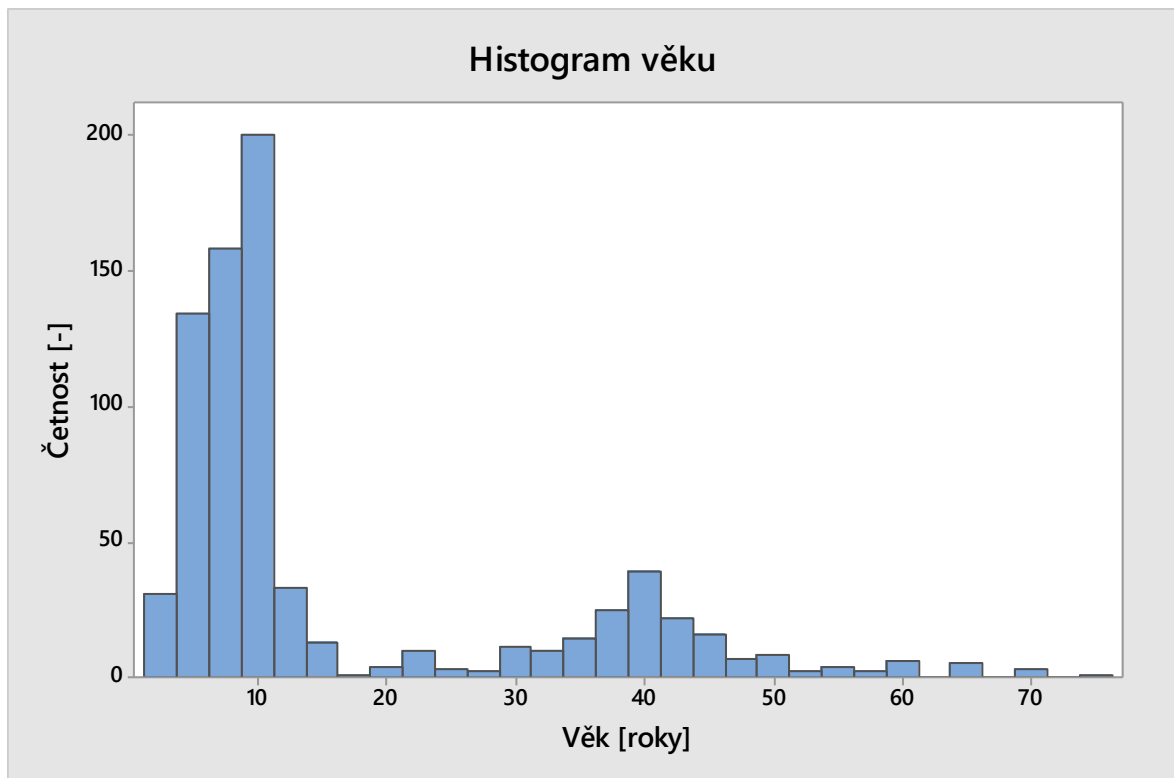
Byl vytvořen sloupcový graf pohlaví. Z grafu je patrné, že byly zadávány hodnoty žena, muž a 16x nebyl tento parametr vyplněn. Důvody pro nevyplnění mohly být různé, ale pro další zpracování dat nejsou tyto nevyplněné řádky vhodné, neboť neznáme důvod absence dat, mohlo se jednat například o překlep, proto byly tyto nevyplněné řádky vyloučeny.



Obr. 25 Graf pohlaví

7.2.3 Věk

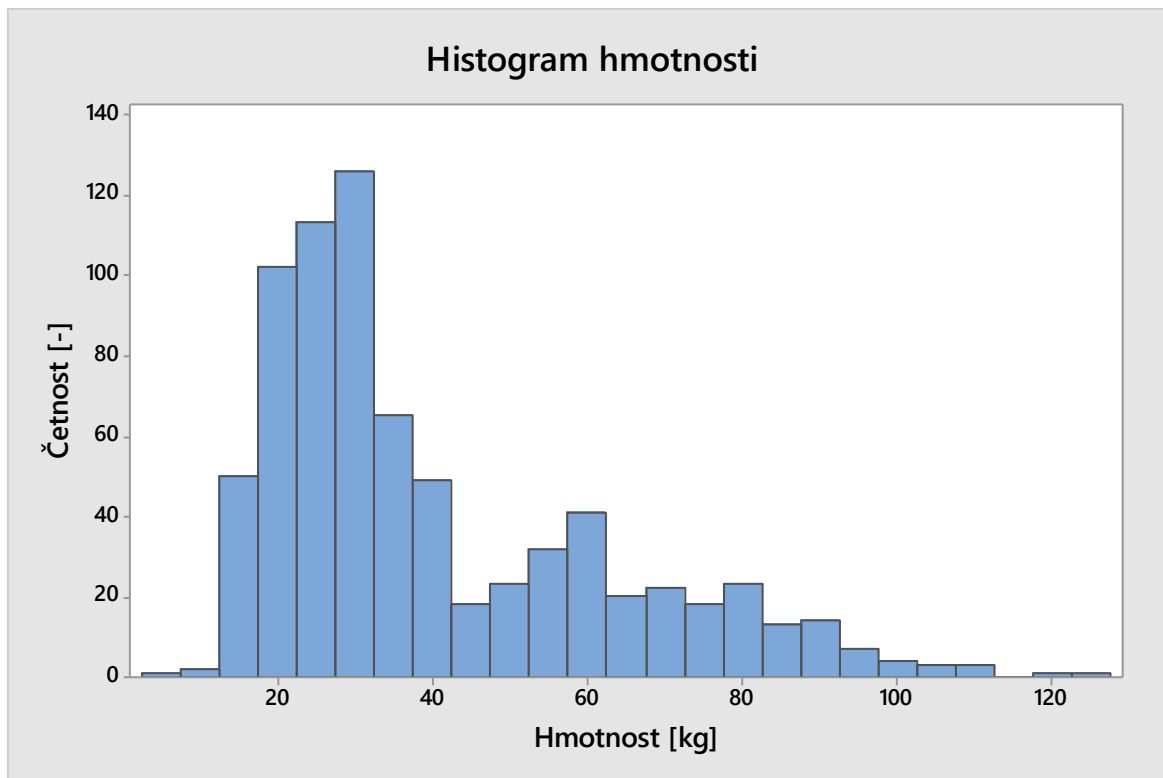
Minimální uvedený věk jsou 2 roky a maximální 75 let. Z histogramu zobrazeného níže je patrné, že se měření účastnily nejčastěji osoby ve věku 10 let. Věkový rozptyl je hodně velký a různorodý, a proto se rozdělení dle věku budeme věnovat v jedné z dalších kapitol této práce.



Obr. 26 Histogram věku

7.2.4 Hmotnost

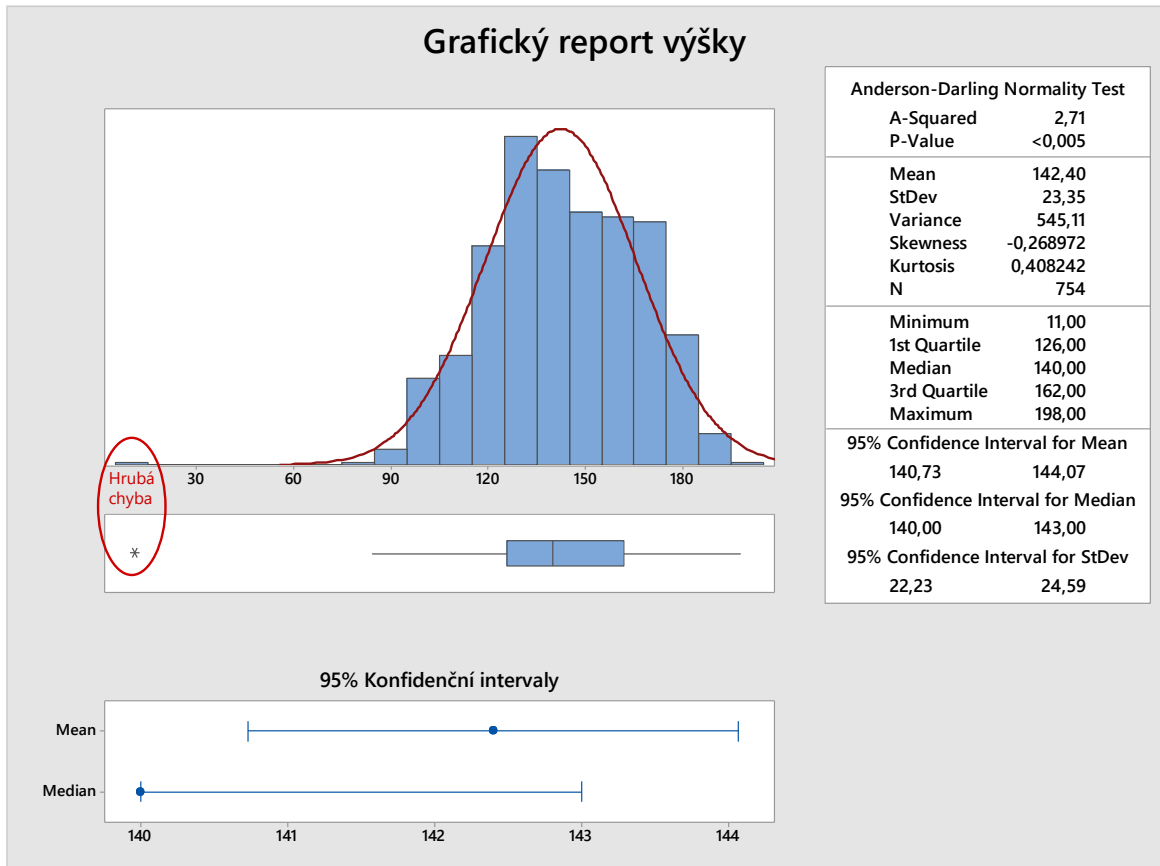
Minimální hmotnost je 6 kg a maximální 125 kg. Všechny tyto hodnoty jsou reálné, proto nebyla žádná vyloučena. V histogramu zobrazeném níže vidíme opět velký rozptyl. Nejvyšší četnost je 32 kg, což odpovídá věku 10 let. Tímto se potvrdila správnost měření u nejčtenějších probandů, tedy 10 let starých a průměrně vážících 32 kg.



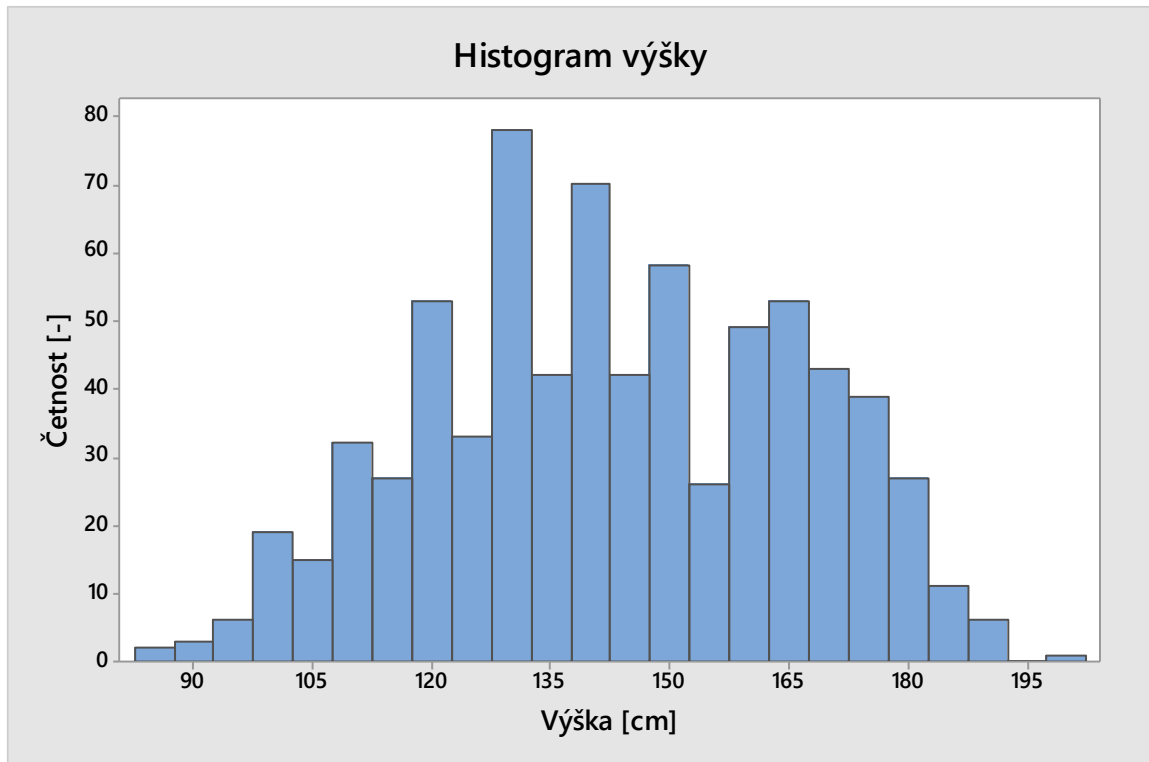
Obr. 27 Histogram hmotnosti

7.2.5 Výška

Minimální uvedená výška je 11 cm a maximální 198 cm. Výšku 11 cm nemá ani novorozeně, tato hodnota byla velmi podezřelá, proto jsem si zobrazil řádek a podíval se na další údaje o probandovi. Proband věku 5 let váží 20 kg a uvedená výška je 11 cm. Tato výška je považována za hrubou chybu, a proto byl daný řádek vymazán. Následně byl vypočítán nový histogram. Hodnoty po přepočtu už se zdají reálné. Testy na ověření dat budou provedeny v dalších částech této práce.



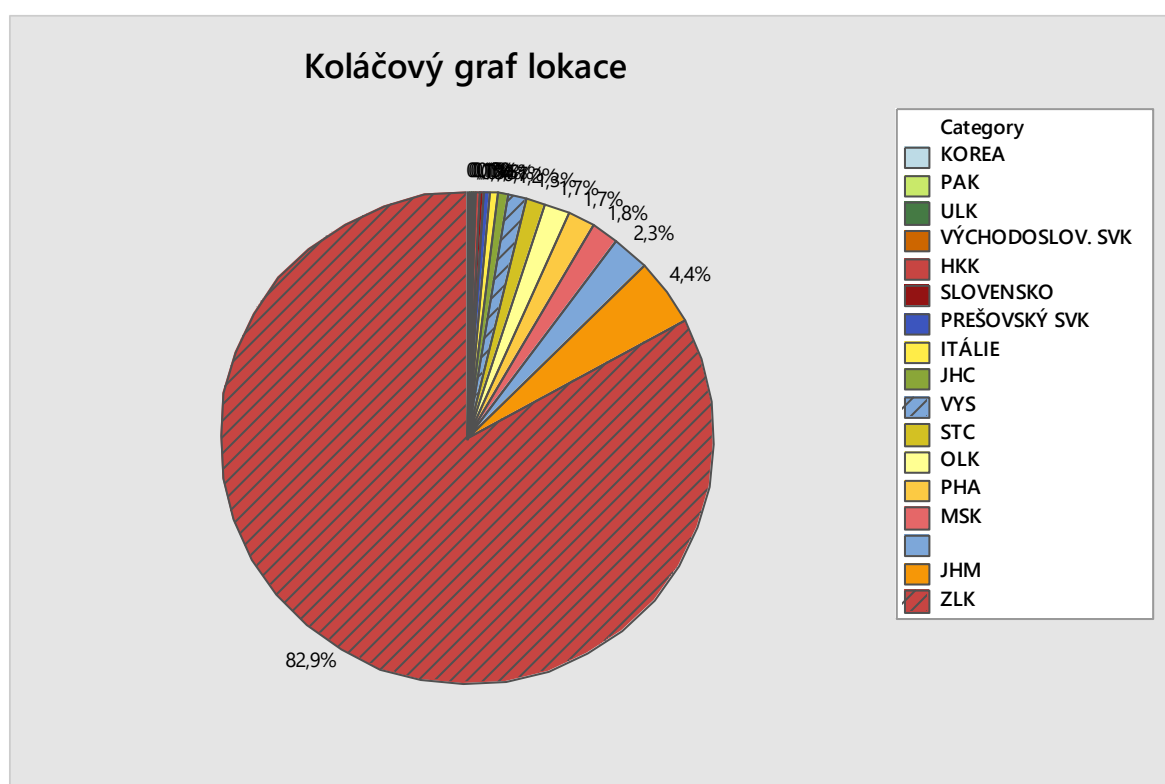
Obr. 28 Grafický report pro výšku obsahující hrubou chybu



Obr. 29 Nový histogram výšky

7.2.6 Lokace

Parametr Lokace patří mezi data nominální, nelze tedy setřídít. V koláčovém grafu níže vidíme uvedenou lokaci měřených probandů. Z grafu lze vyčíst, že většina měřených osob, konkrétně 82,9 % uvedlo jako svou lokaci Zlínský kraj. Pro parametr lokace není specifikováno, zda se jedná o trvalé bydliště nebo například původ probanda. Parametr lokace nebyl přesně specifikován, není směrodatný ke způsobu zpracování zbylých dat v této diplomové práci, a proto v ní není zahrnut.



Obr. 30 Koláčový graf lokace

7.2.7 Délka pravé nohy

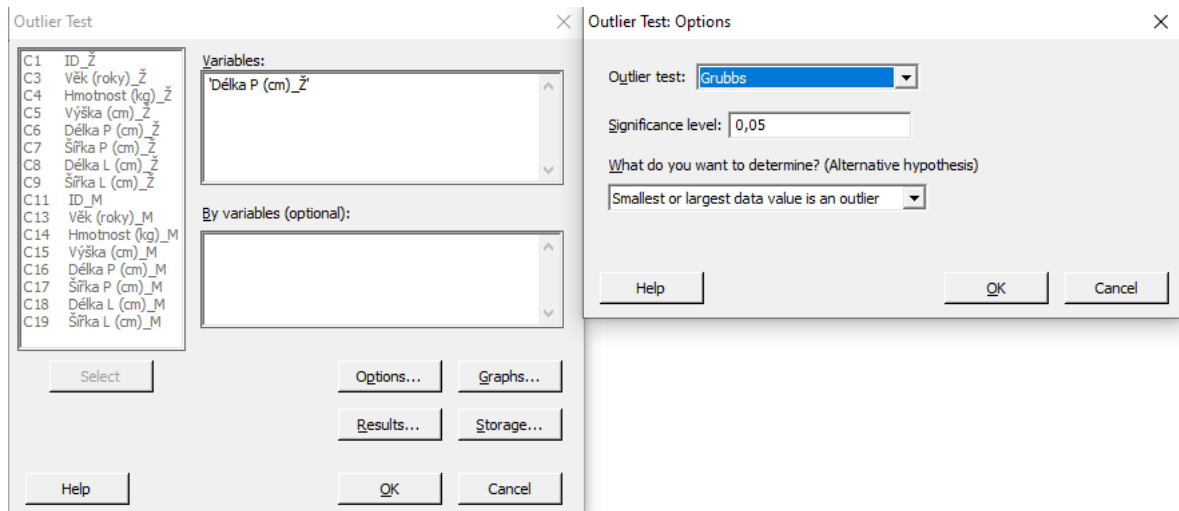
Z krabicového grafu zobrazeného níže lze vyčíst absenci odlehlých hodnot u mužů, zatímco u žen se jeví odlehlých více hodnot. Byl proveden Grubbsův test odlehlých hodnot s těmito parametry

H₀: Všechna data pochází ze stejného normálního rozdělení

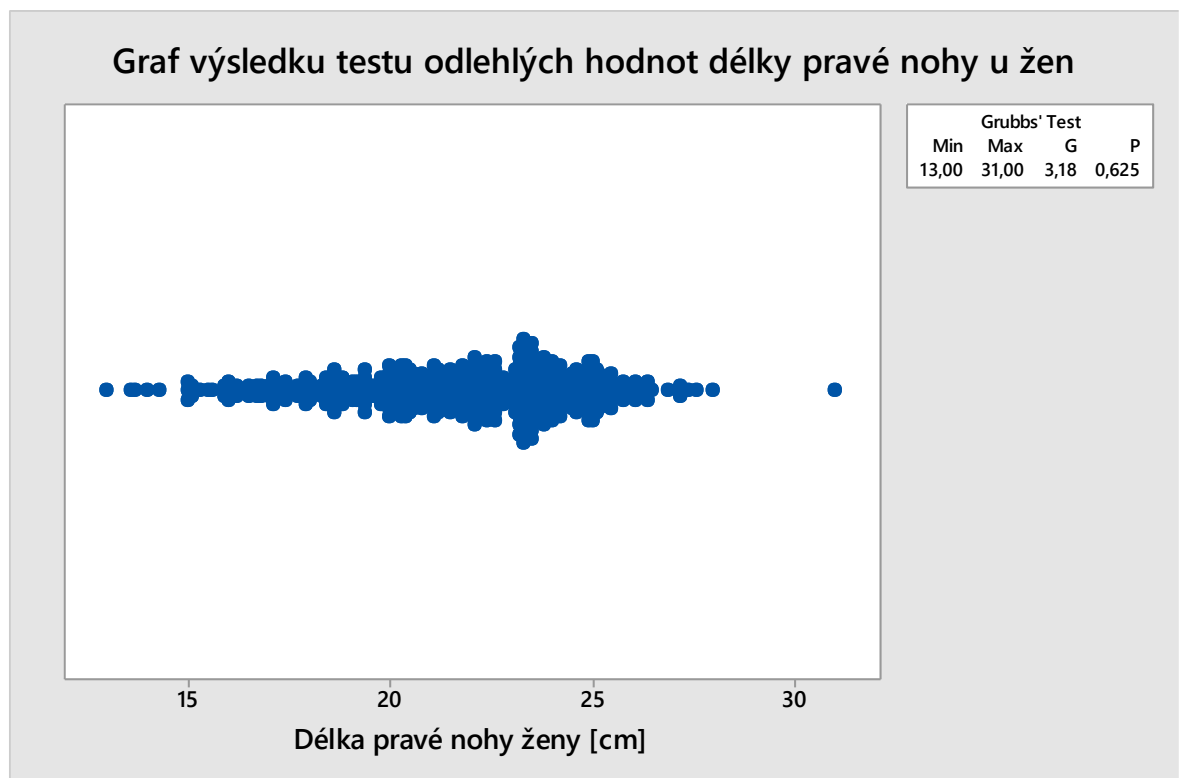
H_a: Největší nebo nejmenší hodnota je odlehlá (outlier)

$\alpha = 0,05$

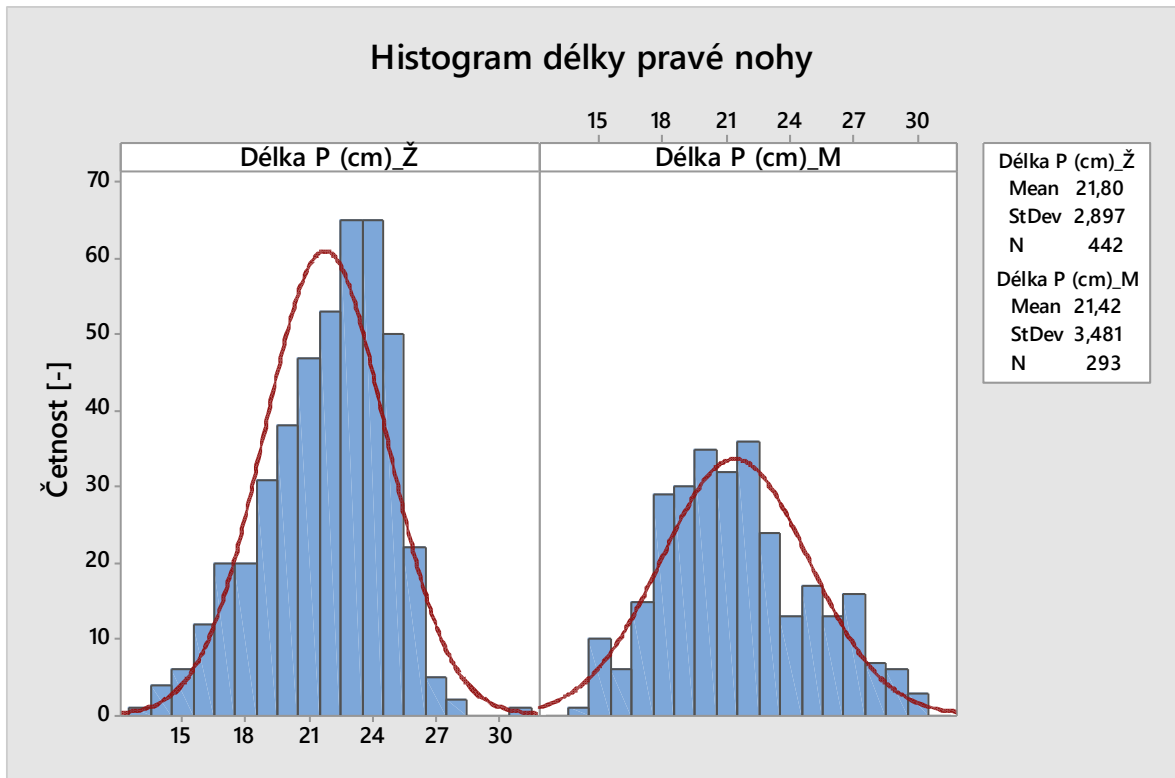
Výsledek: $P = 0,625 > \alpha = 0,05$. Nezamítám nulovou hypotézu. S pravděpodobností 95% se nejedná o odlehlou hodnotu a všechna data tedy pocházejí ze stejného normálního rozdělení.



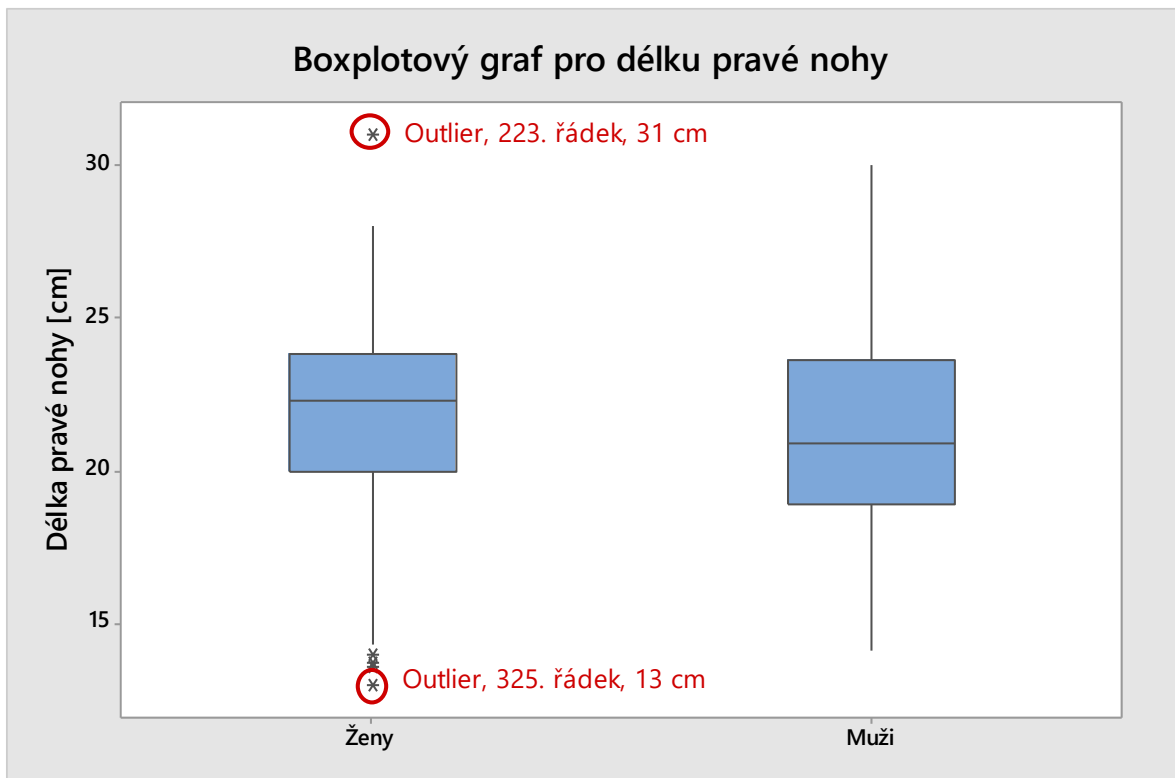
Obr. 31 Grubbsův test odlehlých hodnot pro délku pravé nohy u žen



Obr. 32 Výsledek Grubbsova testu odlehlých hodnot pro délku pravé nohy u žen



Obr. 33 Histogram délky pravé nohy



Obr. 34 Boxplotový graf pro délku pravé nohy

Tab. 2 Možné odlehlé hodnoty délky pravé nohy u žen

	Věk (roky)	Hmotnost (kg)	Výška (cm)	Délka P (cm)	Šířka P (cm)	Délka L (cm)	Šířka L (cm)
223. řádek	41	58	174	31	9,5	30,9	9,4
325. řádek	3	15	90	13	9,5	13	5,7

V tab. 2 jsou znázorněné hodnoty, které mohou být odlehlými měřeními. Žena ve věku 41 let, výšky 174 cm a o hmotnosti 58 kg má délku nohou téměř 31 cm. Toto je velmi nepravděpodobné, ale i přesto data nemůžu vyřadit, protože se jedná pouze o chybu náhodnou.

7.2.8 Šířka pravé nohy

Krabicový graf šířky pravé nohy zobrazuje více odlehlých hodnot, proto byl proveden Grubbsův test odlehlých hodnot s následujícím postupem:

Muži:

Grubbsův test odlehlých hodnot pro řádek č. 247

H₀: Všechna data pocházejí z normálního rozdělení

H_a: Nejvyšší hodnota je odlehlá

$$\alpha = 0,05$$

Výsledek: $P = 0,004 < \alpha = 0,05$. Zamítnuta nulová hypotéza ve prospěch hypotézy alternativní s pravděpodobností 95%. Jedná se o odlehlou hodnotu a měření bylo vymazáno.

Ženy:

H₀: Všechna data pocházejí z normálního rozdělení

H_a: Nejvyšší nebo nejnižší hodnota je odlehlá

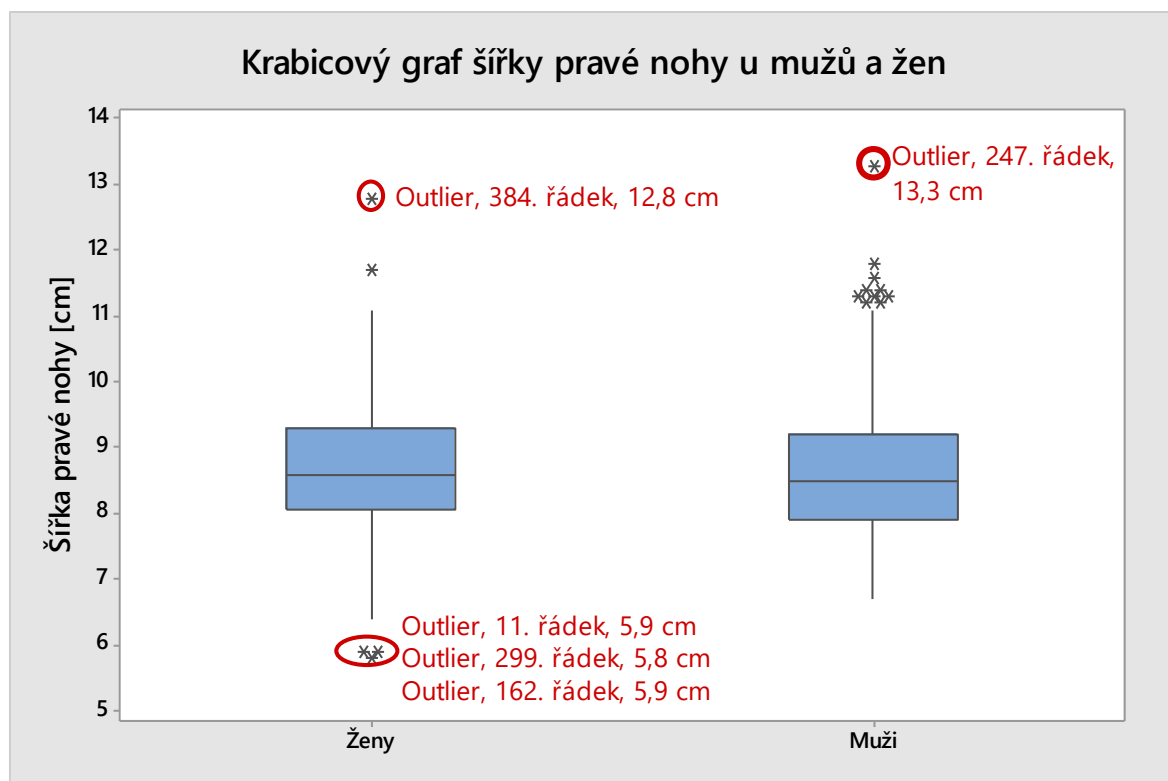
$$\alpha = 0,05$$

Výsledek: $P = 0,001 < \alpha = 0,05$. Zamítnuta nulová hypotéza ve prospěch hypotézy alternativní s pravděpodobností 95%. Hodnota 12,8 cm na řádce č. 384 je odlehlá a byla vyloučena.

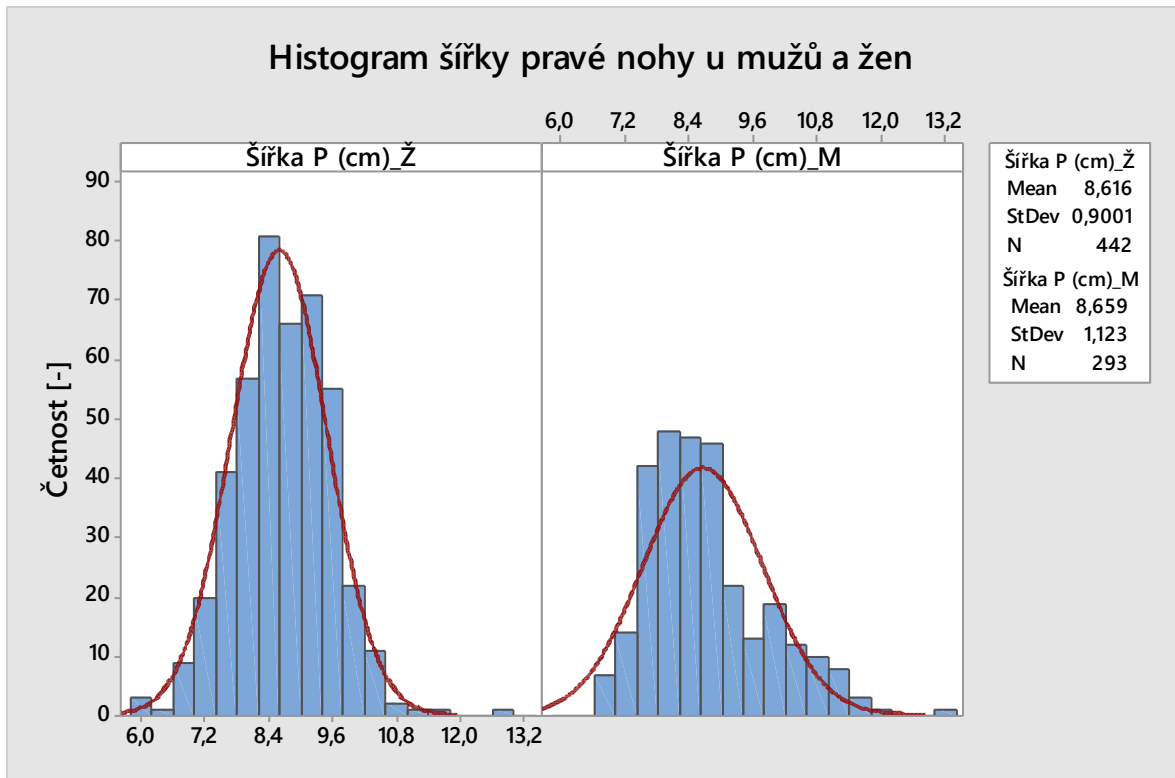
Test byl po odstranění 384. řádku proveden znovu s výsledkem $P = 0,174 > \alpha = 0,05$. Nulová hypotéza tentokrát již nebyla zamítnuta a s pravděpodobností 95% pocházejí všechna data z normálního rozdělení. Žádná hodnota tentokrát nebyla vyloučena.

Tab. 3 Odlehlé hodnoty a stav po testu odlehlých hodnot

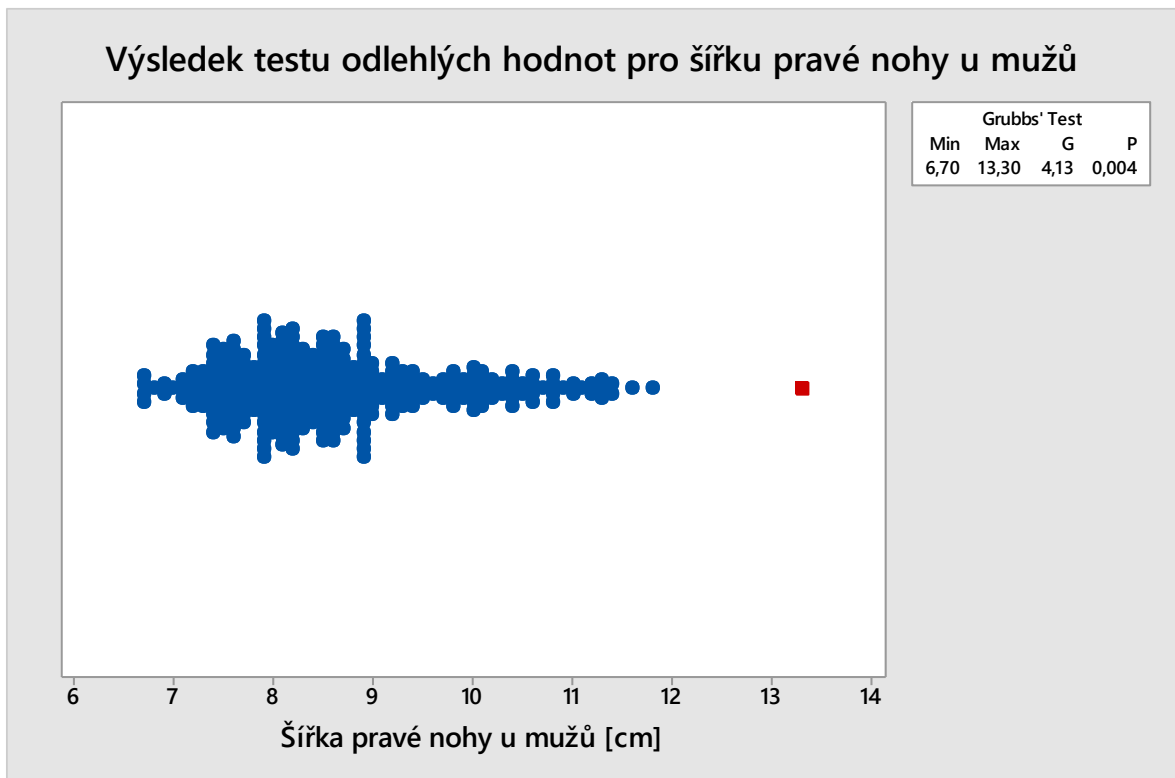
	Pohlaví	Věk (roky)	Hmotnost (kg)	Výška (cm)	Délka P (cm)	Šířka P (cm)	Délka L (cm)	Šířka L (cm)	Stav
247. řádek	M	43	101	191	30	13,3	29,6	10,8	Vyloučeno
384. řádek	Ž	50	70	162	28	12,8	24,5	8,6	Vyloučeno
299. řádek	Ž	4	13	99	19,2	5,8	15,4	6,6	Ponecháno



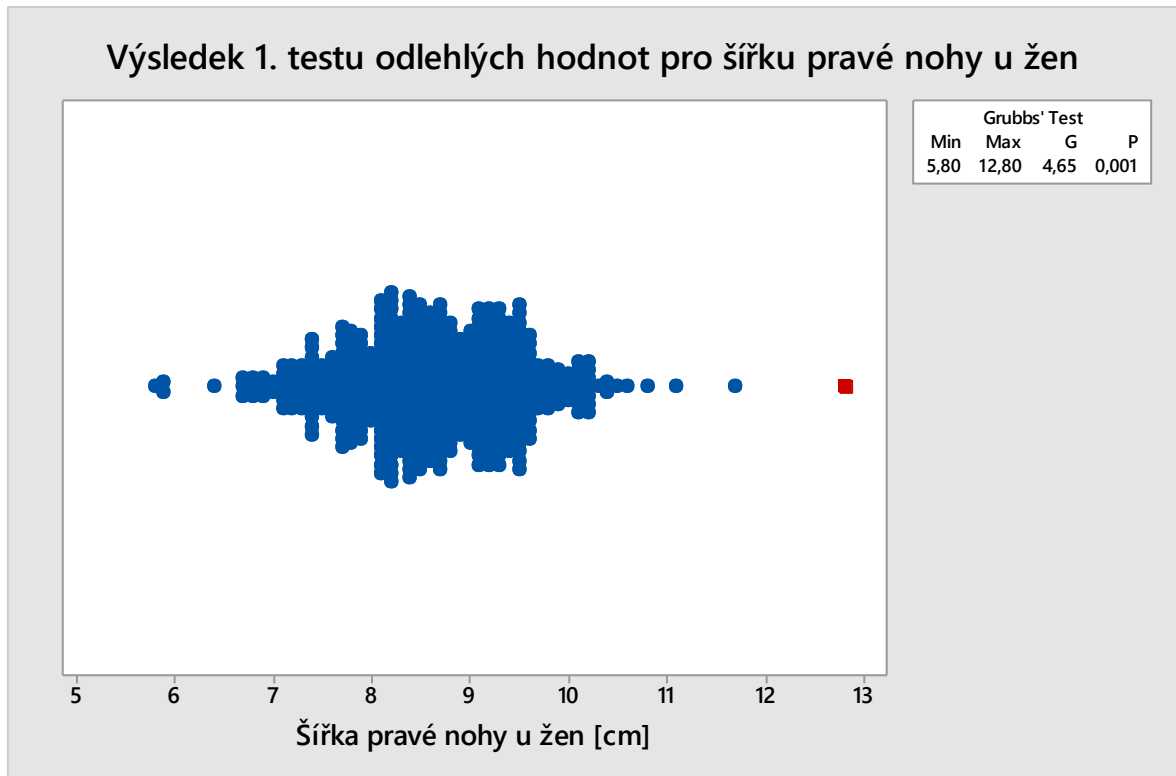
Obr. 35 Krabicový graf šířky pravé nohy u mužů a žen



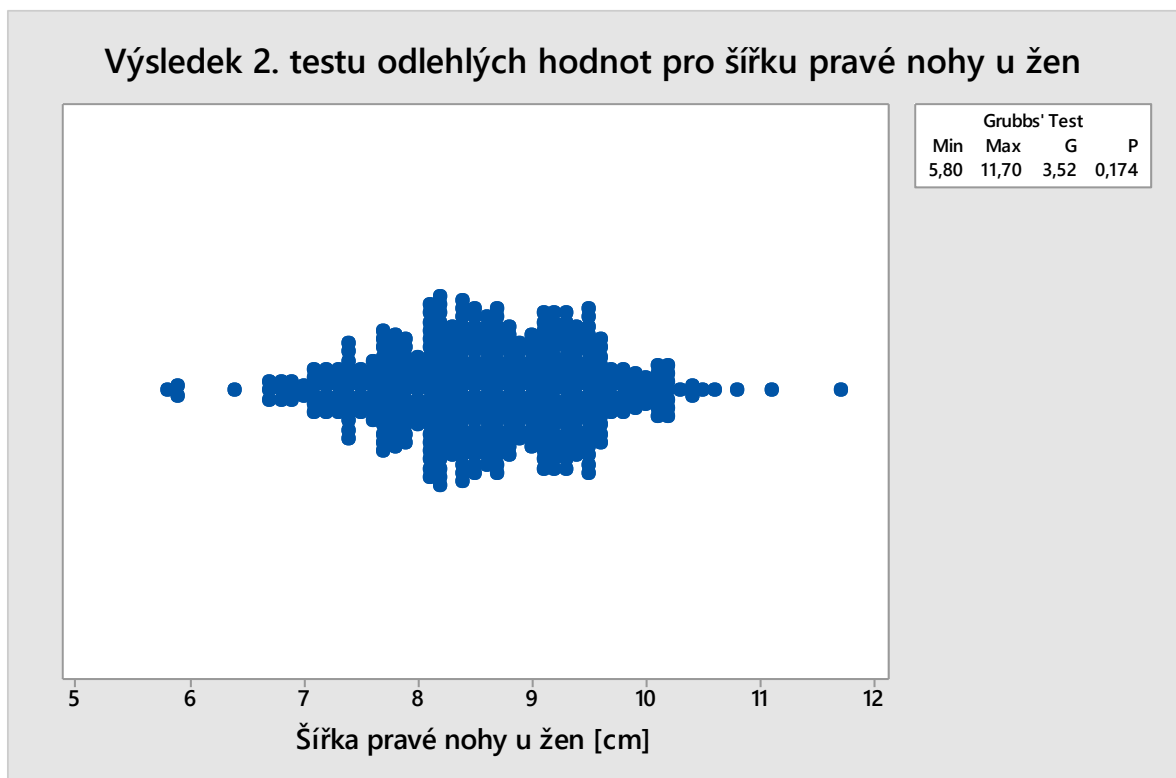
Obr. 36 Histogram šířky pravé nohy u mužů a žen



Obr. 37 Výsledek Grubbsova testu odlehlých hodnot pro šířku pravé nohy u mužů



Obr. 38 Výsledek 1. Grubbsova testu odlehlých hodnot pro šířku pravé nohy u žen



Obr. 39 Výsledek 2. Grubbsova testu odlehlých hodnot pro šířku pravé nohy u žen

7.2.9 Délka levé nohy

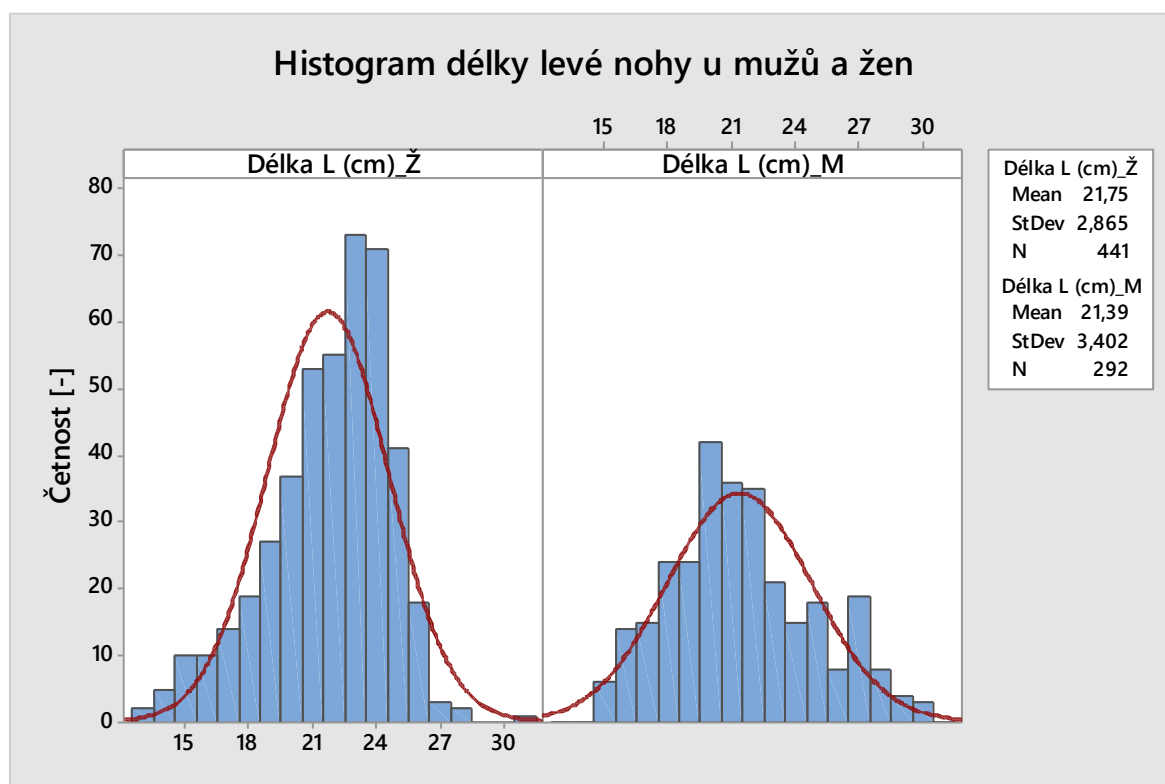
Histogram délky levé nohy u mužů a žen nevykazuje velké odchylky od normálního Gaussova rozdělení. Z krabicového grafu lze vyčíst dvě možné odlehlé hodnoty u délky levé nohy žen. Byl proveden Grubbsův test odlehlých hodnot s těmito parametry:

H₀: Všechna data pocházejí ze stejného normálního rozdělení

H_a: Největší nebo nejmenší hodnota je odlehlá (outlier)

$\alpha = 0,05$

Výsledek: $P = 0,588 > \alpha = 0,05$. Nezamítám nulovou hypotézu. S pravděpodobností 95% se nejedná o odlehlou hodnotu a všechna data tedy pocházejí ze stejného normálního rozdělení.



Obr. 40 Histogram délky levé nohy u mužů a žen

7.2.10 Šířka levé nohy

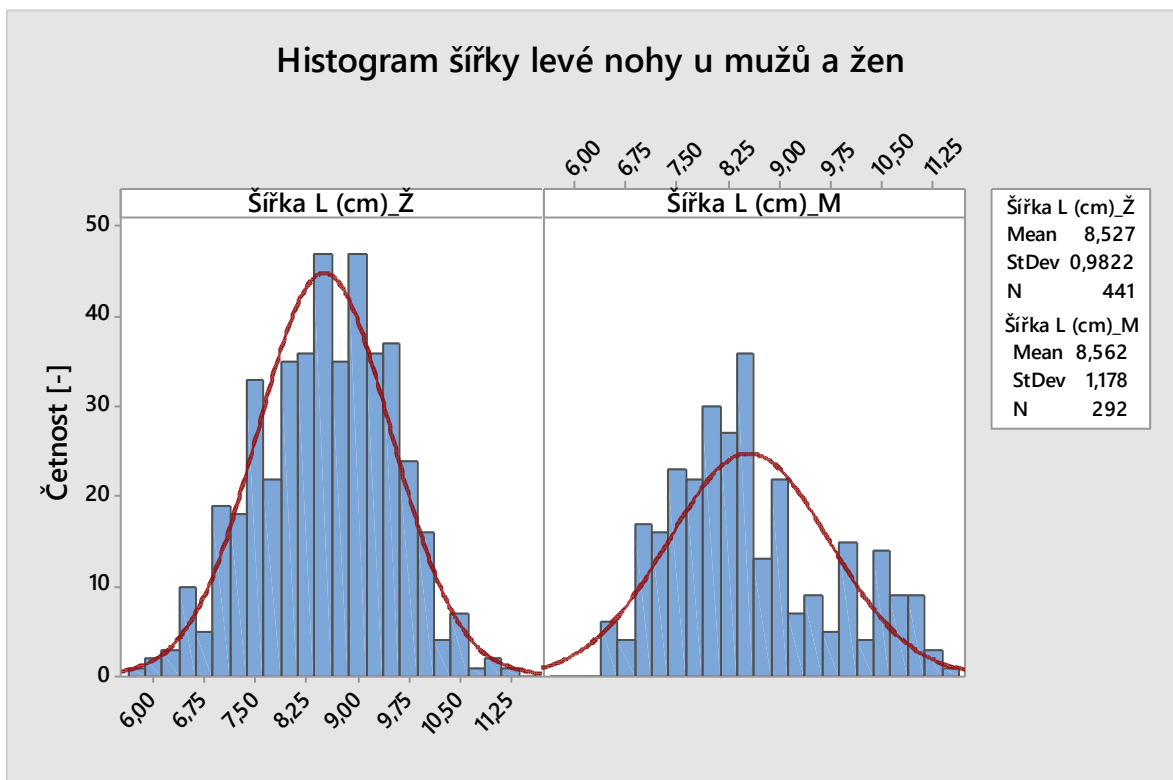
Histogram šířky levé nohy nevykazuje odchylky od Gaussova normálního rozdělení. Z krabicového grafu lze vyčíst jednu odlehlou hodnotu, tato byla podrobena Grubbsovu testu odlehlých hodnot s následujícími parametry:

H₀: Všechna data pocházejí z normálního rozdělení

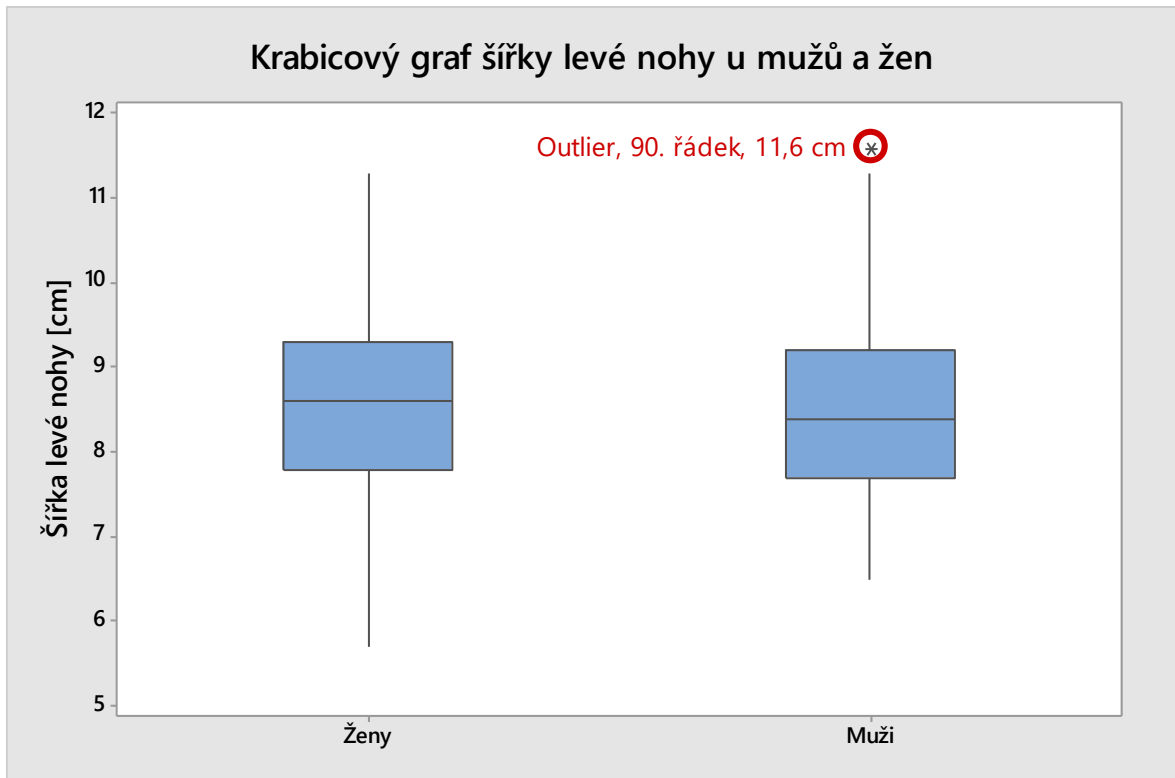
H_a: Nejvyšší hodnota je odlehlá

$\alpha = 0,05$

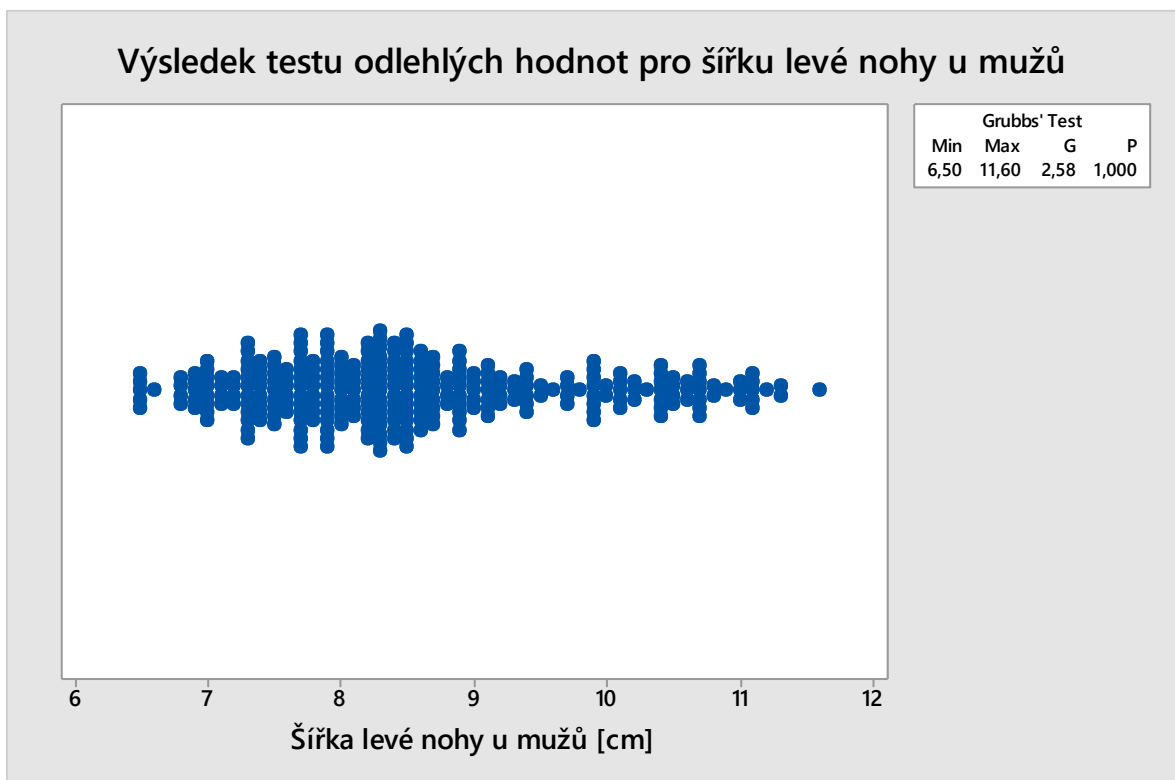
Výsledek: $P = 1 > \alpha = 0,05$. Nezamítám nulovou hypotézu. S pravděpodobností 95% se nejedná o odlehlou hodnotu a všechna data tedy pocházejí ze stejného normálního rozdělení.



Obr. 43 Histogram šířky levé nohy u mužů a žen



Obr. 44 Krabicový graf šířky levé nohy u mužů a žen

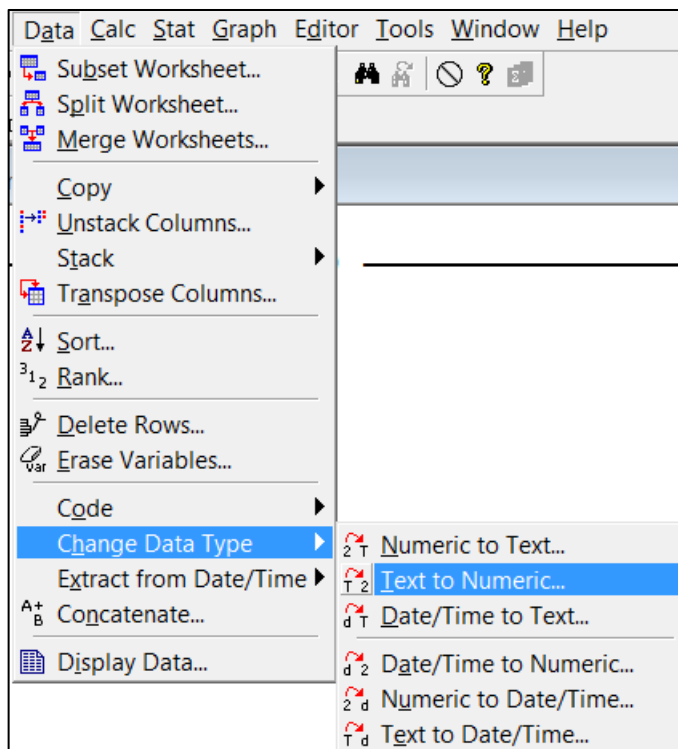


Obr. 45 Výsledek Grubbsova testu odlehlých hodnot pro šířku levé nohy u mužů

7.3 Transformace dat

Pro další zpracování bylo zapotřebí provést transformaci dat z typu text na typ numerický.

Toto bylo potřeba provést u dat, která obsahují číselnou hodnotu, tedy: ID, věk, váha, výška, délka pravé nohy, délka levé nohy, šířka pravé nohy, šířka levé nohy.

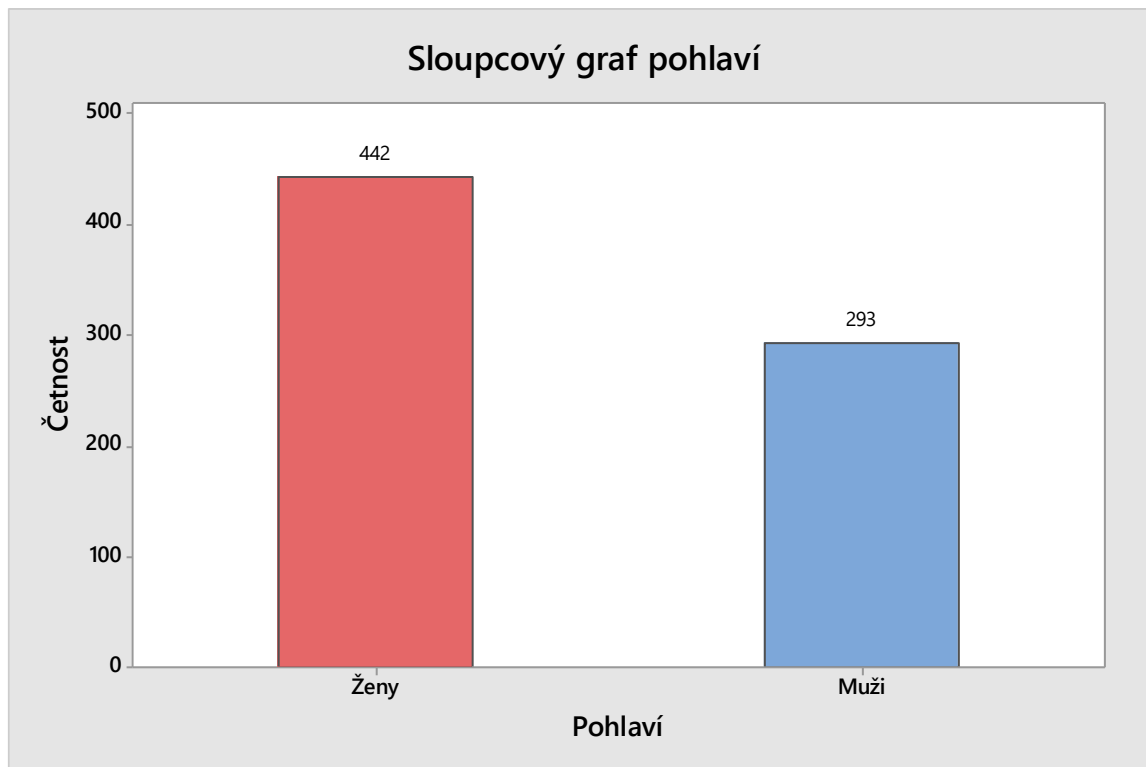


Obr. 46 Transformace dat

7.4 První filtrace dat

U naměřených dat se předpokládá náhodné uspořádání. Pro další práci byla provedena filtrace dat dle pohlaví. Data byla rozřazena do dvou pracovních souborů, zvlášť muži a zvlášť ženy.

Tato filtrace již byla provedena v kapitole 7.2 *Kontrola dat*, kde byl vždy znázorněn krabicový graf a histogram zvlášť pro muže a zvlášť pro ženy. Toto bylo provedeno z důvodu typu dat – nominálních.



Obr. 47 Graf četnosti jednotlivých pohlaví

7.5 Druhá filtrace dat

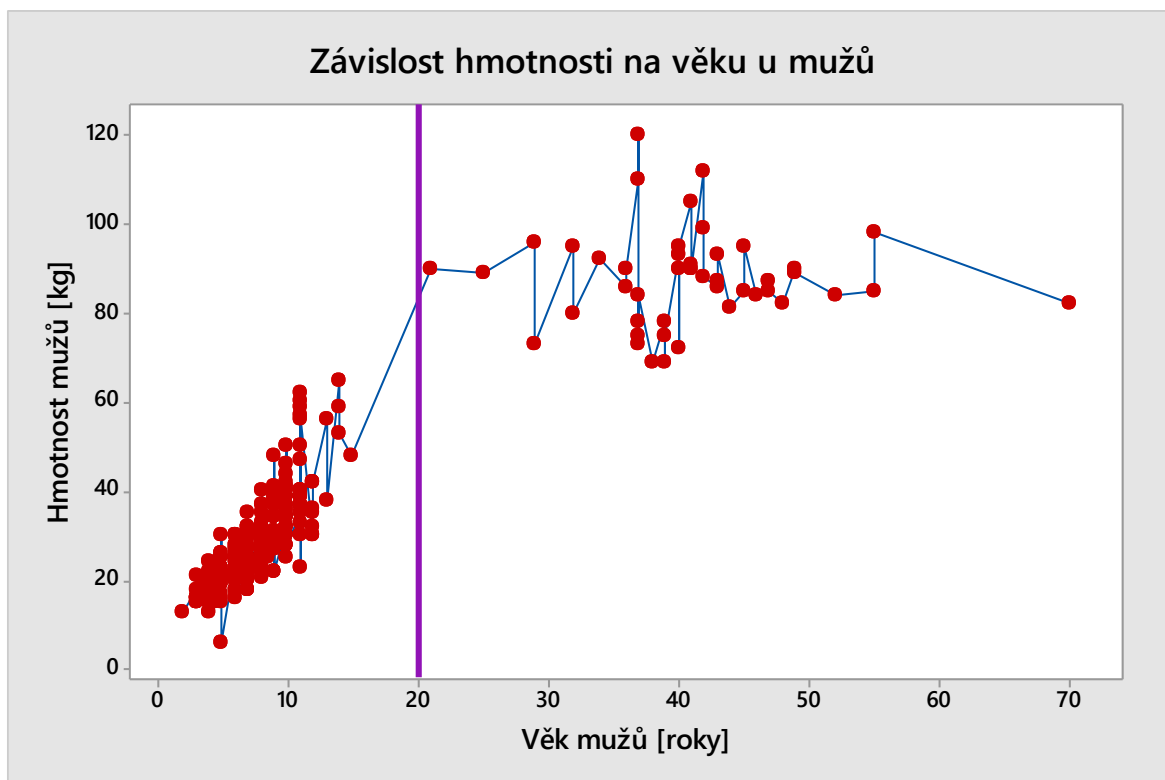
Druhou filtrací nazýváme filtraci dat dle věku, zvláště pro muže a zvláště pro ženy.

Datový soubor byl rozdělen dle věku na soubor do 20 let, kdy se lidské tělo ještě vyvíjí a roste, a na druhý soubor nad 20 let, kdy už je lidské tělo vyvinuté. Věk 20 let byl stanoven jako optimální hodnota, která rozděluje soubor.

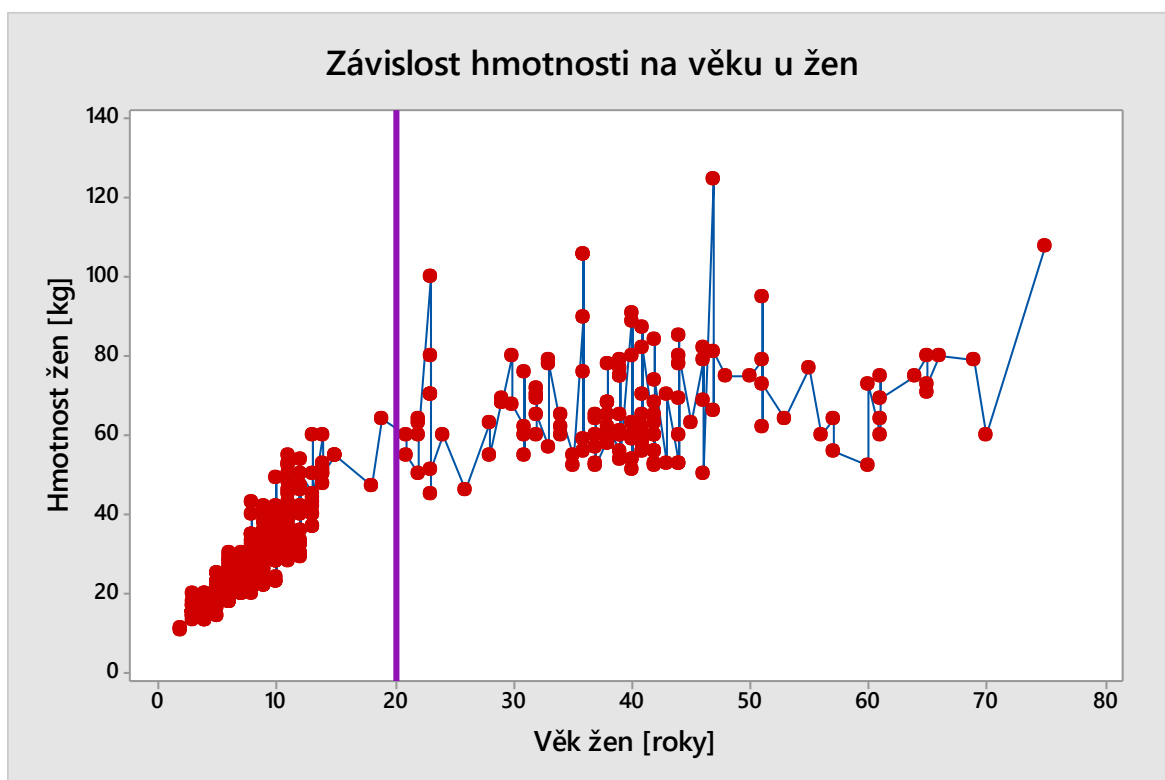
Níže jsou zobrazeny závislosti hmotnosti na věku u mužů a žen a závislosti výšky na věku u mužů a žen. Z grafů je patrné rozdělení dle věku do 20 let a nad 20 let. V první části do 20 let se jeví rostoucí závislost, kdy s rostoucím věkem roste hmotnost i výška. Druhá část grafu, tedy nad 20 let, se jeví jako konstantní.

Tab. 4 Počet osob a jejich údaje o věku dle rozdělení do 20 a nad 20 let

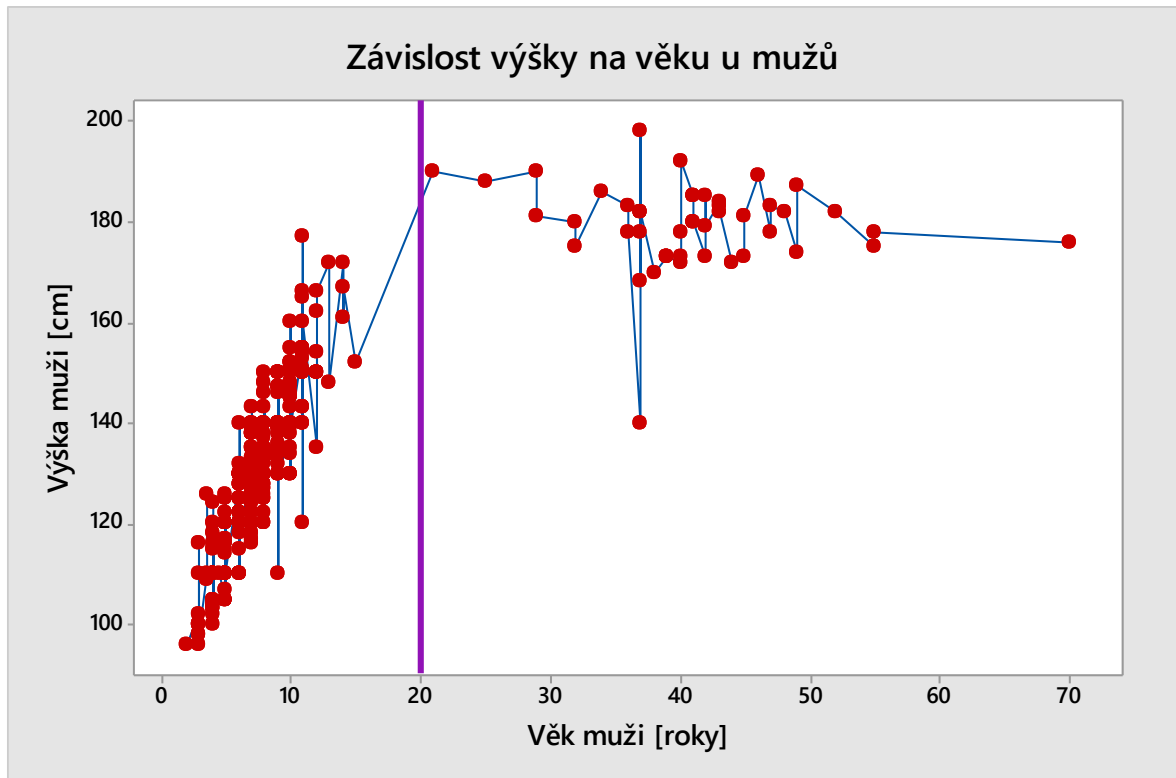
	Počet osob	Min. věk	Max. věk	Medián věku
Ženy do 20 let	296	2	19	9
Muži do 20 let	246	2	15	7
Ženy nad 20 let	144	21	75	39,5
Muži nad 20 let	46	21	70	40,5



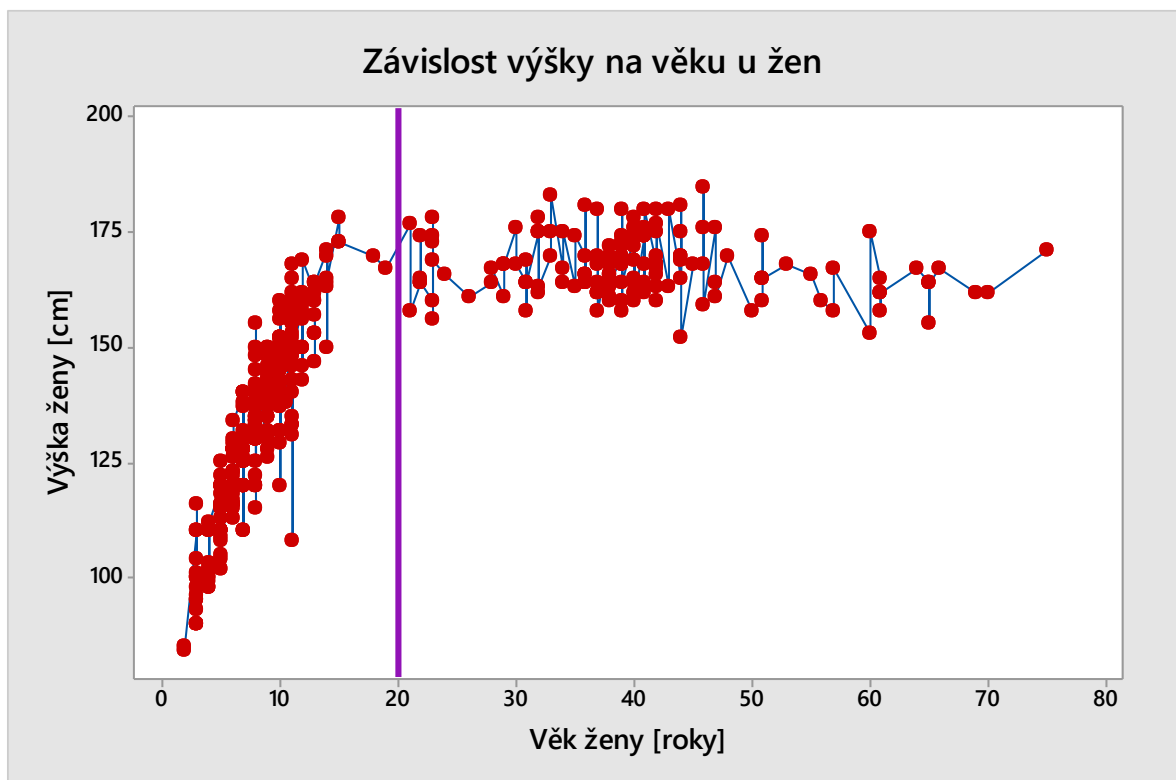
Obr. 48 Graf závislosti hmotnosti na věku u mužů



Obr. 49 Graf závislosti hmotnosti na věku u žen



Obr. 50 Graf závislosti výšky na věku u mužů



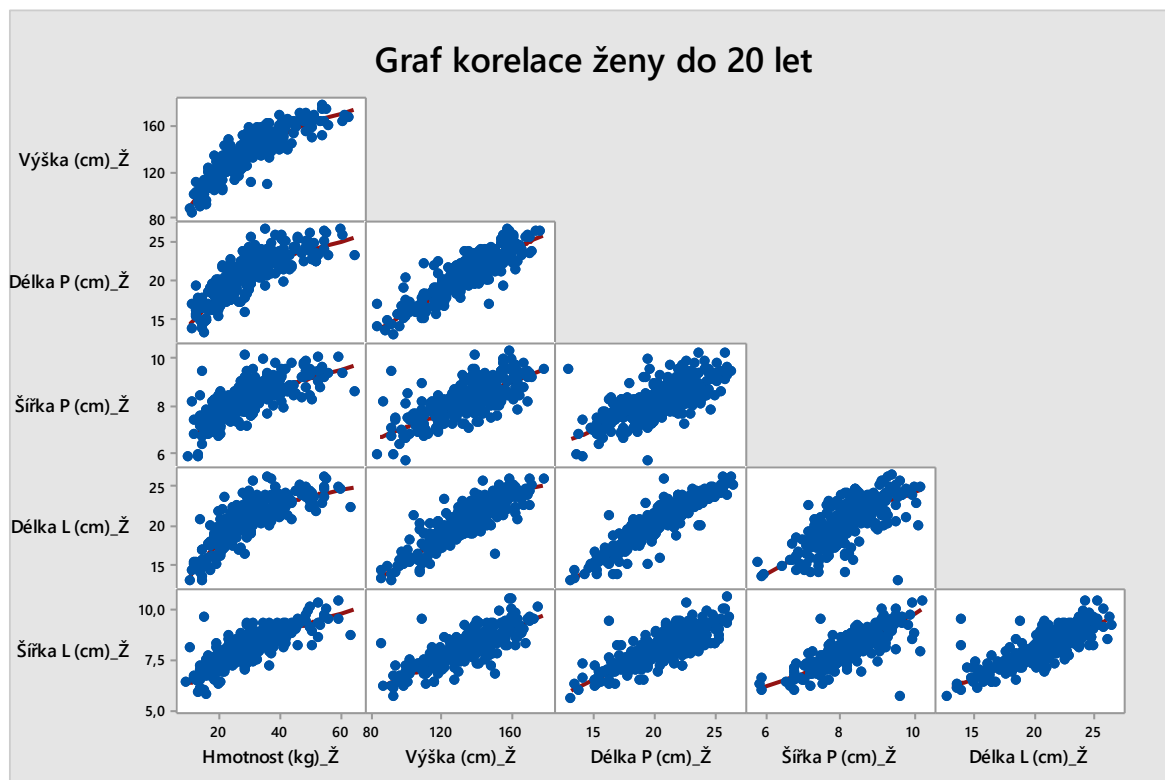
Obr. 51 Graf závislosti výšky na věku u žen

7.6 Ženy a muži do 20 let

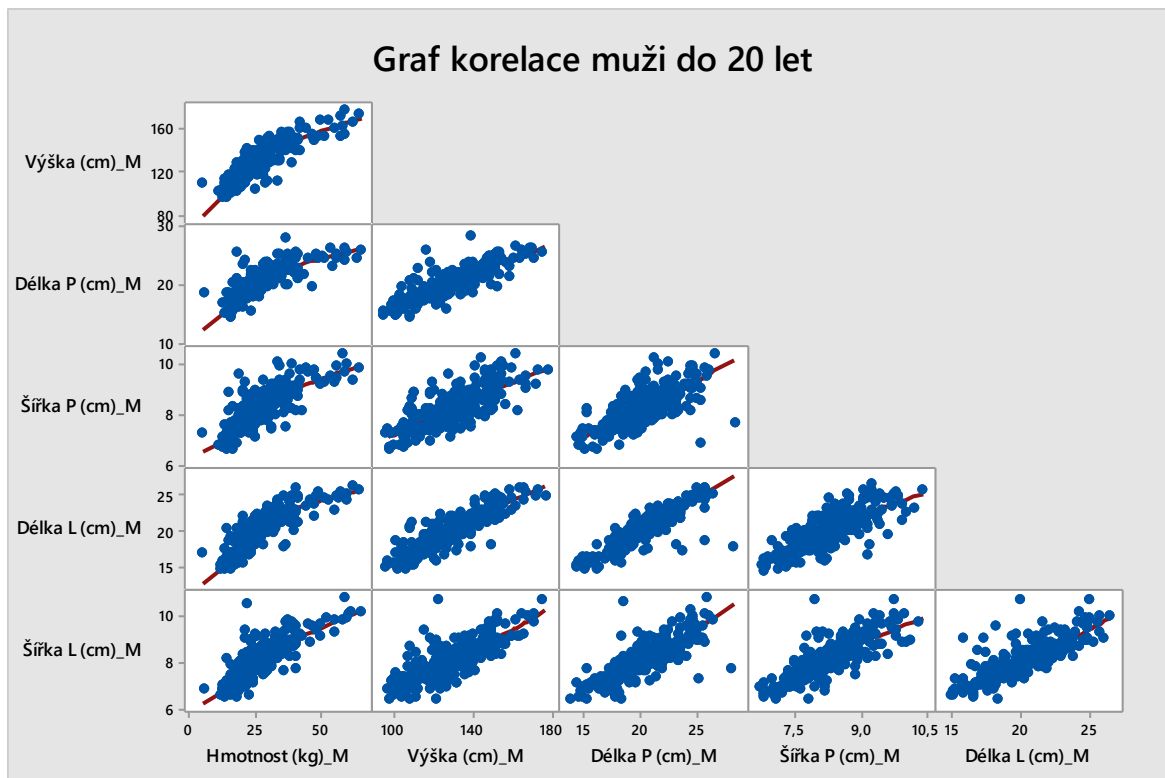
7.6.1 Korelace

Byly vyhotoveny grafy korelací mezi hmotností, délkou a šířkou pravé a levé nohy u mužů a žen. Při sestavování korelací byla u žen nalezena odlehlá hodnota. Tato hodnota byla podrobně prozkoumána a následně vyloučena. (šířka pravé nohy 11,1 cm ve věku 4 let je nesmysl, průměrná šířka nohy v tomto věku je přibližně 6,5 cm)

Z korelační matice a z korelačního grafu lze pozorovat **významné korelace** mezi jednotlivými parametry. Z toho vyplývá, že jednotlivé parametry jsou na sobě závislé statisticky významně. Nejvyšší hodnota korelace činí u žen 0,918 a u mužů 0,880.



Obr. 52 Grafy korelace hmotnosti, délky a šířky nohou u žen do 20 let



Obr. 53 Grafy korelace hmotnosti, délky a šířky nohou u mužů

Tab. 5 Korelační matice ženy do 20 let

	Hmotnost (kg) _Ž	Výška (cm) _Ž	Délka P (cm) _Ž	Šířka P (cm) _Ž	Délka L (cm) _Ž
Výška (cm) _Ž	0,870				
Délka P (cm) _Ž	0,797	0,867			
Šířka P (cm) _Ž	0,737	0,720	0,695		
Délka L (cm) _Ž	0,804	0,874	0,918	0,728	
Šířka L (cm) _Ž	0,813	0,804	0,814	0,813	0,809

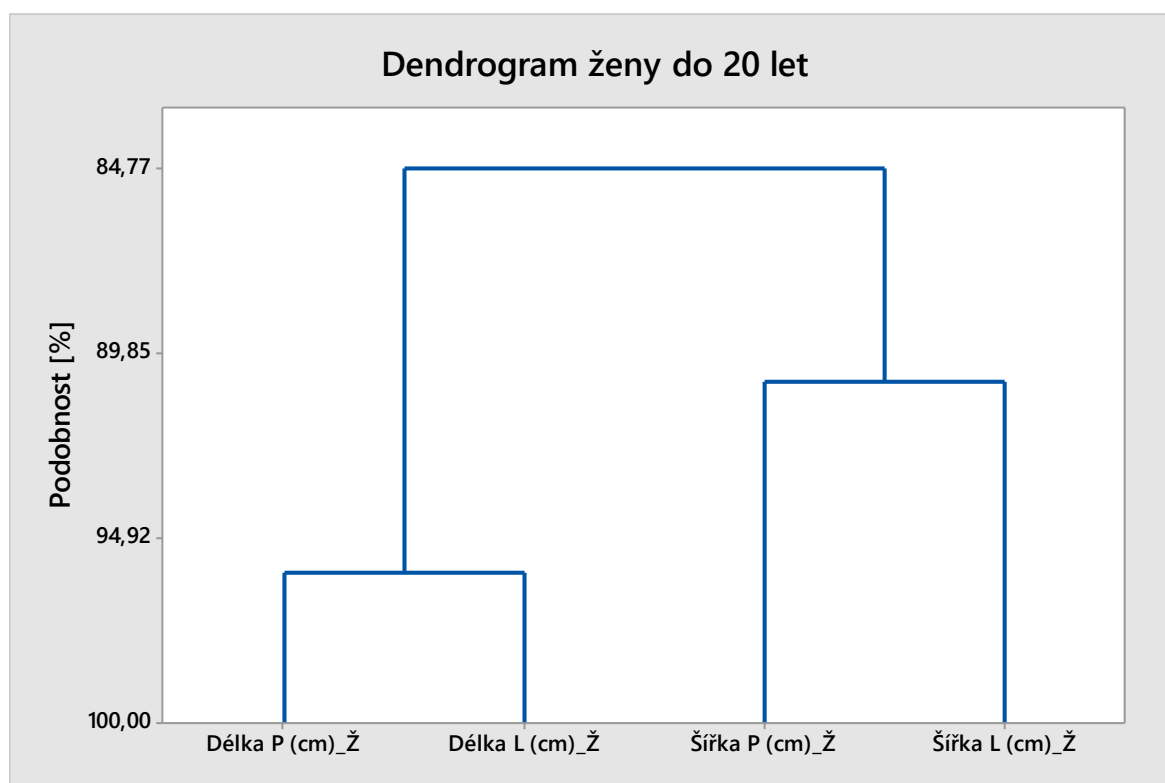
Tab. 6 Korelační matice muži do 20 let

	Hmotnost (kg) _M	Výška (cm) _M	Délka P (cm) _M	Šířka P (cm) _M	Délka L (cm) _M
Výška (cm) _M	0,864				
Délka P (cm) _M	0,793	0,829			
Šířka P (cm) _M	0,772	0,741	0,702		
Délka L (cm) _M	0,832	0,880	0,873	0,770	
Šířka L (cm) _M	0,801	0,779	0,780	0,812	0,800

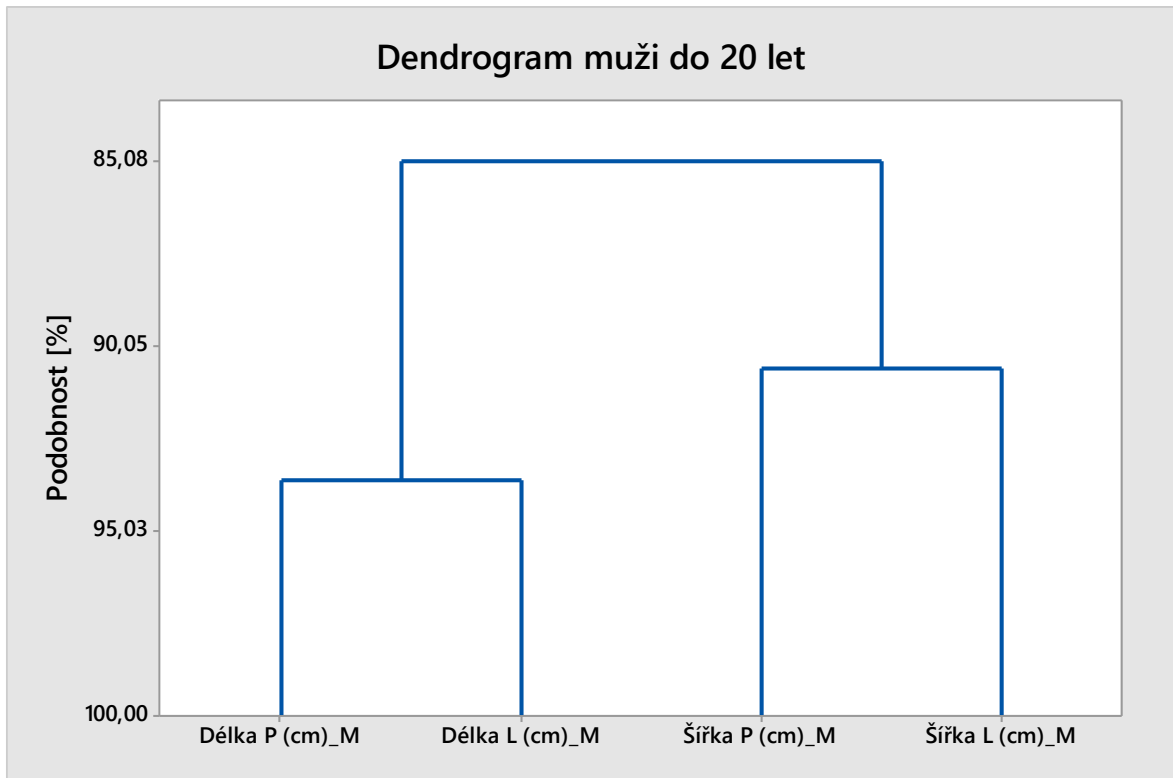
7.6.2 Shluková analýza

Byla provedena analýza shluků pro parametry délky a šířky pravé a levé nohy u mužů a žen. Ze zobrazeného dendrogramu lze vyčíst jednotlivé závislosti. U žen délka pravé nohy závisí s délkou levé nohy na 95,9%, šířka pravé nohy závisí s šířkou levé nohy na 90,6% a délky nohy se šířkou nohy spolu závisí na 84,8%. U mužů délka pravé nohy souvisí spolu s délkou levé nohy na 93,7 %, šířka pravé nohy souvisí spolu s šířkou levé na 90,6% a délkou souvisí spolu se šířkou na 85,1 %.

Lze tedy tvrdit, že významnější vztahy jsou délka levá -délka pravá a šířka levá – šířka pravá, nežli vztah délka - šířka.



Obr. 54 Analýza shluků ženy do 20 let



Obr. 55 Analýza shluků muži do 20 let

7.7 Ženy a muži nad 20 let

7.7.1 Korelace

Byly vyhotoveny grafy korelací mezi hmotností, délkou a šířkou pravé a levé nohy u mužů a žen, a také korelační matice.

Při sestavování korelací u mužů byly nalezeny odlehlé hodnoty. Tyto hodnoty byly podrobně prozkoumány.

1) výška 140 cm ve věku 37 let.

Byl proveden Grubbsův test odlehlých hodnot pro parametr výšky postavy.

H_0 : Všechna data pocházejí z normálního rozdělení

H_a : Nejvyšší nebo nejnižší hodnota je odlehlá

$\alpha = 0,05$

Výsledek: $P = 0,000 < \alpha = 0,05$. Byla zamítnuta nulová hypotéza ve prospěch hypotézy alternativní. S pravděpodobností 95% se jedná o odlehlou hodnotu, a proto byla tato odlehlá hodnota ze souboru vyloučena.

2) hmotnost 120 kg ve věku 37 let.

Byl proveden Grubbsův test odlehlých hodnot pro parametr hmotnosti.

H_0 : Všechna data pocházejí z normálního rozdělení

H_a : Nejvyšší nebo nejnižší hodnota je odlehlá

$\alpha = 0,05$

Výsledek: $P = 0,033 < \alpha = 0,05$. Byla zamítnuta nulová hypotéza ve prospěch hypotézy alternativní. S pravděpodobností 95% se jedná o odlehlou hodnotu, a proto byla tato odlehlá hodnota ze souboru vyloučena.

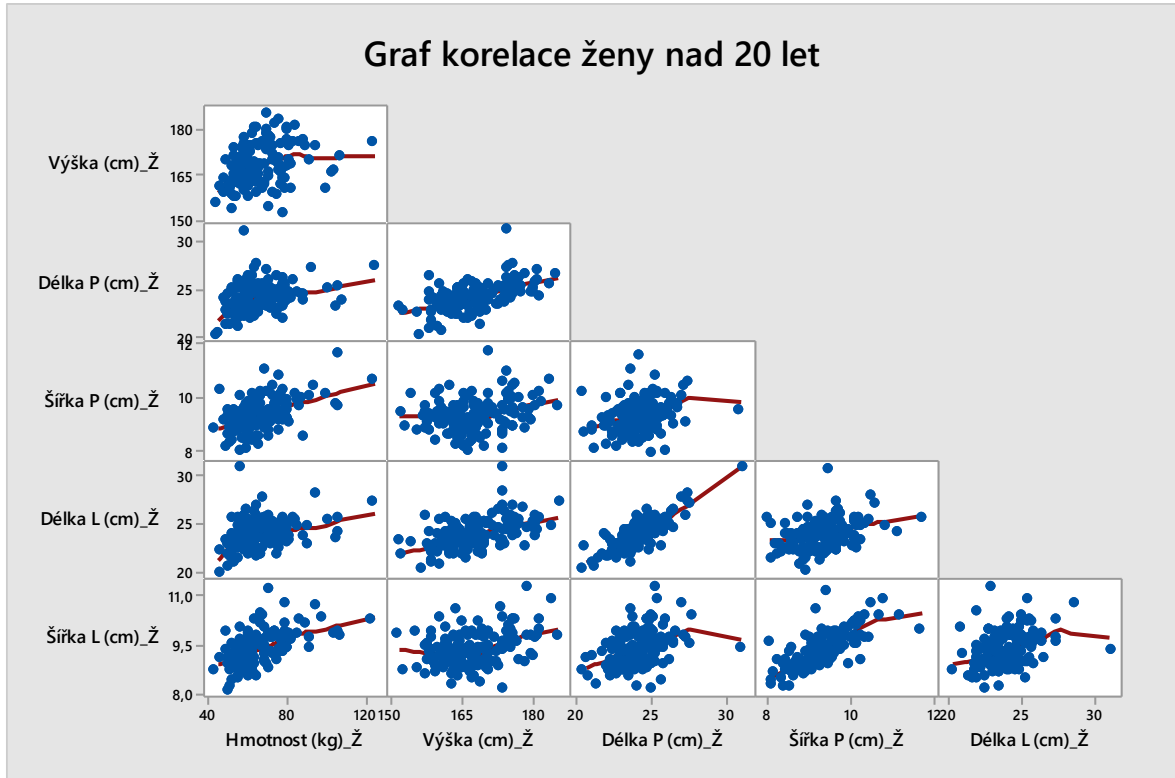
Po vyloučení odlehlé hodnoty byl test proveden znovu se stejným nastavením parametrů výpočtu s výslednou hodnotou $P = 0,151$. S pravděpodobností 95 % už tedy všechna data pocházejí z normálního rozdělení.

Data byla vyloučena na základě testů odlehlých hodnot, mohlo se jednat například o genetickou vadu u osoby.

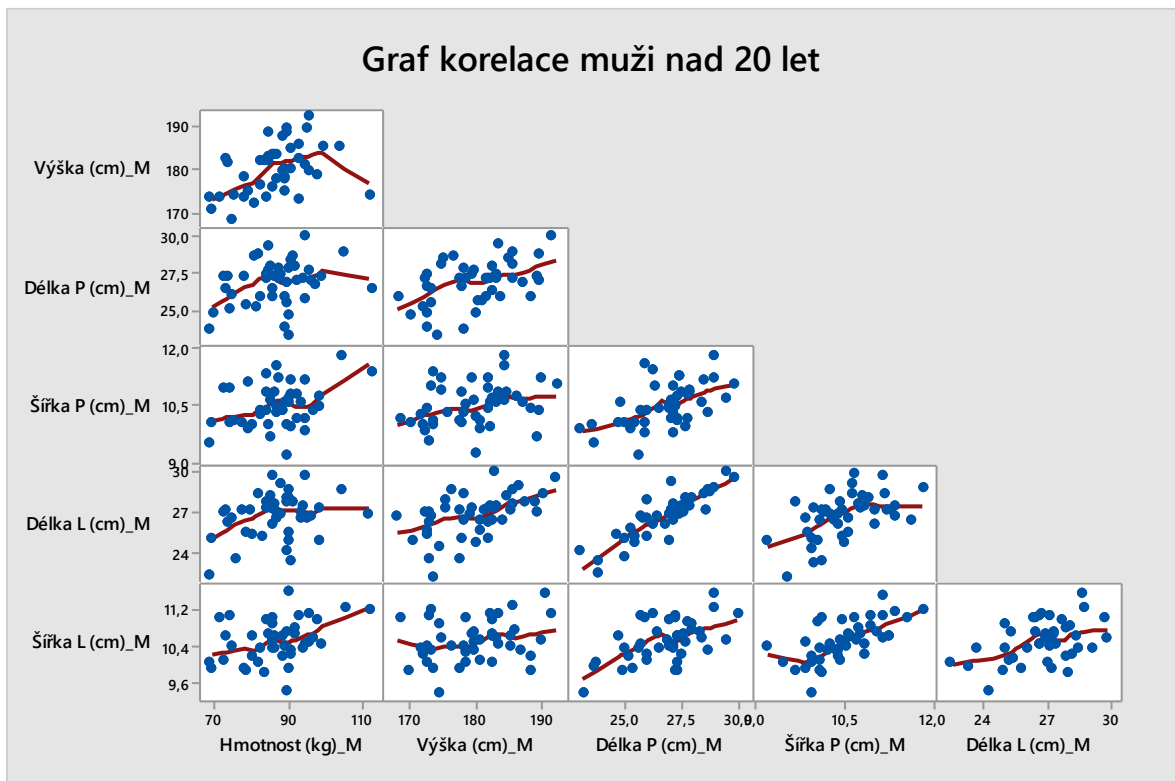
Z korelační matice a z korelačního grafu lze pozorovat oproti osobám do 20 let nižší korelace mezi jednotlivými parametry. Toto by mohlo být zapříčiněno zastavením růstu kolem 20. roku života. Vysoké korelace zůstaly mezi délkami pravé a levé nohy a pak také mezi šířkami pravé a levé nohy.

Tab. 7 Korelační matice ženy nad 20 let

	Hmotnost (kg) \checkmark	Výška (cm) \checkmark	Délka P (cm) \checkmark	Šířka P (cm) \checkmark	Délka L (cm) \checkmark
Výška (cm) \checkmark	0,301				
Délka P (cm) \checkmark	0,320	0,587			
Šířka P (cm) \checkmark	0,505	0,257	0,238		
Délka L (cm) \checkmark	0,369	0,545	0,824	0,363	
Šířka L (cm) \checkmark	0,564	0,353	0,378	0,711	0,343



Obr. 56 Grafy korelace hmotnosti, délky a šířky nohou u žen nad 20 let



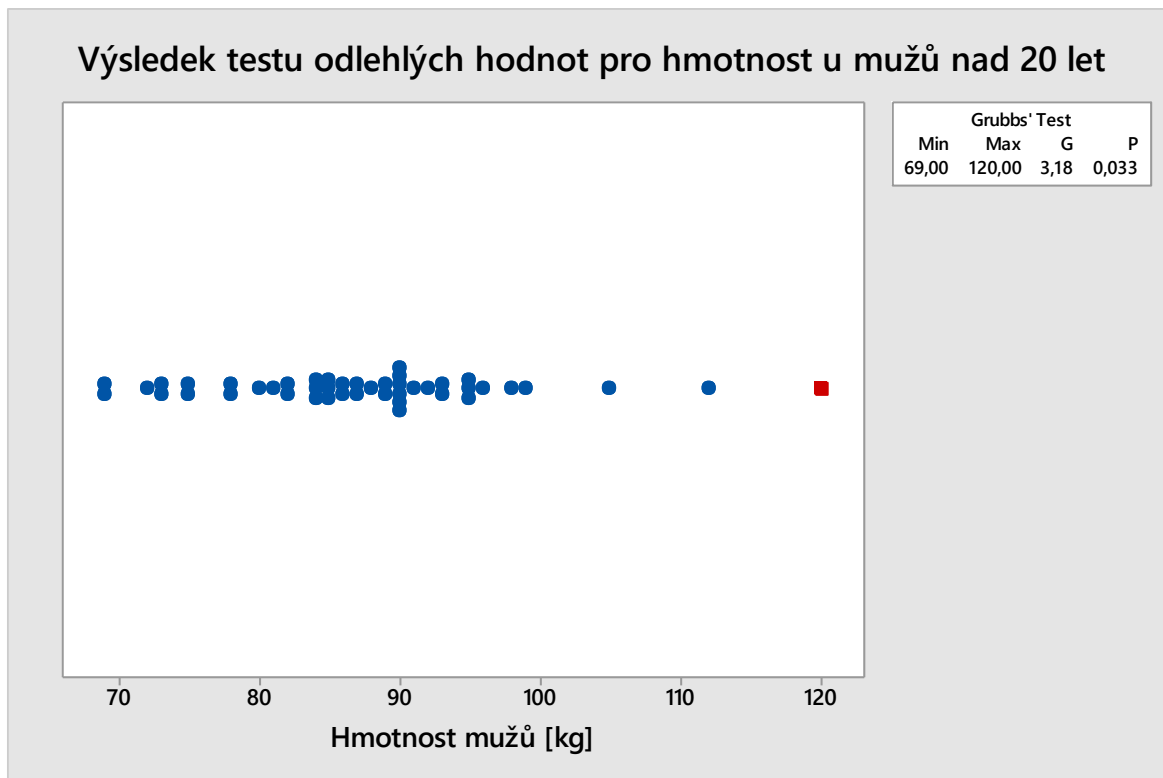
Obr. 57 Grafy korelace hmotnosti, délky a šířky nohou u mužů nad 20 let

Tab. 8 Korelační matice muži nad 20 let

	Hmotnost (kg)_M	Výška (cm)_M	Délka P (cm)_M	Šířka P (cm)_M	Délka L (cm)_M
Výška (cm)_M	0,403				
Délka P (cm)_M	0,272	0,468			
Šířka P (cm)_M	0,348	0,295	0,537		
Délka L (cm)_M	0,313	0,545	0,886	0,518	
Šířka L (cm)_M	0,371	0,266	0,550	0,670	0,430



Obr. 58 Grubbsův test odlehlých hodnot pro parametr výšky u mužů nad 20 let

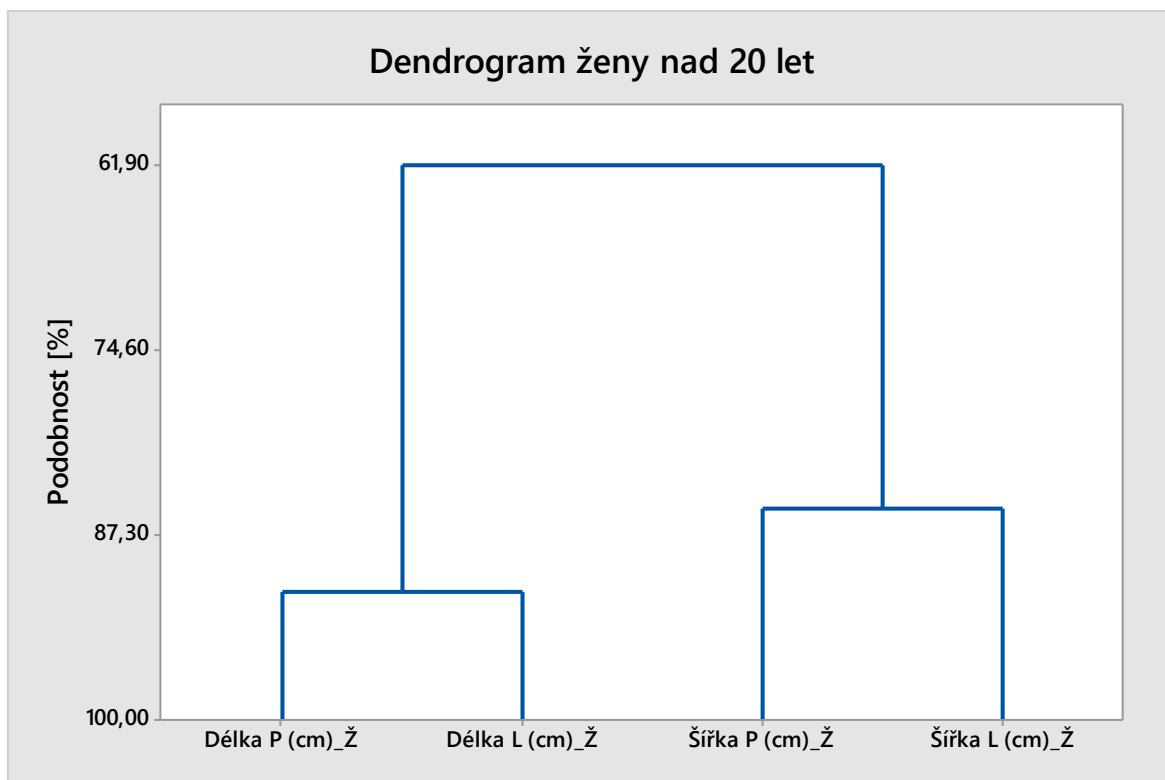


Obr. 59 Grubbsův test odlehlých hodnot pro hmotnost u mužů nad 20 let

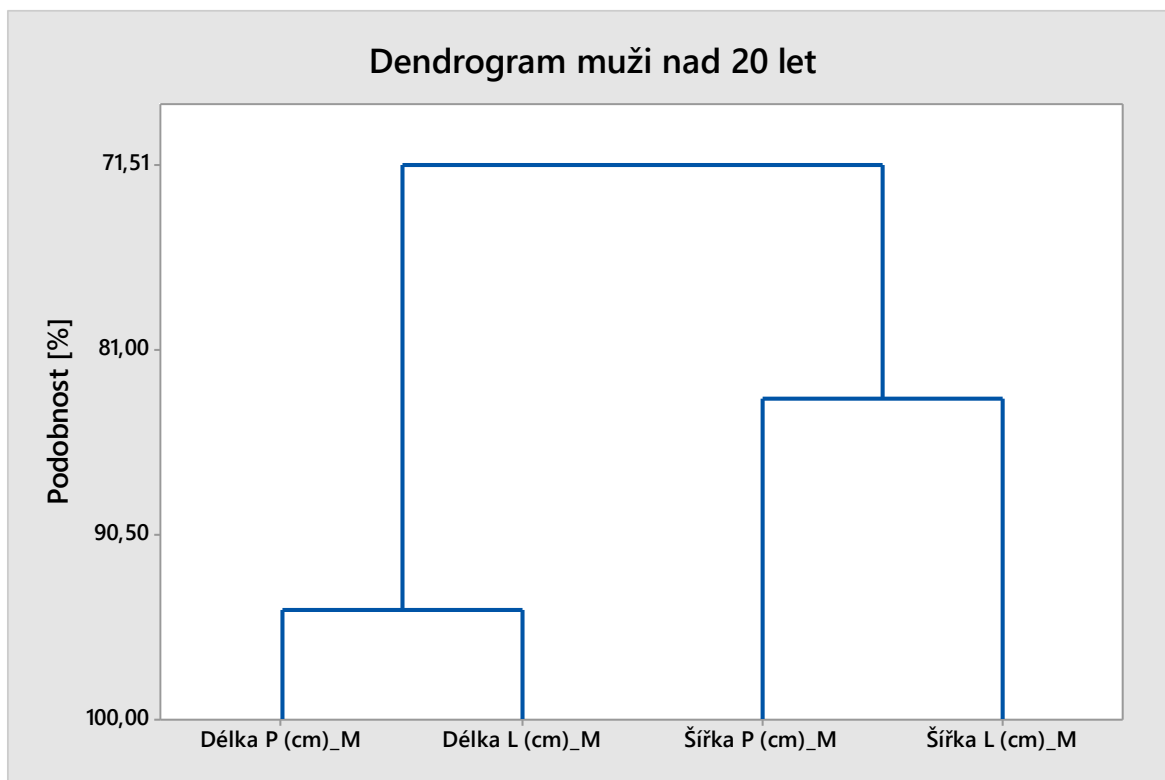
7.7.2 Shluková analýza

Byla provedena analýza shluků pro parametry délky a šířky levé a pravé nohy u mužů a žen. Z vyobrazených dendrogramů lze vyčíst jednotlivé závislosti. U žen délka levé nohy souvisí spolu s délkou pravé nohy na 91,2 %, šířka levé nohy souvisí spolu s šířkou pravé nohy na 85,5 % a délky souvisí spolu se šířkami na 61,9 %. U mužů délka levé nohy souvisí spolu s délkou pravé nohy na 94,3 %, šířka levé nohy souvisí spolu s šířkou pravé nohy na 83,5 % a délky souvisí spolu se šířkami na 71,5 %.

Lze pozorovat podstatně menší závislost mezi šířkami a délkami ve věku nad 20 let oproti věku do 20 let.



Obr. 60 Analýza shluků ženy nad 20 let



Obr. 61 Analýza shluků muži nad 20 let

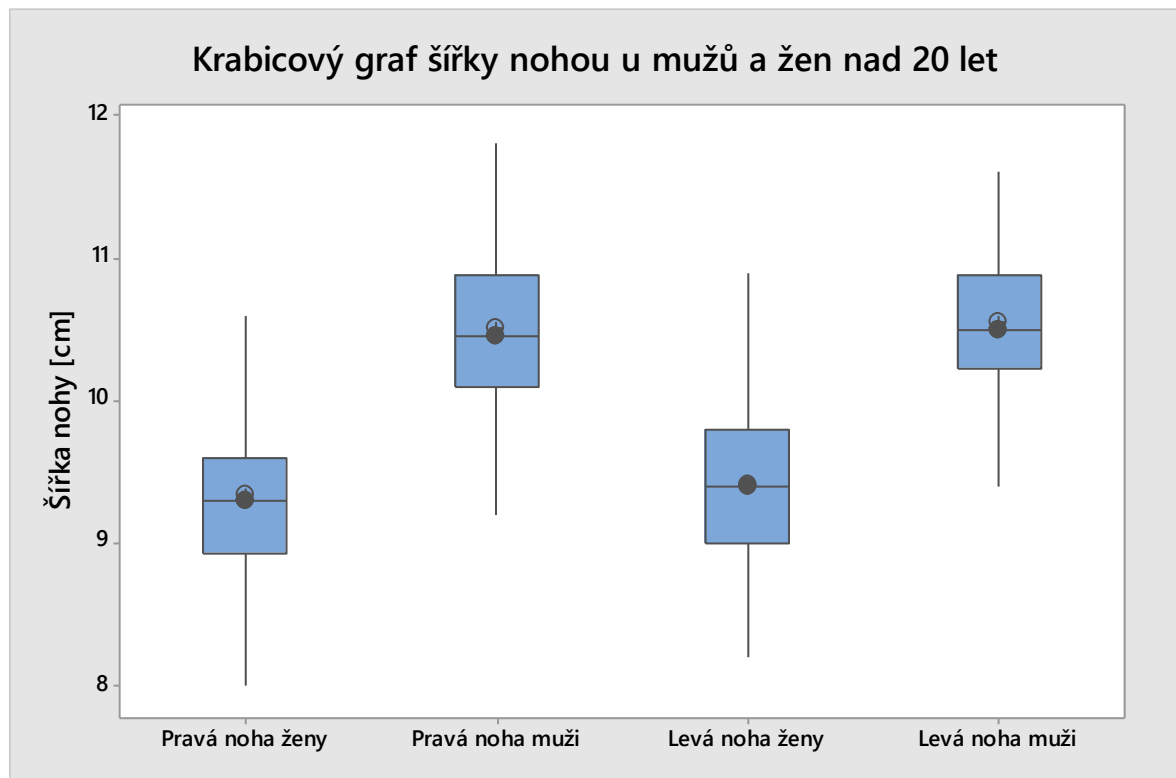
7.7.3 Rozdíly ve velikostech nohou dle pohlaví

Tento odstavec je zaměřený na porovnání délek a šířek nohou u mužů a žen. Byly vyhotoveny krabicové grafy a histogramy pro délky a šířky nohou žen a mužů starších dvaceti let.

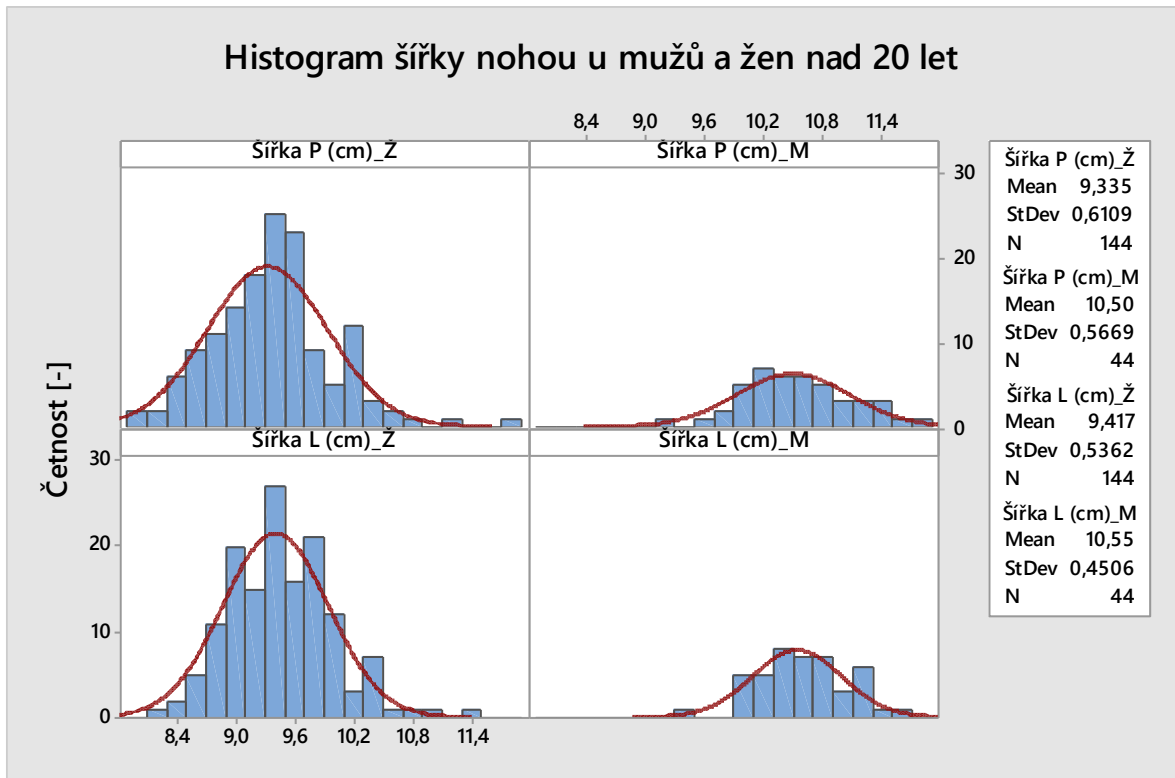
Obecně pro šířku i délku nohy lze pozorovat rozdíl mezi muži a ženami ve velikosti. Průměrný muž z tohoto výběru má nohu delší a širší, nežli průměrná žena z tohoto výběru.

Nutno poznamenat existenci velkého rozdílu ve velikosti datových souborů mužů a žen. Počet měření u žen je 144, zatímco u mužů pouze 44. Z toho plyne, že se měření účastnilo přibližně 3x více žen starších 20 let, než mužů starších 20 let.

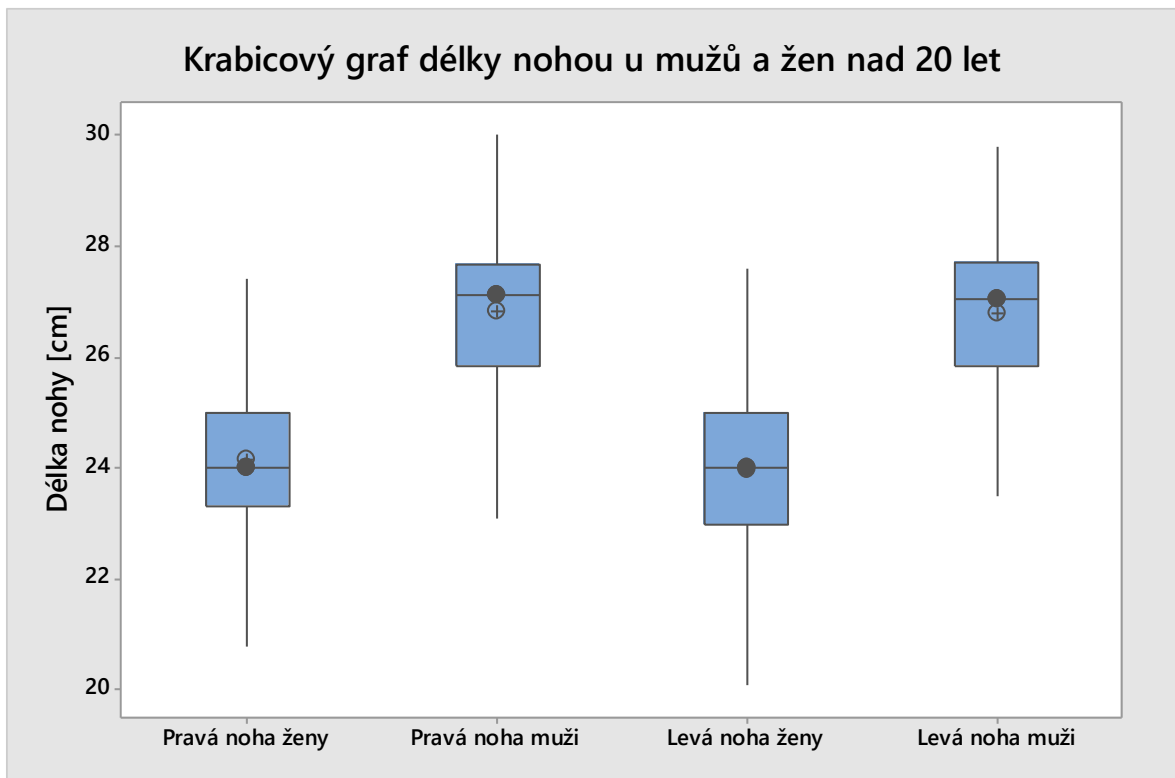
U šířky i délky nohy lze pozorovat nepatrně větší rozptyly u žen nad 20 let, než u mužů nad 20 let. Pro toto mohou existovat různé příčiny, jedna z nich by mohl být rozdíl ve velikostech datových souborů, další příčinou by mohla být snaha žen být krásnější, kdy žena tolik nehledí na velikost a pohodlí obuvi, ale především na vzhled, a tím si může vědomě či nevědomě deformovat nohy.



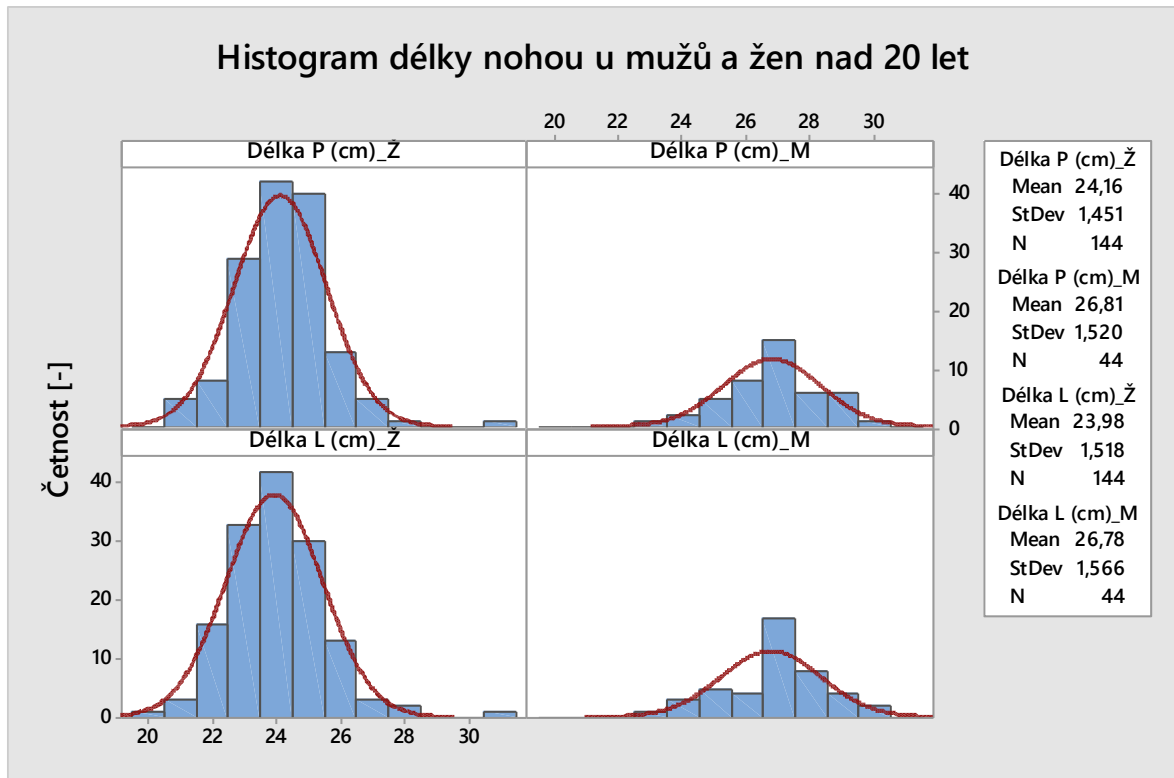
Obr. 62 Krabicový graf šířky nohou u mužů a žen nad 20 let



Obr. 63 Histogram šířky nohou u mužů a žen nad 20 let



Obr. 64 Krabicový graf délky nohou u mužů a žen nad 20 let



Obr. 65 Histogram délky nohou u mužů a žen nad 20 let

8 DRUHÝ DATOVÝ SOUBOR – NOVÝ

Tento soubor vznikl v roce 2021 na Fakultě Technologické UTB měřením pomocí 3D skeneru zapůjčeného z Technologického institutu obouvaní. Měření byli studenti UTB ve Zlíně.

8.1 Základní informace o datech

Datový soubor obsahuje záznamy o 38 probandech. V souboru jsou zaznamenány:

- Výška (cm)
- Hmotnost (kg)
- Pohlaví (muž nebo žena)
- Věk (roky)
- Délka levé nohy (cm)
- Šířka levé nohy (cm)
- Výška klenby levé nohy (cm)
- Délka klenby levé nohy (cm)
- Velikost obuvi pro levou nohu (k délce nohy připočteno 1,5 cm – velikost EU)
- Délka pravé nohy (cm)
- Šířka pravé nohy (cm)
- Výška klenby pravé nohy (cm)
- Délka klenby pravé nohy (cm)
- Velikost obuvi pro pravou nohu (k délce nohy připočteno 1,5 cm – velikost EU)

Níže je zobrazena deskriptivní statistika souboru. Průměrný věk probanda činí 23 let. Probandi byli věku 22 až 29 let, průměrné výšky 179,5 cm a průměrné hmotnosti 77 kg.

Tab. 9 Deskriptivní statistika datového souboru

	Průměr	Směrodatná odchylka	Variační koeficient	Spodní kvartil	Medián	Horní kvartil	IQR	Minimum	Maximum	Rozsah	Počet měření
Výška	179,42	8,215	4,579	173,75	179,50	185,00	11,25	163,0	196,0	33,0	38
Hmotnost	77,16	13,777	17,856	67,75	74,50	86,00	18,25	53,0	113,0	60,0	38
Věk	23,05	1,859	8,065	22,00	23,00	24,00	2,00	20,0	29,0	9,0	38
Délka L	26,80	1,544	5,760	25,90	26,60	27,73	1,83	24,0	30,1	6,1	38
Šířka L	10,64	0,749	7,035	10,10	10,65	11,20	1,10	9,0	12,7	3,7	38
Výška klenby L	1,72	0,225	13,069	1,55	1,70	1,90	0,35	1,2	2,1	0,9	38
Délka klenby L	18,89	1,141	6,043	18,23	18,85	19,73	1,50	16,8	21,5	4,7	38
Velikost obuvi L	42,46	2,314	5,451	41,00	42,00	44,00	3,00	38,0	47,5	9,5	38
Délka P	26,73	1,533	5,737	25,90	26,50	27,70	1,80	23,5	30,4	6,9	38
Šířka P	10,62	0,666	6,273	10,18	10,55	11,23	1,05	9,0	11,8	2,8	38
Výška klenby P	1,82	0,357	19,650	1,58	1,80	2,03	0,45	1,1	2,6	1,5	38
Délka klenby P	19,10	1,184	6,196	18,28	18,90	19,93	1,65	16,4	21,8	5,4	38
Velikost obuvi P	42,34	2,340	5,526	41,00	42,00	43,63	2,63	37,5	48,0	10,5	38

8.2 Filtrace dat dle pohlaví

Soubor byl rozdělen dle pohlaví na muže a ženy, konkrétně se v souboru nachází 5 žen a 33 mužů. Tato filtrace musela být provedena z důvodu správného vyhodnocení dat. Pohlaví řadíme mezi nominální typ dat.

8.3 EDA

Metodika EDA byla použita k základní analýze dat. Byly vytvořeny krabicové grafy a histogramy zvlášť pro muže zvlášť pro ženy. Z krabicových grafů u mužů byly patrné možné odlehlé hodnoty, proto byly parametry, kde se nacházely tyto odlehlé hodnoty podrobeny Grubbsovu testu odlehlých hodnot. Všechny testy měly toto nastavení:

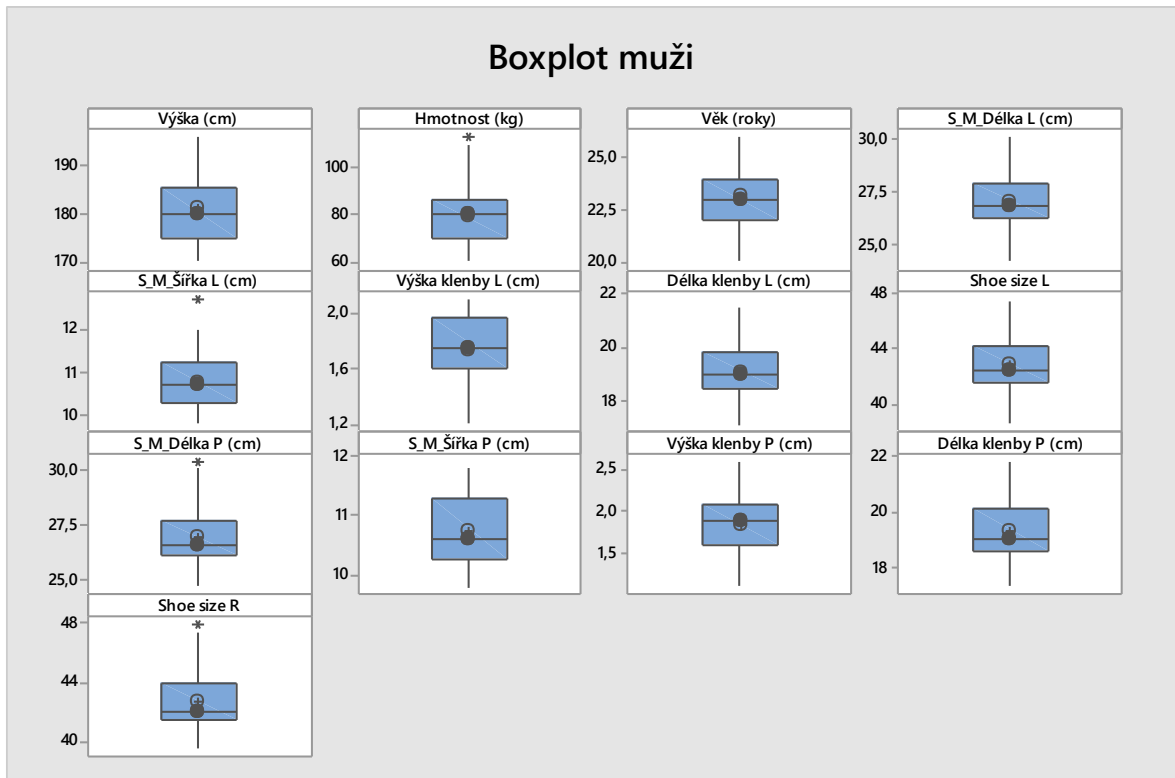
H_0 : Všechna data pocházejí z normálního rozdělení

H_a : Nejvyšší nebo nejnižší hodnota je odlehlá

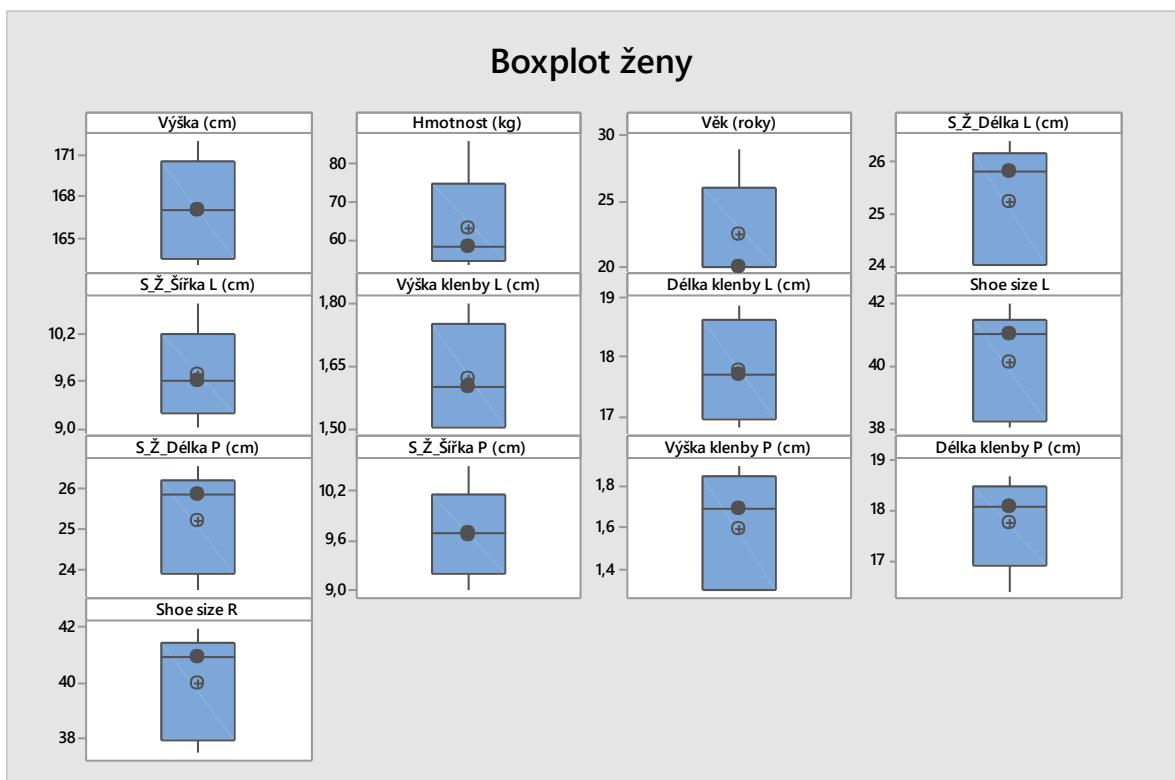
$\alpha = 0,05$.

Konkrétně byly otestovány hmotnost, délka pravé nohy a šířka levé nohy.

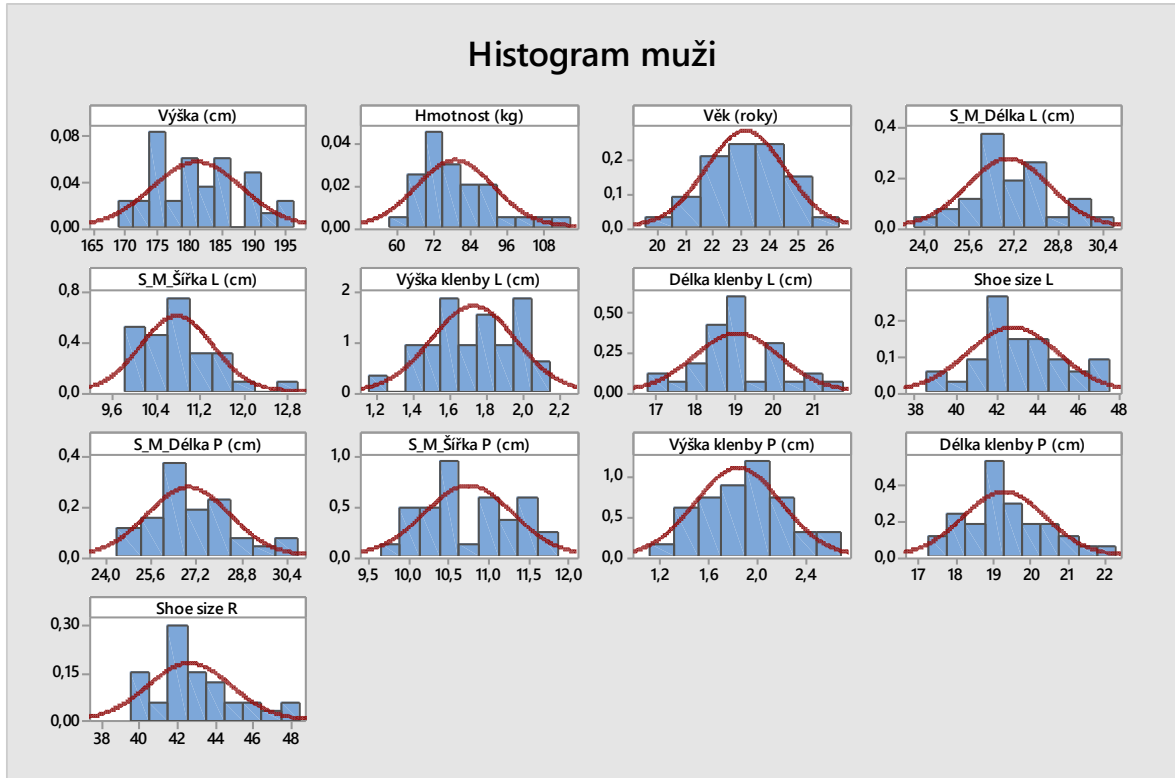
U všech testů byla hodnota $P > \alpha = 0,05$. Proto nebyla zamítnuta nulová hypotéza na úrovni pravděpodobnosti 95 %. Všechna data tedy pocházejí z normálního rozdělení.



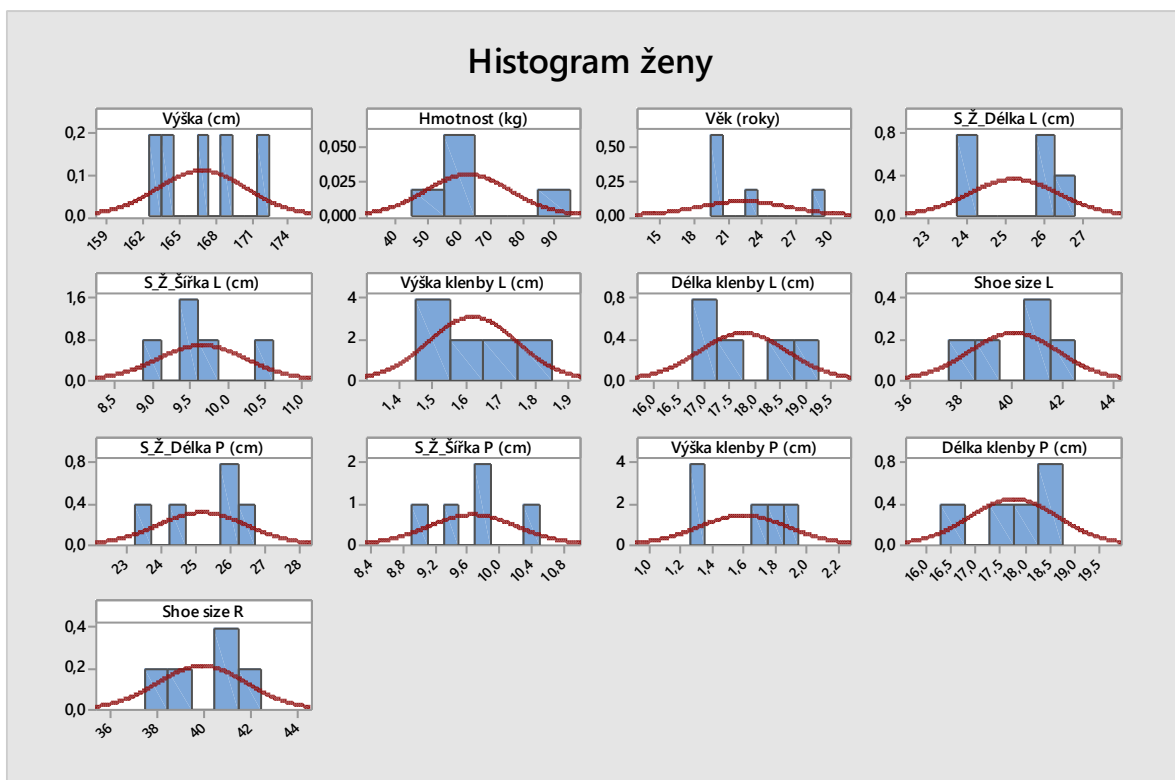
Obr. 66 Krabicové grafy u mužů s možnými odlehlými hodnotami



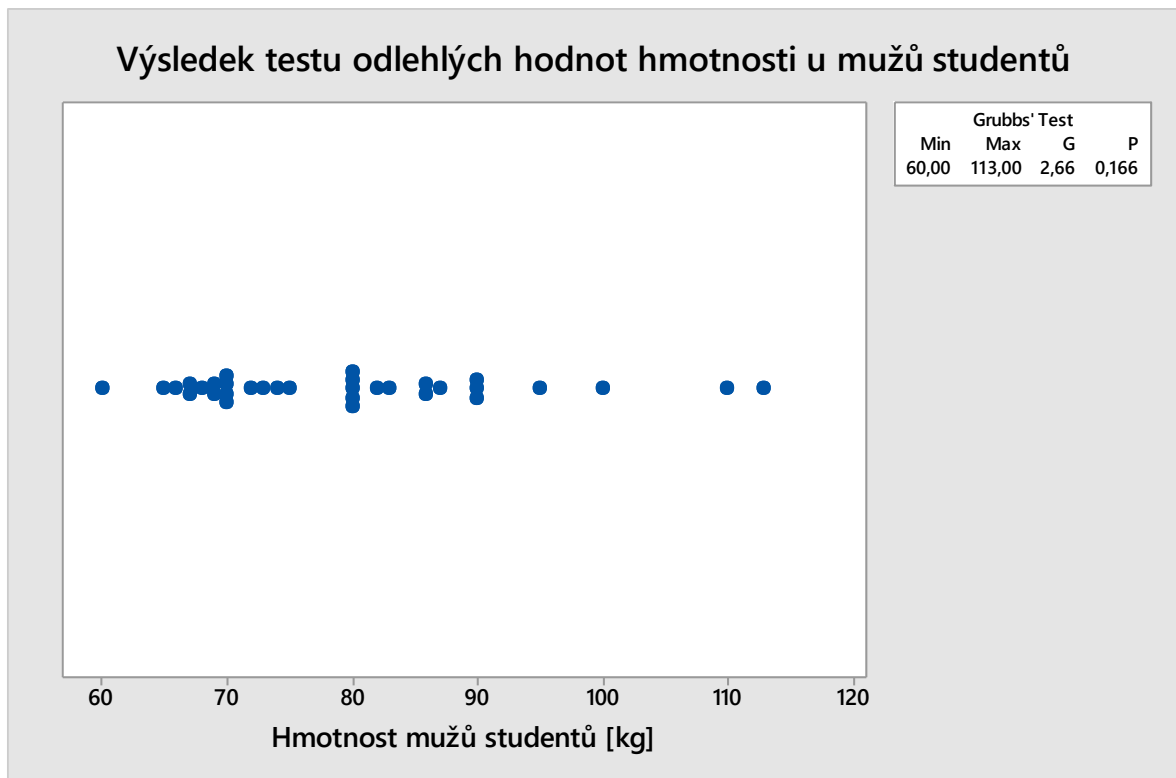
Obr. 67 Krabicové grafy u žen



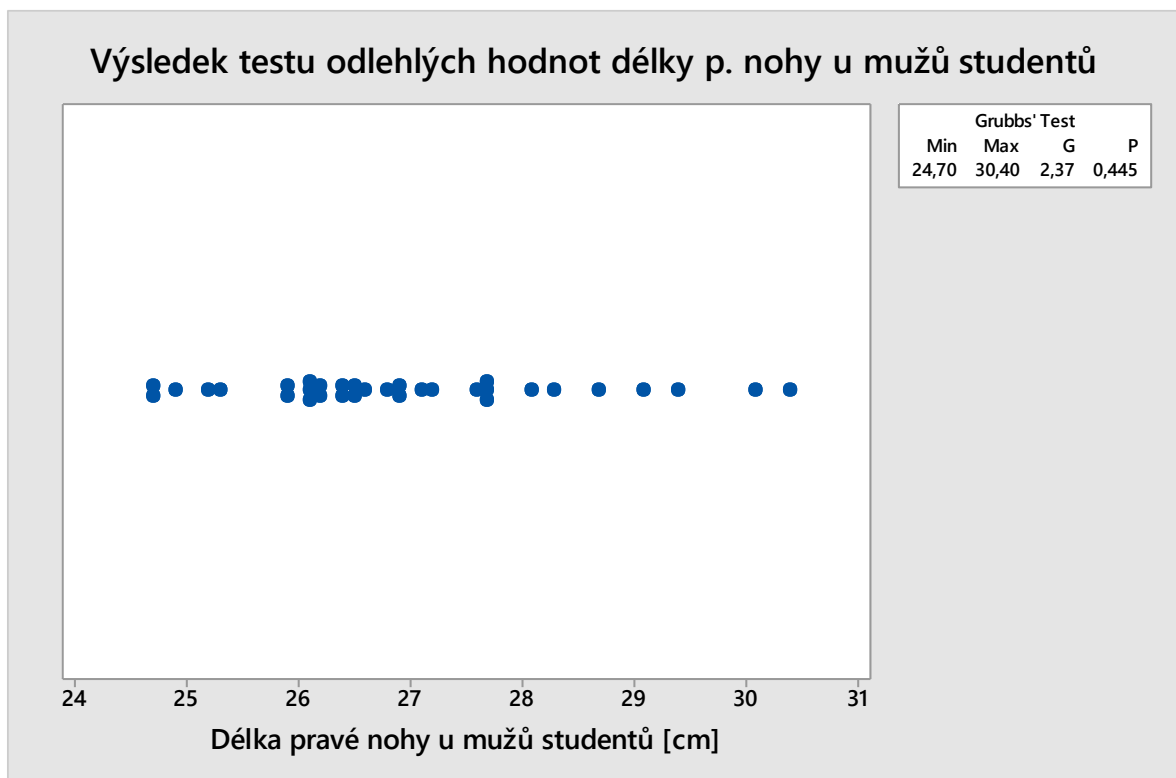
Obr. 68 Histogramy u mužů



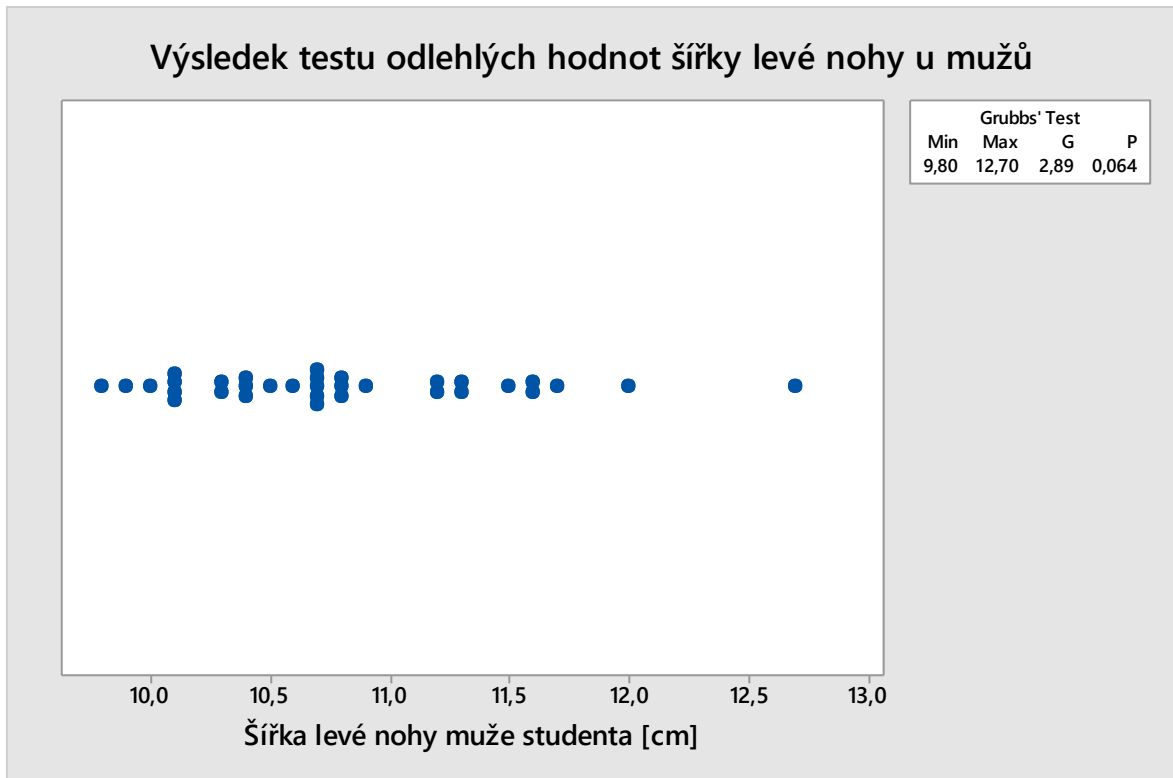
Obr. 69 Histogramy u žen



Obr. 70 Grubbsův test odlehlých hodnot pro hmotnost u mužů



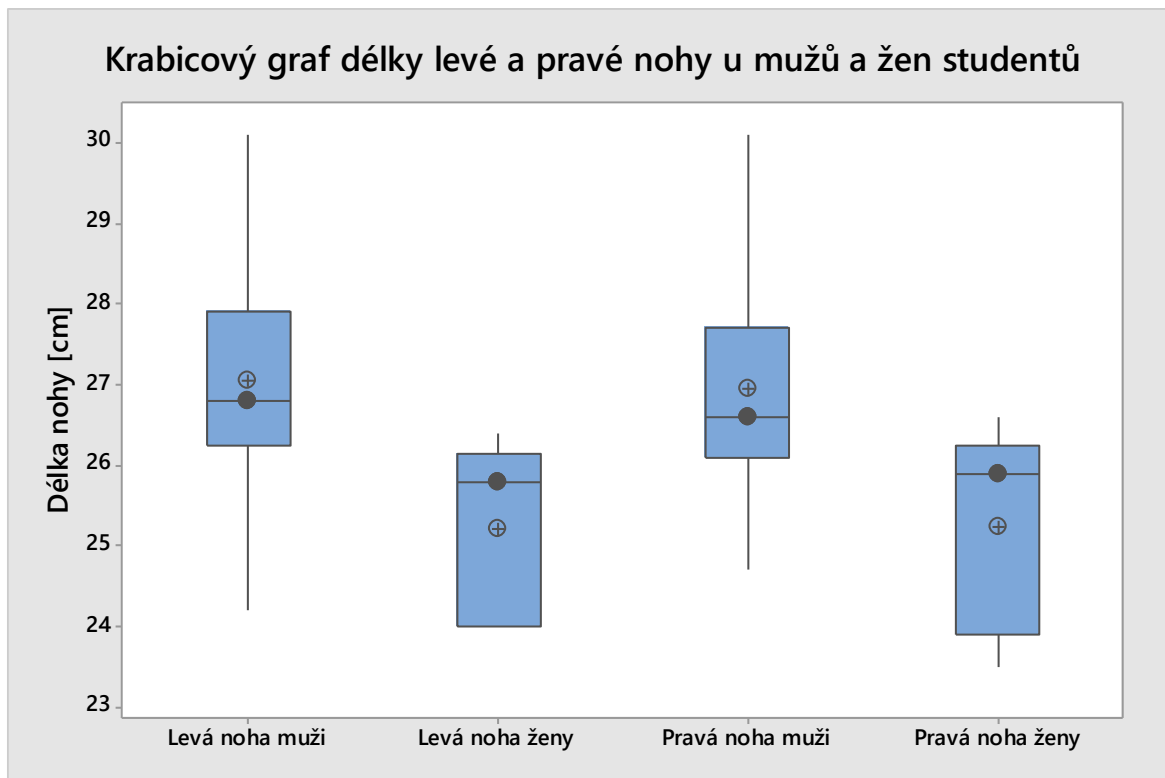
Obr. 71 Grubbsův test odlehlých hodnot pro délku pravé nohy u mužů



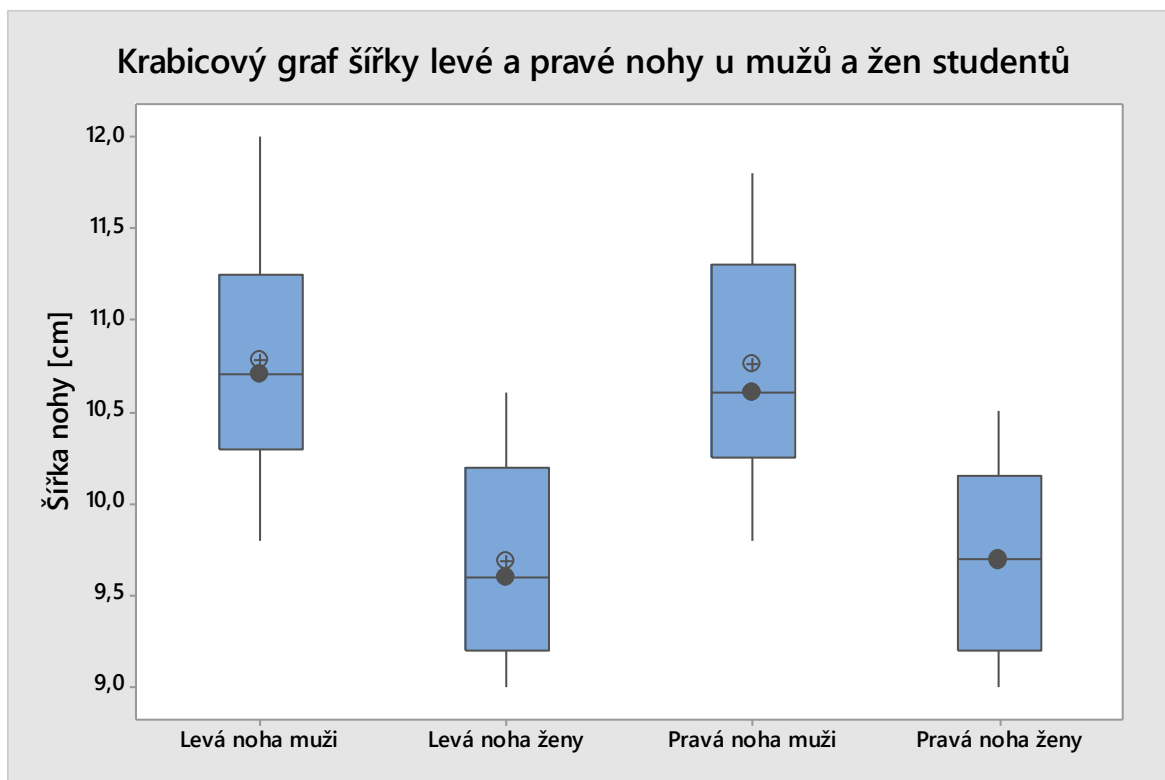
Obr. 72 Grubbsův test odlehlých hodnot pro šířku levé nohy

8.4 Rozdíly ve velikostech dle pohlaví

Byly vyhotoveny krabicové grafy zvlášť pro šířku a zvlášť pro délky levé a pravé nohy u mužů a žen. Z grafů je patrné, že muži z tohoto datového souboru mají delší a širší nohy, zatímco ženy mají kratší a užší nohy. Rozptyly u žen jsou násobně menší, než u mužů. Toto je patrně zapříčiněno malým počtem měřených probandů.



Obr. 73 Krabicový graf délky levé a pravé nohy u mužů a žen



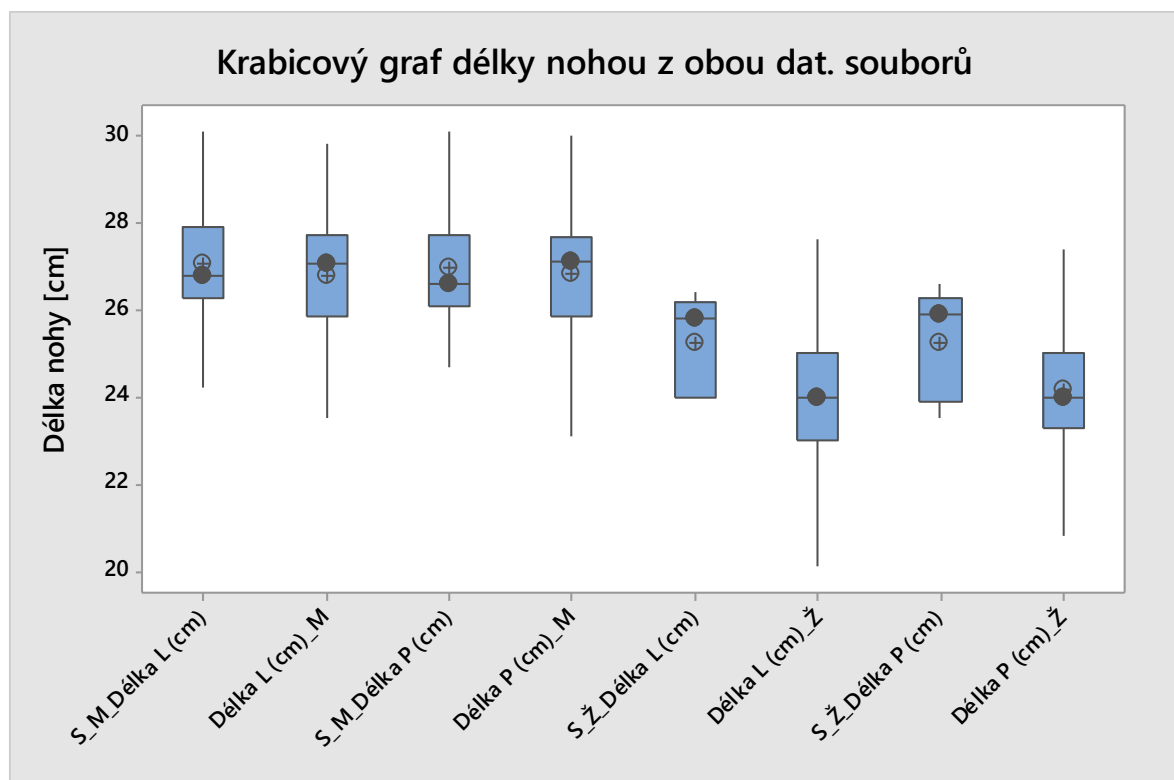
Obr. 74 Krabicový graf šířky levé a pravé nohy u mužů a žen

9 POROVNÁNÍ PŮVODNÍHO A NOVÉHO SOUBORU

9.1 Krabicové grafy

9.1.1 Délka nohy

Byl vyhotoven krabicový graf délek nohou z prvního i druhého souboru. Levá a pravá noha byly porovnávány odděleně. Z grafu lze vyčíst, že studenti muži nemají takový rozptyl v délce nohou jako měření probandů v prvním souboru. Průměrná délka pravé i levé nohy je u studentů menší, než průměrná délka probandů z prvního souboru. U žen studentek lze pozorovat velmi malý rozptyl. Pravděpodobně to bude způsobeno malým počtem měřených studentek – pouze 5 žen. Průměrná délka nohy studentky je větší než průměrná délka nohy žen z prvního souboru.

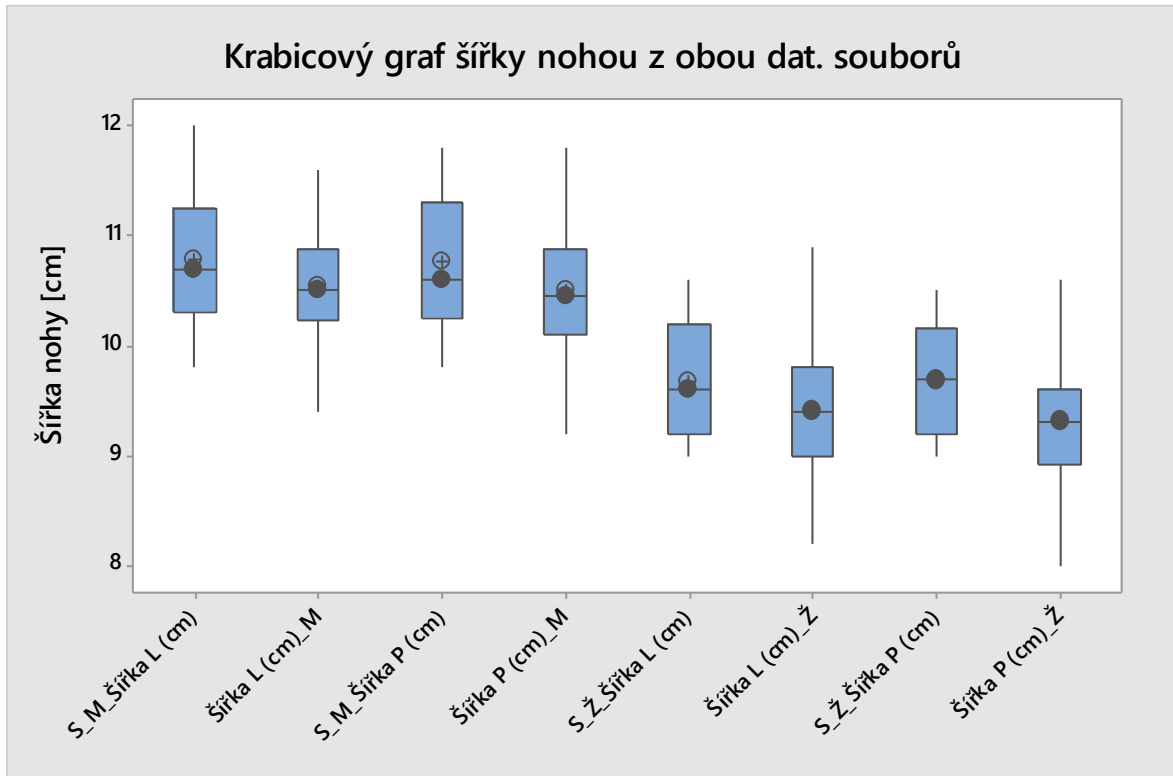


Obr. 75 Délky nohou u mužů a žen z prvního i druhého datového souboru

9.1.2 Šířka nohy

Byl vyhotoven krabicový graf šířek nohou z prvního i druhého souboru. Levá a pravá noha byly porovnávány odděleně. V grafu lze vyčíst menší rozptyly šířek u mužů studentů i žen

studentek. Průměrná šířka nohou studentů mužů je větší než průměrná šířka probandů z prvního souboru. Průměrná šířka nohou studentek žen je větší než průměrná šířka nohou žen z prvního souboru.



Obr. 76 Šířky nohou u mužů a žen z prvního i druhého datového souboru

9.2 Jednofaktorová ANOVA

Byla provedena jednofaktorová metoda ANOVA.

9.2.1 Délka nohy u mužů

Byl proveden test rovnosti rozptylů pro délku nohou u mužů z obou souborů za předpokladu normálního rozdělení:

H_0 : Rozptyly délek nohou u mužů jsou stejné.

H_a : Rozptyly délek nohou u mužů se liší.

$\alpha = 0,05$

Výsledek: $P = 0,966 > \alpha = 0,05$. S pravděpodobností 95 % nemohu zamítnout nulovou hypotézu o rovnosti rozptylů, tvrdím tedy, že rozptyly délek nohou u mužů jsou stejné.

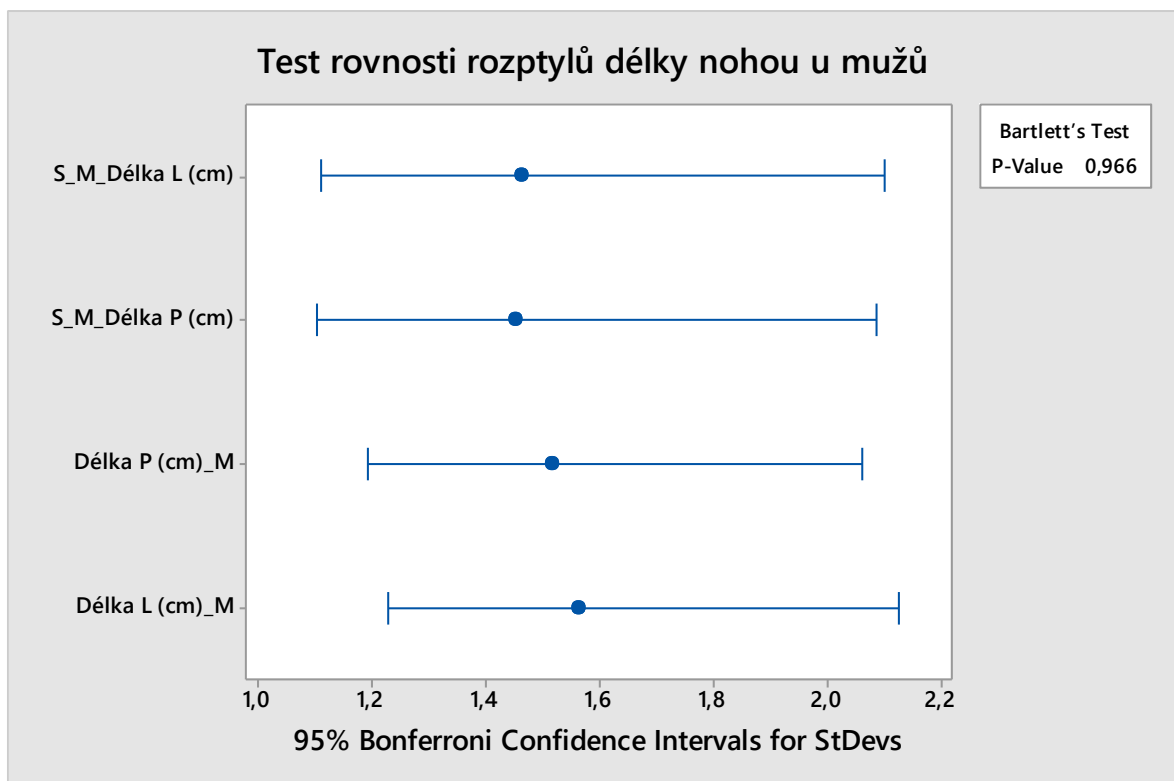
Dále byla provedena jednocestná ANOVA s procedurou porovnání středních hodnot dle Fishera za předpokladu rovnosti rozptylů:

H_0 : Střední hodnoty délek nohou u mužů jsou stejné.

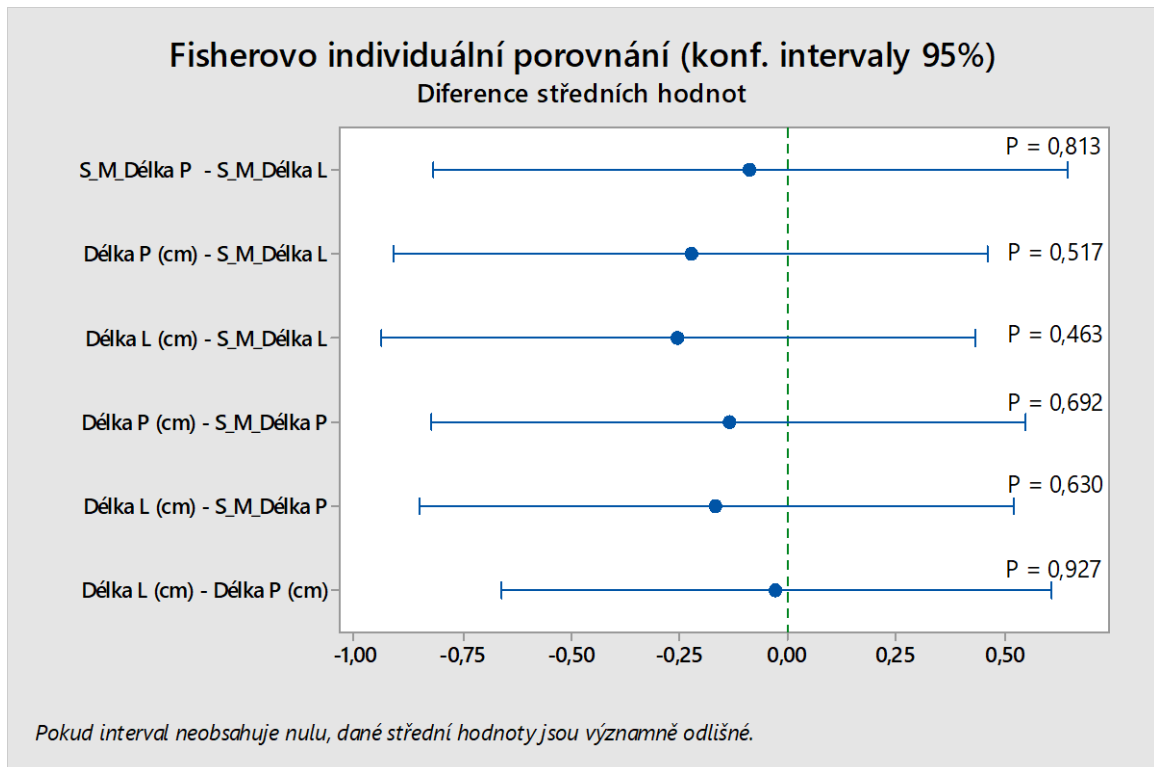
H_a : Střední hodnoty délek nohou u mužů se liší.

$\alpha = 0,05$

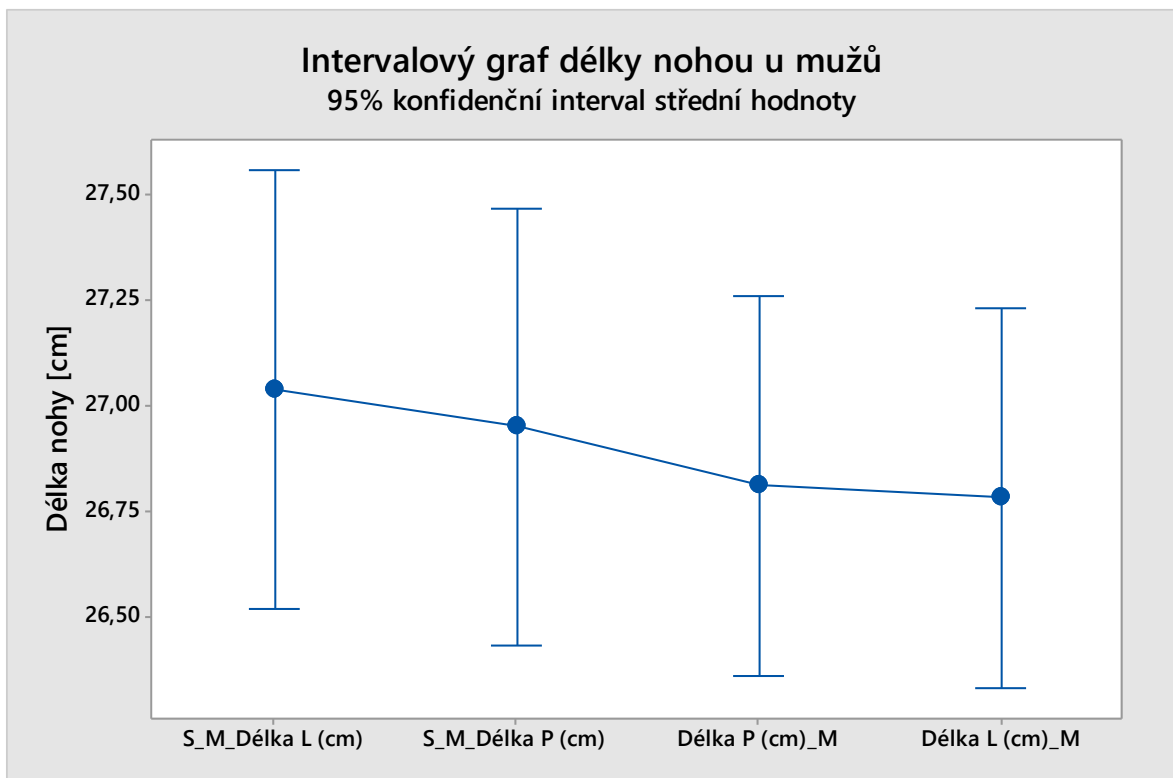
Výsledek: Všechny hodnoty P jsou větší, než α . Proto nemůže být zamítnuta nulová hypotéza a lze tvrdit, že s pravděpodobností 95% se střední hodnoty délek nohou mužů neliší.



Obr. 77 Test rovnosti rozptylů délky nohou u mužů z obou dat. souborů



Obr. 78 Fisherovy individuální testy pro difference středních hodnot délek nohou mužů



Obr. 79 Intervalový graf středních hodnot délky nohou u mužů z obou dat. souborů

9.2.2 Délka nohy u žen

Byl proveden test rovnosti rozptylů pro délku nohou u žen z obou souborů za předpokladu normálního rozdělení:

H₀: Rozptyly délek nohou u žen jsou stejné.

H_a: Rozptyly délek nohou u žen se liší.

$$\alpha = 0,05$$

Výsledek: $P = 0,836 > \alpha = 0,05$. S pravděpodobností 95 % nemohu zamítnout nulovou hypotézu o rovnosti rozptylů, tvrdím tedy, že rozptyly délek nohou u žen jsou stejné.

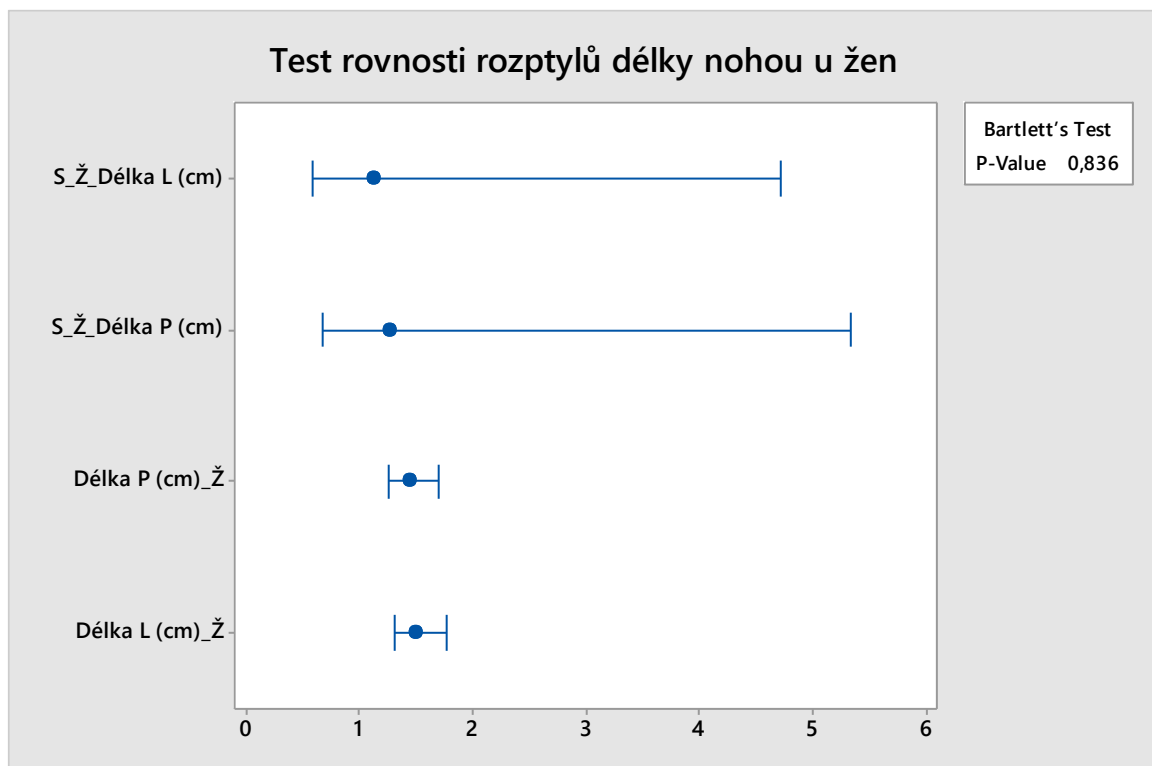
Dále byla provedena jednocestná ANOVA s procedurou porovnání středních hodnot dle Fishera za předpokladu rovnosti rozptylů:

H₀: Střední hodnoty délek nohou u žen jsou stejné.

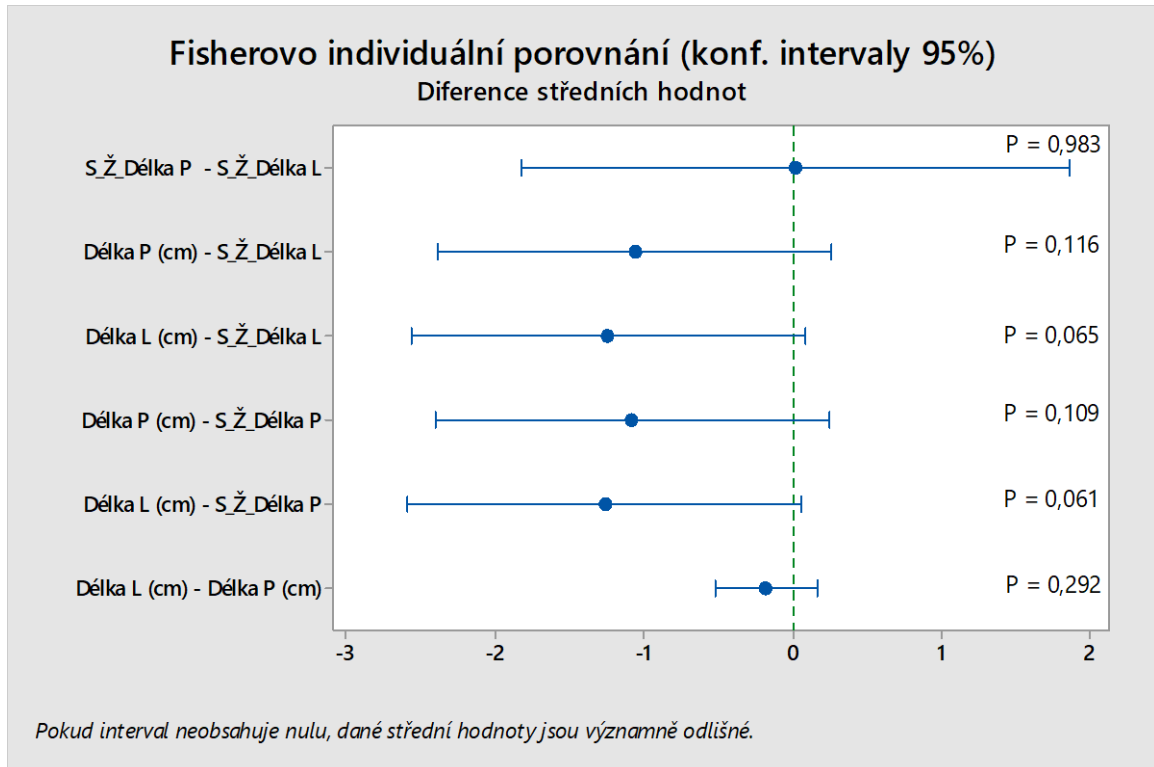
H_a: Střední hodnoty délek nohou u žen se liší.

$$\alpha = 0,05$$

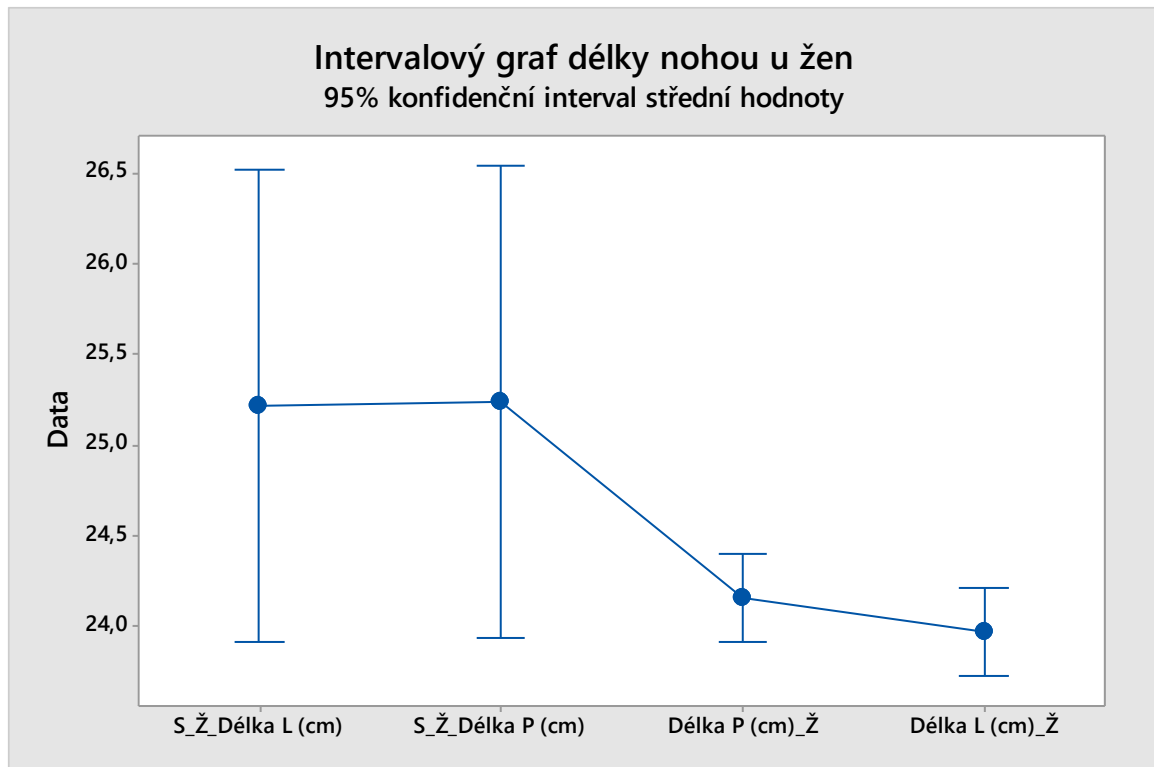
Výsledek: Všechny hodnoty P jsou větší, než α . Proto nemůže být zamítnuta nulová hypotéza a lze tvrdit, že s pravděpodobností 95% se střední hodnoty délek nohou žen neliší.



Obr. 80 Test rovnosti rozptylů délky nohou u žen z obou dat. souborů



Obr. 81 Fisherovy individuální testy pro diference středních hodnot délek nohou žen



Obr. 82 Intervalový graf středních hodnot délky nohou u žen z obou dat. souborů

9.2.3 Šířka nohy u mužů

Byl proveden test rovnosti rozptylů pro šířku nohou u mužů z obou souborů za předpokladu normálního rozdělení:

H₀: Rozptyly šířek nohou u mužů jsou stejné.

H_a: Rozptyly šířek nohou u mužů se liší.

$$\alpha = 0,05$$

Výsledek: $P = 0,139 > \alpha = 0,05$. S pravděpodobností 95 % nemohu zamítnout nulovou hypotézu o rovnosti rozptylů, tvrdím tedy, že rozptyly šířek nohou u mužů jsou stejné.

Dále byla provedena jednocestná ANOVA s procedurou porovnání středních hodnot dle Fishera za předpokladu rovnosti rozptylů:

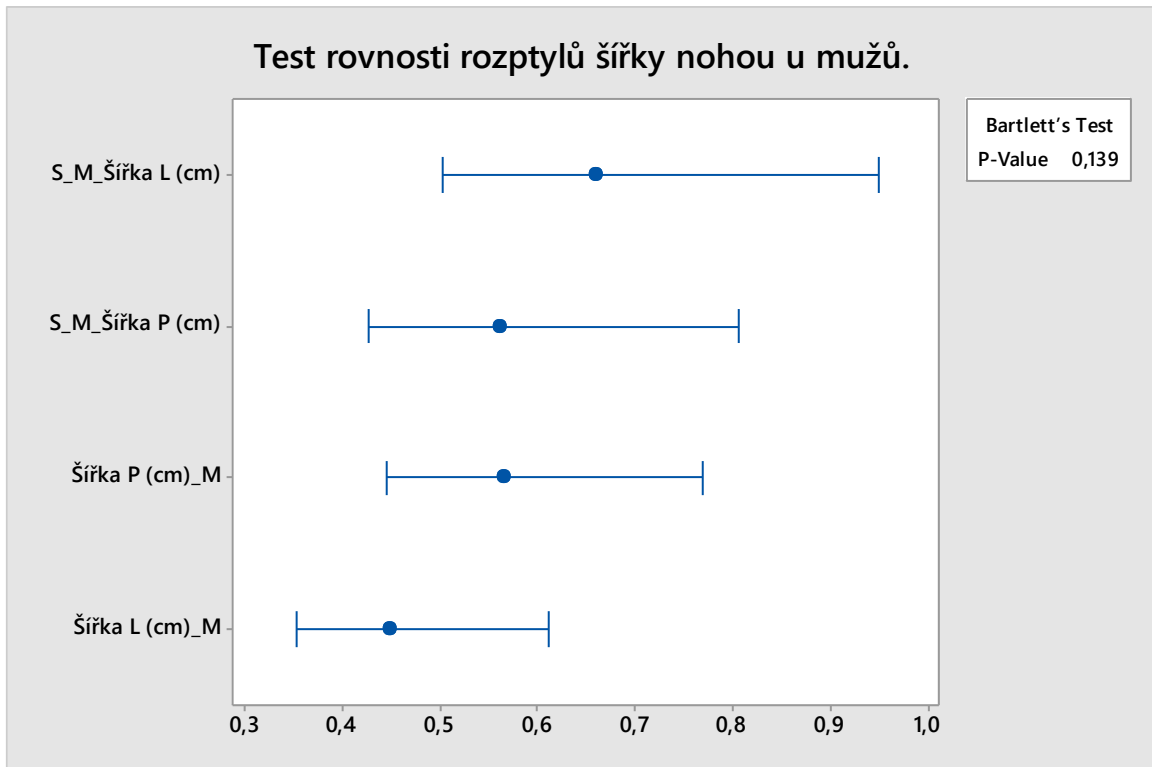
H₀: Střední hodnoty šířek nohou u mužů jsou stejné.

H_a: Střední hodnoty šířek nohou u mužů se liší.

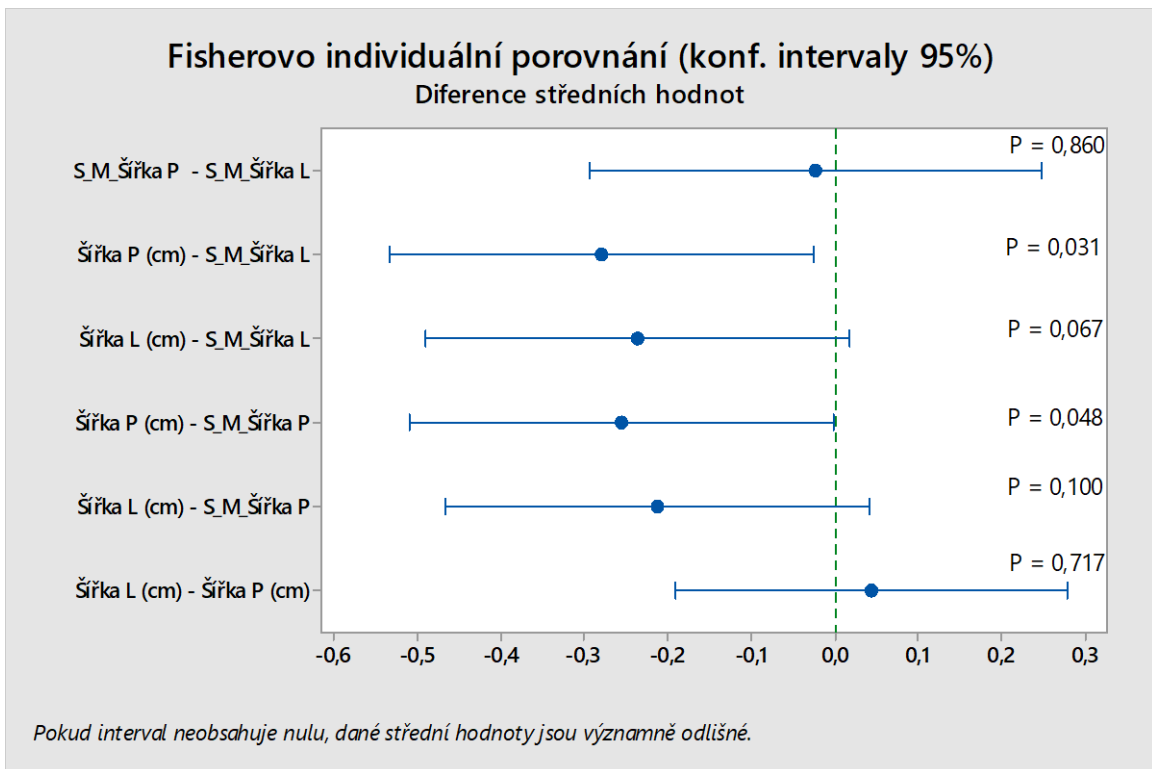
$$\alpha = 0,05$$

Výsledek: Některé hodnoty P jsou větší, než α , některé menší.

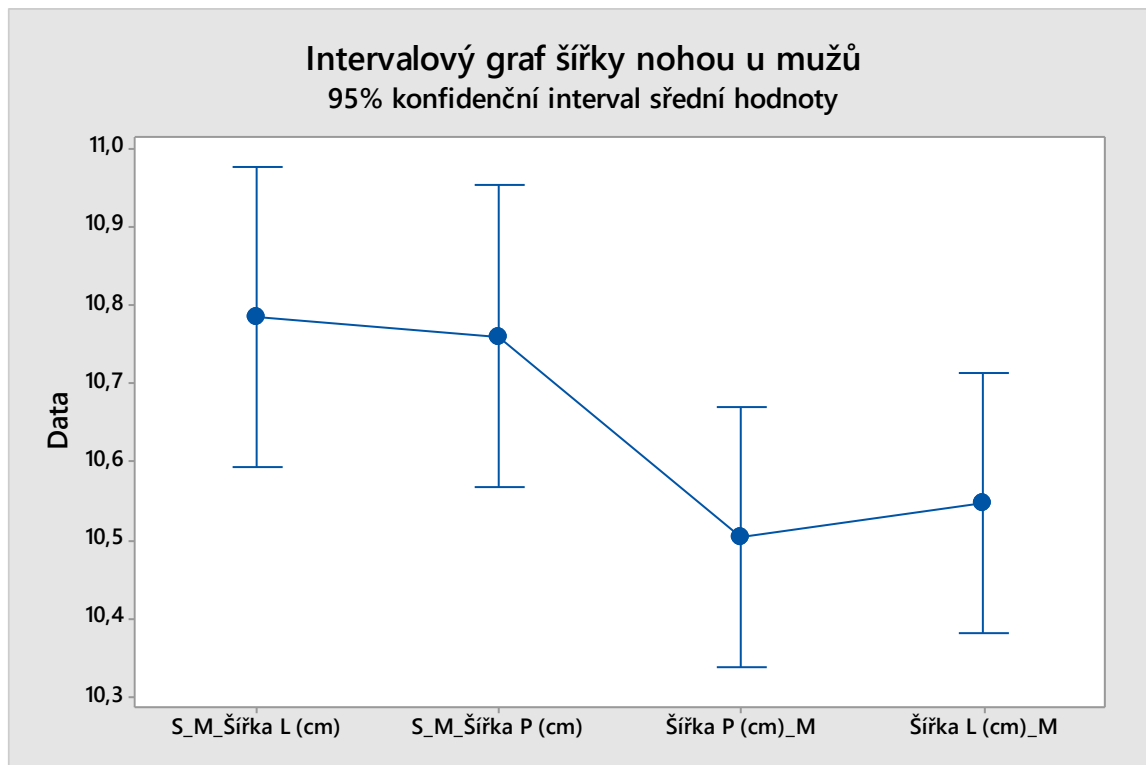
Střední hodnoty šířky pravé nohy probandů z původního souboru spolu se středními hodnotami šířky levé nohy studentů se významně liší, stejně tak se liší střední hodnoty šířky pravé nohy mezi studenty z nového souboru a probandy z původního souboru. Tvrdím tedy, že tyto se významně liší. U ostatních parametrů tvrdím, že jsou jejich střední hodnoty s pravděpodobností 95% stejné.



Obr. 83 Test rovnosti rozptylů šířky nohou u mužů z obou dat. souborů



Obr. 84 Fisherovy individuální testy pro diference středních hodnot šířek nohou mužů



Obr. 85 Intervalový graf středních hodnot šířky nohou u mužů z obou dat. souborů

9.2.4 Šířka nohy u žen

Byl proveden test rovnosti rozptylů pro šířku nohou u žen z obou souborů za předpokladu normálního rozdělení:

H_0 : Rozptyly šířek nohou u žen jsou stejné.

H_a : Rozptyly šířek nohou u žen se liší.

$$\alpha = 0,05$$

Výsledek: $P = 0,509 > \alpha = 0,05$. S pravděpodobností 95 % nemohu zamítnout nulovou hypotézu o rovnosti rozptylů, tvrdím tedy, že rozptyly šířek nohou u mužů jsou stejné.

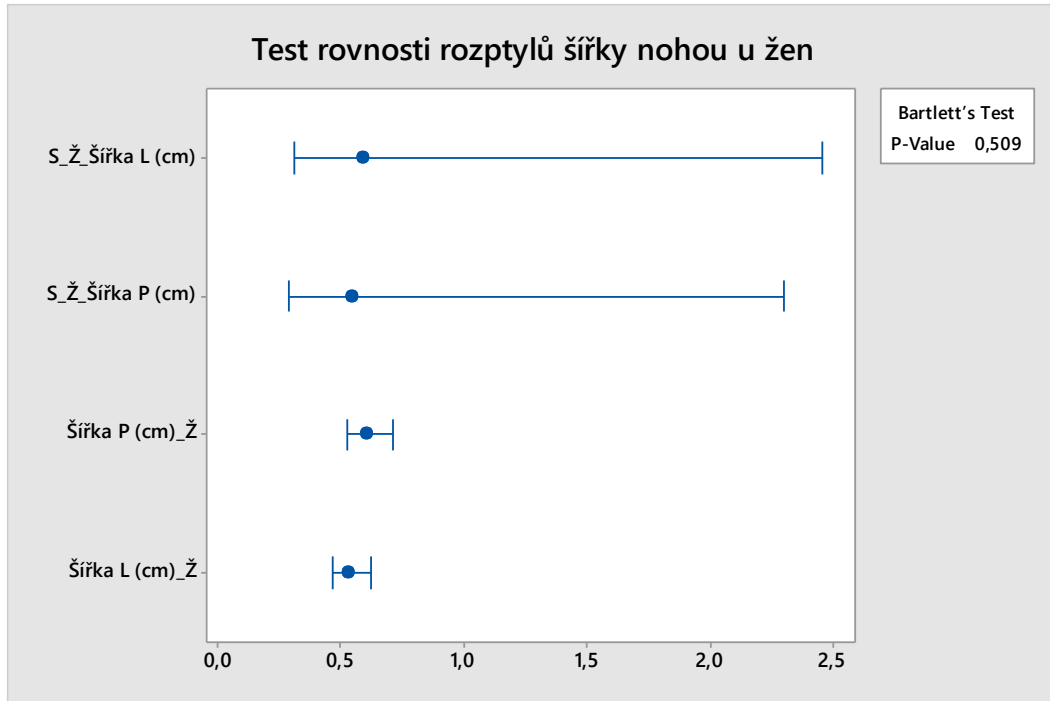
Dále byla provedena jednocestná ANOVA s procedurou porovnání středních hodnot dle Fishera za předpokladu rovnosti rozptylů:

H_0 : Střední hodnoty šířek nohou u žen jsou stejné.

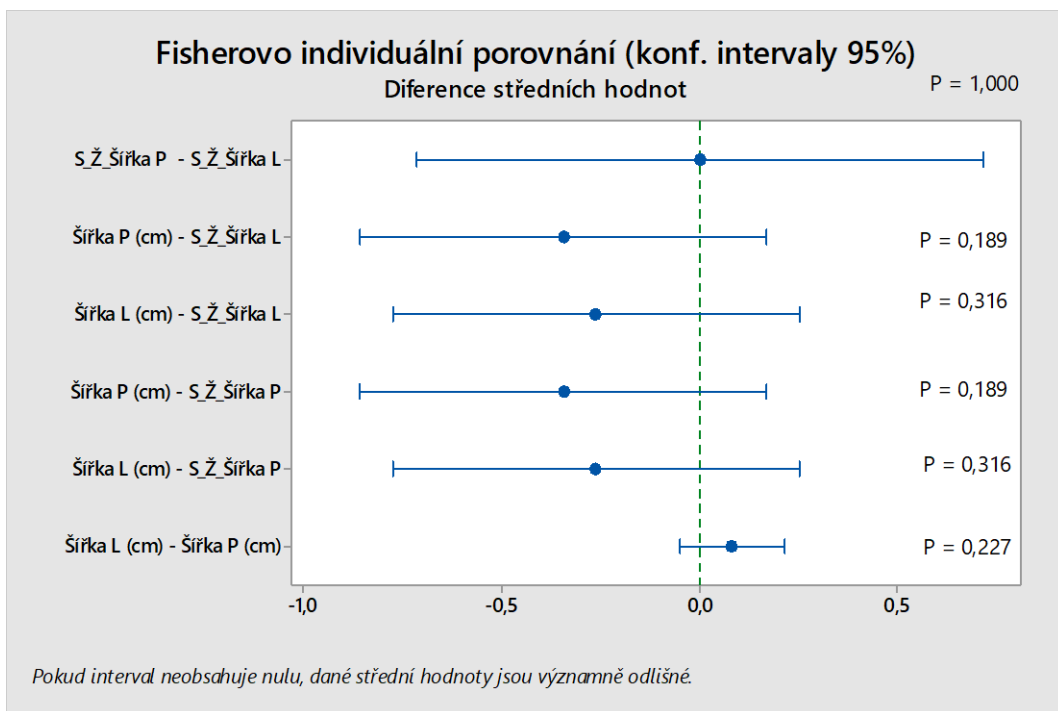
H_a : Střední hodnoty šířek nohou u žen se liší.

$$\alpha = 0,05$$

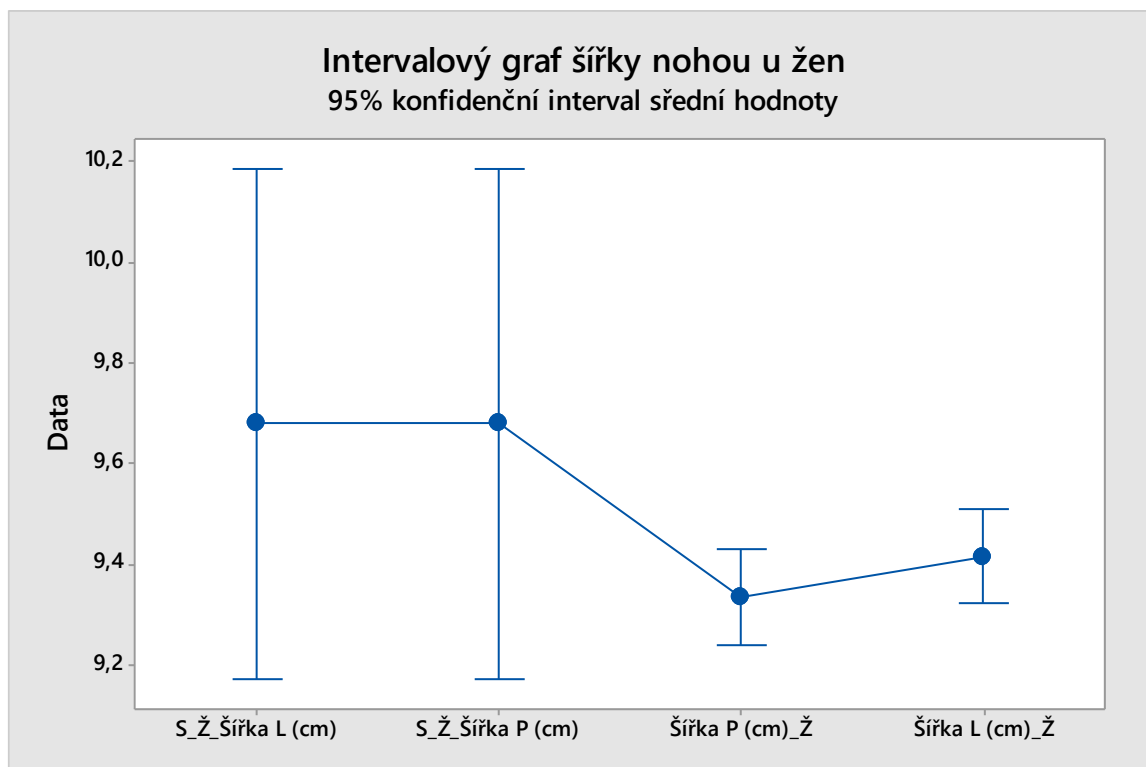
Výsledek: Všechny hodnoty P jsou větší, než α . Proto nemůže být zamítnuta nulová hypotéza a lze tvrdit, že s pravděpodobností 95% se střední hodnoty šířek nohou žen neliší.



Obr. 86 Test rovnosti rozptylů šířky nohou u žen z obou dat. souborů



Obr. 87 Fisherovy individuální testy pro diference středních hodnot šířek nohou žen



Obr. 88 Intervalový graf středních hodnot šířky nohou u žen z obou dat. souborů

ZÁVĚR

Po veškerých kontrolách, filtracích, testech a porovnáních naměřených dat byla úspěšně sestavena metodologie pro měření nohou a následné porovnání dvou datových souborů obsahujících rozměry nohou. Byly porovnávány délky a šířky levé a pravé nohy u studentů FT UTB a u návštěvníků zlínských prodejen obuvi. Datové soubory s největší pravděpodobností vznikly odlišným způsobem. Původní soubor, který vznikal ve zlínských prodejnách obuvi, byl měřen nejspíše pomocí univerzálního obuvnického měřidla, zatímco nový datový soubor, měřený na půdě FT UTB, byl měřen pomocí moderního 3D skeneru nohou, který zajišťuje přesnější a také rychlejší měření.

Pro správnou interpretaci výsledků a následné porovnání musela být naměřená data nejprve zpracována. K tomuto byla vytvořena pomyslná metodologie. Mezi základní body této metodologie patří rozdělení měřených osob dle pohlaví a rozdělení dle věku zvláště na osoby do 20 let, kdy je člověk ve vývinu, a zvláště na osoby nad 20 let, kdy je vývin již převážně ukončen.

V případě porovnání nohou návštěvníků zlínských prodejen obuvi se studenty FT UTB byly zjištěny tyto výsledky. Nejprve je nutno podotknout velký rozdíl v počtu měřených probandů. Návštěvníků zlínských prodejen obuvi podrobených měření bylo 767, zatímco měřených studentů FT UTB bylo pouze 38. Studenti však posloužili pouze jako srovnávací soubor, proto tento nepoměr nemá zásadní vliv na výsledky této diplomové práce. Student muž má průměrně kratší, ale širší nohu, než má návštěvník zlínských prodejen. Studentka žena má průměrně delší i širší nohu, než má návštěvnice zlínských prodejen obuvi. Pomocí rozptylové analýzy ANOVA byly zjištěny významné rozdíly mezi šířkami pravé nohy u studentů mužů a návštěvníků mužů. Ostatní parametry se buďto významně neliší nebo se jedná o parametry, které se vzájemně moc nepodobají. Toto bylo dokázáno pomocí shlukové analýzy, kde byla znatelně větší podobnost mezi délkou levé a pravé nohy nebo mezi šířkou levé a pravé nohy než mezi délkami a šířkami nohou.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GOONETILLEKE, Ravindra S., ed. The Science of Footwear. Boca Raton: CRC Press, 2012, 726 s. ISBN 1138077844.
- [2] FRYDRÝŠEK, Karel. Úvod do biomechaniky 1: Introduction to biomechanics 1. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta materiálově-technologická, 2018. ISBN 978-80-248-4172-4.
- [3] Lidská noha, Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, Dostupné také z: https://is.muni.cz/el/1451/jaro2014/bk2053/um/lidska_noha/pages/stavba-nohy.html [cit.: 24.11.2021]
- [4] Základy anatomie, Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, Dostupné také z: https://is.muni.cz/do/fsp/e-learning/zaklady_anatomie/zakl_anatomie_I/index.html [cit.: 24. 11. 2021]
- [5] SONG, Eungyeol, et al. Foot Measurement Using 3D Scanning Model. International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, 2018, 18.3: 167-174. Dostupné také z: <https://doi.org/10.5391/IJFIS.2018.18.3.167>
- [6] LEE, Yu-Chi a Mao-Jiun WANG, 2014. Taiwanese adult foot shape classification using 3D scanning data. Ergonomics [online]. 58(3), 513-523 [cit. 2022-02-27]. ISSN 0014-0139. Dostupné z: doi:10.1080/00140139.2014.974683
- [7] NETTER, Frank H., 2019. Atlas of human anatomy. Seventh edition. Philadelphia, PA: Elsevier, 535 stran, 9 nečíslovaných stran, I-42. ISBN 978-0-323-39322-5.
- [8] KUTÍLEK, Patrik a Adam ŽIŽKA, 2012. Selected chapters from experimental biomechanics. In Prague: Czech Technical University. ISBN 978-80-01-05114-6.
- [9] ČAPEK, Lukáš, Petr HÁJEK a Petr HENYŠ, 2018. Biomechanika člověka. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0367-6.
- [10] ČIHÁK, Radomír, GRIM, Miloš a Oldřich FEJFAR, ed. Anatomie. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016, 5 svazků. ISBN 9788024738178.
- [11] DIMON, Theodore, 2017. Anatomie těla v pohybu: základní kurz anatomie kostí, svalů a kloubů. Druhé, revidované vydání. Praha: Euromedia, 261 s. ISBN 9788075491589.

- [12] JOUKAL, Marek a Ladislava HORÁČKOVÁ, 2013. Anatomie pohybového systému pro fyzioterapeuty. Brno: Masarykova univerzita, 91 s. ISBN 978-80-210-6602-1.
- [13] Overview scanners & pressure plates. Materialise Motion [online]. [cit.: 27.2.2022]. Dostupné z:
<https://www.materialise.com/system/files/resources/Overview%20scanners%20%26%20pressure%20plates.pdf>
- [14] MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. Kompendium statistického zpracování dat. Praha: Karolinum, 2012, 982 s. ISBN 9788024621968.
- [15] ISO 16269-4, Statistical interpretation of data — Part 4: Detection and treatment of outliers
- [16] Univerzita Karlova, Testy středních hodnot. Dostupné také z:
https://fu.ff.cuni.cz/STAT/16_testy_strednich_hodnot.html [cit.: 28.2. 2022]
- [17] Testování hypotéz, VŠB. [cit. 27.2.2022] Dostupné také z:
http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace_7.pdf
- [18] ZVÁRA, Karel a Josef ŠTĚPÁN, 2019. Pravděpodobnost a matematická statistika. Šesté vydání. Praha: Matfyzpress. ISBN 978-80-7378-388-4.
- [19] KUBIŠOVÁ, Milena. Hodnocení jakosti povrchu polymerních dílů nenormativním způsobem. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 32 s. ISBN 978-80-7454-739-3. Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/41626>. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství. Vedoucí práce Pata, Vladimír.
- [20] Somatoskopické znaky člověka [online]. [cit. 4.5.2022] Dostupné z:
<https://www.sci.muni.cz/somatoskopie/cs/prohlizeni/dolni-koncetiny/tvar-nohy/kontury/>
- [21] FARANA, Roman, Biomechanická analýza pohybového výkonu I, 2012, 150 s. ISBN 978-80-210-6069-2
- [22] SONG, Eungyeol et al., 2018. Foot Measurement Using 3D Scanning Model. INTERNATIONAL JOURNAL of FUZZY LOGIC and INTELLIGENT SYSTEMS [online]. 18(3), 167-174 [cit. 2022-05-05]. ISSN 1598-2645. Dostupné z: doi:10.5391/IJFIS.2018.18.3.167
- [23] HAIR, Joseph F. et al., 2019. Multivariate data analysis. Eighth edition. Australia: Cengage, xvii, 813 s. ISBN 978-1-4737-5654-0.

- [24] HO, Robert, 2014. Handbook of univariate and multivariate data analysis with IBM SPSS. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, xxiii, 561 s. ISBN 9781439890219.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

UTB	Univerzita Tomáše Bati
FT	Fakulta technologická
2D	Dvojměrný prostor
3D	Trojměrný prostor
4D	Čtyřměrný prostor
mm	Milimetr
cm	Centimetr
USB	Univerzální sériová sběrnice
STL	Stereolitografický formát
OBJ	Formát typu objekt
EDA	Exploratorní datová analýza
H ₀	Nulová hypotéza
H _a	Alternativní hypotéza
α	Hladina významnosti
ANOVA	Analýza rozptylu
MANOVA	Multivariační analýza rozptylu
ID	Identifikace
kg	Kilogram
min	Minimum
max	Maximum
M	Muž
Ž	Žena
P	Pravá
L	Levá
S	Student

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Kostra dolní končetiny [4].....	12
Obr. 2 Anatomické rozdělení kosti nohy [1]	13
Obr. 3 Mediální podélná klenba [1].....	14
Obr. 4 Laterální podélná klenba [1].....	14
Obr. 5 Příčná klenba [1].....	14
Obr. 6 Pohyby nohy [1]	15
Obr. 7 Svaly a šlachy nohy [7]	18
Obr. 8 Tvary nohy [20].....	23
Obr. 9 Druhy klenby [1]	23
Obr. 10 Diagram rozptýlení: a) symetrický (normální), b) asymetrický (logaritmicko-normální) [14].....	27
Obr. 11 Boxplot: a) symetrický (normální), b) asymetrický (logaritmicko-normální) [14]	27
Obr. 12 Histogram – a) symetrický (normální), b) asymetrický (logaritmicko-normální) [14]	27
Obr. 13 Jádrový odhad pravděpodobnosti – a) symetrický (normální), b) asymetrický	28
Obr. 14 Tabulka správnosti rozhodnutí a omylů [17].....	29
Obr. 15 Diagram pro správné vybrání testu [16].....	29
Obr. 16 Dendrogram	30
Obr. 17 Skener 3D od firmy Materialise [13].....	32
Obr. 18 Úvodní obrazovka v softwaru Materialise Footscan	33
Obr. 19 Vkládání údajů o měřené osobě v příslušném programu	34
Obr. 20 Zobrazený výsledek měření v příslušném programu.....	35
Obr. 21 Fotografie chodidel v rámci výsledků měření v příslušném programu	35
Obr. 22 Měřené parametry nohy.....	36
Obr. 23 Graf časové řady ID.....	39
Obr. 24 Histogram ID	39
Obr. 25 Graf pohlaví.....	40
Obr. 26 Histogram věku.....	41
Obr. 27 Histogram hmotnosti	42
Obr. 28 Grafický report pro výšku obsahující hrubou chybu	43
Obr. 29 Nový histogram výšky.....	43
Obr. 30 Koláčový graf lokace.....	44
Obr. 31 Grubbsův test odlehlých hodnot pro délku pravé nohy u žen	45
Obr. 32 Výsledek Grubbsova testu odlehlých hodnot pro délku pravé nohy u žen	45

Obr. 33 Histogram délky pravé nohy.....	46
Obr. 34 Boxplotový graf pro délku pravé nohy.....	46
Obr. 35 Krabicový graf šířky pravé nohy u mužů a žen.....	48
Obr. 36 Histogram šířky pravé nohy u mužů a žen.....	49
Obr. 37 Výsledek Grubbsova testu odlehlých hodnot pro šířku pravé nohy u mužů.....	49
Obr. 38 Výsledek 1. Grubbsova testu odlehlých hodnot pro šířku pravé nohy u žen.....	50
Obr. 39 Výsledek 2. Grubbsova testu odlehlých hodnot pro šířku pravé nohy u žen.....	50
Obr. 40 Histogram délky levé nohy u mužů a žen.....	51
Obr. 41 Krabicový graf délky levé nohy u mužů a žen.....	52
Obr. 42 Výsledek Grubbsova testu odlehlých hodnot pro délku levé nohy u žen.....	52
Obr. 43 Histogram šířky levé nohy u mužů a žen.....	53
Obr. 44 Krabicový graf šířky levé nohy u mužů a žen.....	54
Obr. 45 Výsledek Grubbsova testu odlehlých hodnot pro šířku levé nohy u mužů.....	54
Obr. 46 Transformace dat.....	55
Obr. 47 Graf četnosti jednotlivých pohlaví.....	56
Obr. 48 Graf závislosti hmotnosti na věku u mužů.....	57
Obr. 49 Graf závislosti hmotnosti na věku u žen.....	57
Obr. 50 Graf závislosti výšky na věku u mužů.....	58
Obr. 51 Graf závislosti výšky na věku u žen.....	58
Obr. 52 Grafy korelace hmotnosti, délky a šířky nohou u žen do 20 let.....	59
Obr. 53 Grafy korelace hmotnosti, délky a šířky nohou u mužů.....	60
Obr. 54 Analýza shluků ženy do 20 let.....	61
Obr. 55 Analýza shluků muži do 20 let.....	62
Obr. 56 Grafy korelace hmotnosti, délky a šířky nohou u žen nad 20 let.....	64
Obr. 57 Grafy korelace hmotnosti, délky a šířky nohou u mužů nad 20 let.....	64
Obr. 58 Grubbsův test odlehlých hodnot pro parametr výšky u mužů nad 20 let.....	65
Obr. 59 Grubbsův test odlehlých hodnot pro hmotnost u mužů nad 20 let.....	66
Obr. 60 Analýza shluků ženy nad 20 let.....	67
Obr. 61 Analýza shluků muži nad 20 let.....	67
Obr. 62 Krabicový graf šířky nohou u mužů a žen nad 20 let.....	68
Obr. 63 Histogram šířky nohou u mužů a žen nad 20 let.....	69
Obr. 64 Krabicový graf délky nohou u mužů a žen nad 20 let.....	69
Obr. 65 Histogram délky nohou u mužů a žen nad 20 let.....	70
Obr. 66 Krabicové grafy u mužů s možnými odlehlými hodnotami.....	73
Obr. 67 Krabicové grafy u žen.....	73

Obr. 68 Histogramy u mužů	74
Obr. 69 Histogramy u žen.....	74
Obr. 70 Grubbsův test odlehlých hodnot pro hmotnost u mužů.....	75
Obr. 71 Grubbsův test odlehlých hodnot pro délku pravé nohy u mužů	75
Obr. 72 Grubbsův test odlehlých hodnot pro šířku levé nohy	76
Obr. 73 Krabicový graf délky levé a pravé nohy u mužů a žen	77
Obr. 74 Krabicový graf šířky levé a pravé nohy u mužů a žen	77
Obr. 75 Délky nohou u mužů a žen z prvního i druhého datového souboru	78
Obr. 76 Šířky nohou u mužů a žen z prvního i druhého datového souboru	79
Obr. 77 Test rovnosti rozptylů délky nohou u mužů z obou dat. souborů.....	80
Obr. 78 Fisherovy individuální testy pro difference středních hodnot délek nohou mužů...	81
Obr. 79 Intervalový graf středních hodnot délky nohou u mužů z obou dat. souborů	81
Obr. 80 Test rovnosti rozptylů délky nohou u žen z obou dat. souborů.....	82
Obr. 81 Fisherovy individuální testy pro difference středních hodnot délek nohou žen	83
Obr. 82 Intervalový graf středních hodnot délky nohou u žen z obou dat. souborů.....	83
Obr. 83 Test rovnosti rozptylů šířky nohou u mužů z obou dat. souborů	85
Obr. 84 Fisherovy individuální testy pro difference středních hodnot šířek nohou mužů....	85
Obr. 85 Intervalový graf středních hodnot šířky nohou u mužů z obou dat. souborů	86
Obr. 86 Test rovnosti rozptylů šířky nohou u žen z obou dat. souborů.....	87
Obr. 87 Fisherovy individuální testy pro difference středních hodnot šířek nohou žen	87
Obr. 88 Intervalový graf středních hodnot šířky nohou u žen z obou dat. souborů	88

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Minimální a maximální hodnoty parametrů	37
Tab. 2 Možné odlehlé hodnoty délky pravé nohy u žen	47
Tab. 3 Odlehlé hodnoty a stav po testu odlehlých hodnot.....	48
Tab. 4 Počet osob a jejich údaje o věku dle rozdělení do 20 a nad 20 let	56
Tab. 5 Korelační matice ženy do 20 let	60
Tab. 6 Korelační matice muži do 20 let.....	60
Tab. 7 Korelační matice ženy nad 20 let	63
Tab. 8 Korelační matice muži nad 20 let.....	65
Tab. 9 Deskriptivní statistika datového souboru	72