



Biomechanické aspekty úchopu lidské ruky v kontextu ergonomie práce

Bakalářská práce

Studijní program: B 3944 – Biomedicínská technika
Studijní obor: 3901R032 – Biomedicínská technika

Autor práce: **Anna Molová**
Vedoucí práce: Mgr. Václav Bittner





Biomechanical aspects of grasping the human hand in the context of ergonomics of work

Bachelor thesis

Study programme: B3944 –Biomedical Technology
Study branch: 3901R032 – Biomedical Technology

Author: **Anna Molová**
Supervisor: Mgr. Václav Bittner





Zadání bakalářské práce

Biomechanické aspekty úchopu lidské ruky v kontextu ergonomie práce

Jméno a příjmení: **Anna Molová**
Osobní číslo: D16000007
Studijní program: B3944 Biomedicínská technika
Studijní obor: Biomedicínská technika
Zadávací katedra: Fakulta zdravotnických studií
Akademický rok: **2018/2019**

Zásady pro vypracování:

Cíle práce:

1. Popsat funkční anatomii horní končetiny se zaměřením na ergonomii úchopu.
2. Na základě syntézy poznatků nalézt antropometrické ukazatele ovlivňující svalovou sílu horních končetin.
3. S využitím dynamometrie zrealizovat pilotní experimentální šetření zaměřené na sledování závislosti maximální úchopové síly ruky na vybraném geometrickém uspořádání segmentů horní končetiny.

Teoretická východiska (včetně výstupu z kvalifikační práce):

Základní funkcí ruky je úchop. V ergonomii práce bývá úchop studován zejména v souvislosti s degenerativními změnami svalů a šlach předloktí, případně celé horní končetiny. Je všeobecně známé, že pracovní činnost spojená se stereotypními úkony vede k jednostrannému mechanickému přetěžování těchto struktur a následně k jejich chronickým onemocněním.

Nářízením vlády č. 361/2007 Sb., konkrétně Hlava IV, stanovuje podmínky ochrany zdraví při práci s fyzickou zátěží (Česko, 2007). Postup stanovení a vyhodnocení lokální svalové zátěže popisuje příloha č. 5 část B. Podstatou přílohy je detekce svalové námahy člověka během pracovní činnosti v obvyklých pracovních pozicích. Následné vyhodnocení svalové zátěže je možné buď porovnáním zjištěných údajů s tabelovanými standardy, nebo s využitím referenční maximální svalové síly flexorů prstů ruky sledovaného pracovníka (Česko, 2007). Přesné metodické pokyny však výše uvedený dokument neobsahuje. To může vézt k odlišným interpretacím výsledků.

Výstupem bakalářské práce bude metodický návod pro hodnocení svalové síly flexorů ruky v ergonomii práce.

Výzkumné předpoklady / výzkumné otázky:

Výzkumné předpoklady budou stanoveny na základě syntézy poznatků z funkční anatomie a antropometrie horní končetiny.

Metoda:

Práce bude mít teoreticko-empirický charakter, metoda kvantitativní

Technika práce, vyhodnocení dat:

V rámci pilotní studie bude ke stanovení maximální svalové síly využit ruční dynamometr. Úhly mezi jednotlivými segmenty horní končetiny budou určeny goniometrem. Data budou vyhodnocena standardními statistickými metodami (popisná statistika, korelační a regresní analýza).

Místo a čas realizace výzkumu:

TUL, FZS

Říjen 2018 – Únor 2019

Vzorek:

30 probandů ve věku 19 – 25 let

Rozsah pracovní zprávy: 50 – 70
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická



Seznam odborné literatury:

ČESKO. MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY. 2007. Nařízení vlády č. 361 ze dne 28. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: Sbírka zákonů České republiky. Částka 111, s. 5086-5236. ISSN 1211-1244.

Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>

GRIM, M., O. NAŇKA a I. HELEKAL. 2014. Atlas anatomie člověka – Atlas of Human Anatomy I.: Končetiny, stěna trupu – Limbs, Body Wall. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4012-6.

HUDÁK, Radovan a David KACHLÍK. 2017. Memorix anatomie. 4. vyd. Praha: Triton. ISBN 978-80-7553-420-0.

JEBAVÝ, Radim. 2017. Rozvoj silových schopností na nestabilních plochách. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-3665-8.

MALÝ, Stanislav et al. 2016. Ergonomické stresory pod kontrolou, aneb, Ergonomie – jak na to. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce. ISBN 978-80-87676-26-4.

MARTIN-MARTIN, Jaime a Antonio CUESTA-VARGAS. 2014. Quantification of functional hand grip using electromyography and inertial sensor-derived accelerations: clinical implications.

BioMedical Engineering [online]. 13(161) [cit. 2019-01-13] ISSN 1475-925X.

Dostupné také z:

<https://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1475-925X-13-161>

NETTER, Frank H. et al. 2016. Netterův anatomický atlas člověka. 6. vyd. Brno: Albatros Media. ISBN 978-80-264-1176-5.

PILNÝ, Jaroslav et al. 2017. Chirurgie ruky: 2. aktual. a dop. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0180-1.

RICHTER, Milan a Otakar KELLER. 2014. Nemoci šlach a šlachových pochev nebo úponů svalů z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování. Neurologie pro praxi. 15(5), s. 244 – 248. ISSN 1803-5280.

ŠENK, Zdeněk. 2012. Bezpečnost a ochrana zdraví při práci prakticky a přehledně podle normy OHSAS. 2. vyd. Olomouc: ANAG. ISBN 978-80-7263-737-9.

ŠIŠKOVÁ, Veronika. 2014. Design pracovního prostředí a jeho vliv na výkonnost pracovníka: The work environment design and its effect on worker efficiency : teze disertační práce.

Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta managementu a ekonomiky. ISBN 978-80-7454-459-0.

Vedoucí práce: Mgr. Václav Bitter
Konzultant práce: Ing. Iveta Danilová
Fakulta zdravotnických studií
Datum zadání práce: 2. ledna 2019
Předpokládaný termín odevzdání: 30. června 2019

L. S.

prof. MUDr. Karel Cvachovec, CSc., MBA
děkan

prof. MUDr. Karel Cvachovec, CSc., MBA
děkan

V Liberci 31. ledna 2019

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

V Liberci dne:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce za trpělivost a ochotu. Nadále bych ráda poděkovala firmě ŠKODA AUTO a.s. za umožnění výzkumu a za spolupráci týmu ergonomického centra ŠKODA AUTO a.s. pod vedením Ing. Jitky Umlafové. A ráda bych poděkovala panu doktoru Mašínovi za cenné rady ohledně statistického zpracování dat.

Anotace v českém jazyce

Jméno a příjmení autora: Anna Molová

Instituce: FZS – Biomedicínská technika

Název práce: Biomechanické aspekty úchopu lidské ruky v kontextu ergonomie práce

Vedoucí práce: Mgr. Václav Bittner

Počet stran: 74

Počet příloh: 2

Rok obhajoby: 2019

Anotace:

Hlavním cílem práce bylo nalézt a zhodnotit biomechanické aspekty úchopu lidské ruky v kontextu ergonomie práce. V rámci stanovených cílů jsme vytvořili přehled funkční anatomie horní končetiny, shrnuli poznatky o svalové síle končetiny spolu s ergonomií úchopu a popsali jsme metodiku stanovení lokální svalové zátěže horní končetiny. Následně jsme zrealizovali výzkumné šetření zaměřené na maximální svalovou sílu ve třech polohách. Výzkumu se účastnilo 506 lidí různého věku a pohlaví. Výsledkem výzkumu je vyšší síla u mužů oproti ženám a nalezená závislost mezi silou a polohou horní končetiny, ve které se síla měří.

Klíčová slova: úchop, ergonomie ruky, maximální síla stisku

Annotation

Name and surname: Anna Molová

Institution: FZS – Biomedical technology

Title: Biomechanical aspects of grasping the human hand in the context of ergonomics of work

Supervisor: Mgr. Václav Bittner

Pages: 74

Appendix: 2

Year: 2019

Annotation:

The main aim of this work was to find and evaluate biomechanical aspects of human hand grip in the context of work ergonomics. Within the set goals, we created an overview of the functional anatomy of the upper limb, summarized the knowledge of muscle strength of the limb together with the grip ergonomics and described the methodology for determining the local muscular load of the upper limb. Subsequently, we made research focused on maximum muscle strength in three positions. The research included 506 people of different ages and sexes. The result of the research is to force higher among men than women found a correlation between the strength and position of the upper limb, in which power is measured.

Keywords: grip, hand ergonomics, maximum grip strength

Obsah

Obsah	9
Seznam použitých zkratk.....	10
1 Úvod.....	11
2 Teoretická část	12
2.1 Vybrané poznatky z funkční anatomie horní končetiny	12
2.2 Svalová síla horních končetin a její deskriptory.....	22
2.3 Ergonomie úchopu lidské ruky.....	27
2.4 Metodika stanovení lokální svalové zátěže horních končetin	29
3 Výzkumná část.....	33
3.1 Cíle a výzkumné předpoklady	33
3.2 Metodika výzkumu	33
3.2.1 Použité experimentální metody.....	33
3.2.2 Metodika sběru dat.....	34
3.2.3 Charakteristika výzkumného souboru.....	35
3.2.4 Metodika statistického zpracování dat.....	36
3.3 Analýza výzkumných dat	37
4 Diskuze.....	48
5 Závěr	49
Seznam použité literatury.....	50
Seznam příloh	53

Seznam použitých zkratek

AP	akční potenciál
DKK	dolní končetiny
F_{\max}	maximální síla svalu
HK	horní končetina
HKK	horní končetiny
IP	interphalangeální klouby
m.	musculus
mm.	musculi
MTCP	metacarpophalangeální klouby
NS	nervosvalová ploténka
TUL	Technická univerzita v Liberci

1 Úvod

Základní funkcí ruky je úchop. V ergonomii práce bývá úchop studován zejména v souvislosti s degenerativními změnami svalů a šlach předloktí, případně celé horní končetiny. Je všeobecně známé, že pracovní činnost spojená se stereotypními úkony vede k jednostrannému mechanickému přetěžování těchto struktur a následně k jejich chronickým onemocněním. Častým důvodem je i neergonomická pozice horní končetiny a ruky při stereotypní práci. Právě touto problematikou se budeme zabývat v bakalářské práci. Hlavním cílem bakalářské práce je nalézt a zhodnotit biomechanické aspekty úchopu lidské ruky v kontextu ergonomie práce.

Bakalářská práce se skládá ze dvou základních částí. První částí je teoretická, ve které se budeme zabývat funkční anatomií horní končetiny, abychom si dokázali představit její funkci. Následně se budeme zabývat silou svalů, jejich prací, výkonem a souvislostmi těchto vlastností svalů a funkcí celé HK. Dále se budeme zabývat ergonomií úchopu a popíšeme metodiku stanovení lokální svalové zátěže horní končetiny se zaměřením na dynamometrii.

Druhou částí je praktická, ve které se zabýváme zpracováním naměřených hodnot výzkumného šetření, které probíhá pomocí dynamometru.

2 Teoretická část

2.1 Vybrané poznatky z funkční anatomie horní končetiny

Základním znakem života je pohyb. Pohybem vyjadřujeme potřebu změny nebo nutnosti zachování daného stavu a je mnohvrstevným a mnohoznačným jevem. (Dylevský, 2007)

„Kineziologie je věda o biologických komponentách, aspektech a attributech pohybu v procesu vývoje a o vlivu pohybu na biologické struktury“ (Dylevský, 2007, s. 11). Kineziologii bychom mohli rozdělit na dvě základní skupiny. **Obecná kineziologie**, která vychází z evoluce struktur, mikrokineziologie tkání a z pohybu na molekulární úrovni. Oproti tomu **speciální kineziologie** se zabývá pohybem jednotlivých tělních segmentů. (Dylevský, 2007)

Kineziologie horní končetiny má evoluční původ v párových hrudních ploutvích. Po přechodu k chůzi po dvou nohou nastala potřeba úchopu, který umožňuje fixaci, držení předmětů, manipulaci s předměty a jejich opracování. K těmto účelům se ruka postupně vyvíjela, dotvářela a měnila. (Dylevský, 2007)

Kosterní stavba ruky a stavba kloubních spojení a svalů odpovídá manipulační funkci ruky. HKK spolu kooperují a spolupracují a většinou je jedna HK dominantnější než druhá. Ramenní kloub je nejpohyblivějším kloubem HK a umožňuje rozsáhlý pohyb celé končetiny. Díky loketnímu kloubu může HK měnit svoji délku a po spolupráci s rotací ramene umožňuje jíst, či založit HKK za hlavu. Pevnost a přesnost ovlivňuje zápěstí, jež nese a podpírá ruku společně s koordinací pohybů MTCP a IP kloubů. Dále umísťuje ruku do prostoru a pohybem zvětšuje rozsah pohybů v kloubech ruky. Důležitou roli u člověka hraje specifický pohyb ruky, opozice palce. Ruka zakončuje HK a je jejím aktivním koncem. Sama o sobě je pohyblivým a taktilním orgánem, který neustále mění svůj tvar, dokáže uchopit různě tvarované a těžké předměty a mění rychlost pohybů. (Dylevský, 2007)

Abychom mohli konat pohyb, je potřeba sval. U člověka nalezneme tři základní typy svaloviny. Svalovina kosterní (příčně pruhovaná), svalovina hladká a svalovina srdeční – myokard. V bakalářské práci se budeme zajímat o první typ svaloviny, kosterní, která je specifická svojí stavbou a způsobem inervace. (Mourek, 2012)

Sval řadíme mezi dráždivé tkáně. Základní funkcí svalů je kontrakce, při níž dochází ke smrštění (stažení) svalových vláken, a relaxace, při které se svalová vlákna uvolní. (Mourek, 2012)

Název příčně pruhovaná svalovina získala od struktury své stavby. Svalovina je složena ze svalových vláken, které mohou být dlouhé 1 až 500 mm. Povrch buněk je tvořen membránou (sarkolemou), uvnitř které je jádro a cytoplazma (sarkoplasma). V cytoplazmě se nadále nachází buněčné jádro, mitochondrie, sarkoplazmatické retikulum a svalová vlákénka (myofibrily), které jsou složeny z aktinu a myozinu (bílkoviny) a nachází se v sarkomerech. Bílkoviny jsou uspořádané pravidelně a stereotypně. Sarkomery jsou funkční jednotkou svalu. Upínají se do nich bílkoviny a jsou řazeny do série a mezi sebou odděleny Z liniemi, do kterých se upínají aktinová vlákna. Myozinová mají oba konce volné, přičemž je překrývají aktinová vlákna a jsou stabilizovány látkami bílkovinného charakteru. (Mourek, 2012; Dylevský, 2007) Aktin a myozin je důležitý při kontrakci svalů, kdy se mezi myozinová vlákna zasouvají vlákna aktinu. Ke zkrácení svalu dochází po impulzu, který přijde nervovými vlákny k nervosvalové ploténce. (Mourek, 2012) Nervosvalová ploténka (NS) je název pro místo, kde se spojují motorická nervová vlákna, jdoucí z předních rohů míšních, a svalové buňky. Mediátorem v NS je acetylcholin. Impulz podnítl uvolnění acetylcholinu z presynaptické části NS ploténky, který se naváže na receptor postsynaptické membrány NS ploténky a tím ji depolarizuje. Po dosažení potřebné úrovně dochází k AP, který ovlivní sousední svalovou membránu a vzniká vzruch šířící se sarkomerou a T-tubulem, vedoucí dovnitř svalových buněk, a otevírá napětím řízené vápníkové kanály, které se otevrou i v sarkoplazmatickém retikulu. To vše způsobí vyplavení vápenatých iontů do sarkoplazmy a navázání na troponin C, který změní svoji prostorovou konfiguraci a dojde k aktivaci aktinu. Po aktinu se následně kloužou hlavy myozinu. Výsledkem je zkrácení sarkomem, myofibril což vede ke zkrácení svalu. (Mourek, 2012)

Je dobré vědět, že se svaly dále dělí dle jejich funkce na **agonistické**, sval vykonávající určitý pohyb v daném směru a je hlavním vykonavatelem pohybu, **antagonistické**, vykonávající opačný pohyb než agonista, a **synergistické**, což je pomocný sval agonistovi. Dále máme svaly **fixační**, umožňují zpevnění určité části, která koná pohyb, **neutralizační**, ruší nežádoucí pohyb, který je vykonávaný agonisti a synergisty,

a **posturální**, které zabezpečují vzpřímený stoj. (Bernaciková, Kalichová a Beránková, 2019)

Horní končetina začíná pletencem horní končetiny skládající se z klíční kosti (clavicula) a lopatky (scapula). Pletenec HK svojí stavbou poskytuje podporu HK a zahajuje pákový systém s velmi rozsáhlou škálou pohyblivosti. (Dimon, 2017) Lopatka leží na zadní straně hrudníku a je trojúhelníkového tvaru. Pro úpony svalů jsou důležité tři okraje *margo lateralis, medialis et cranialis* (laterální, mediální a horní). Hřeben lopatky (*spina scapulae*) dělí u lopatky jámu na nadhřebenovou a podhřebenovou (*fossa supraspinata et infraspinata*). *Spina scapulae* nadále přechází v nedpažek (*acromion*). (Dimon, 2017)

Jamka (*cavitas glenoidalis*) ležící na *angulus lateralis* tvoří spolu s hlavicí kosti pažní (*caput humeri*) největší a nejpohyblivější kloub HK, kterým je ramenní (*articulatio humeri*). Ramenní kloub je kulovitěho volního typu a díky ploše hlavice klouby, která je větší než plocha jamky, je rozsah pohybu v kloubu velmi rozsáhlý. Střední polohou kloubu je mírná flexe s abdukci ve 45 °. Kloub umožňuje flexi a extenzi, abdukci do 90 °, nad 90 ° nazýváme hyperdukce, neboť pohyb není tvořen pouze ramenním kloubem, ale již spolupracuje celý ramenní pletenec, addukci, vnitřní a vnější rotaci do 45 ° a cirkumdukci, což je spojení pohybů v návaznosti na sebe. (Eliška a Elišková, 2009)

Svaly ramene a lopatky (mm. humeri et scapulae) jsou aktivní částí pletence HK (Dylevský, 2007). Hlavní funkcí svalů je udržet hlavici klouby v její jamce a pohybovat paží. Deltový sval (*m. deltoideus*), nad/podhřebenový (*m. supra/infraspinatus*), malý a velký oblý sval (*m. teres minor et major*) a sval podlopatkový (*m. subscapularis*) tvoří svaly ramene a lopatky.

Deltový sval spojuje pažní kost s klíční kostí a lopatkou. Sval je tvořen třemi částmi pojmenovaných dle začátku dané části. Začíná na klíční kosti, akromionu a zevní části *spina scapulae* a upíná se na hrbolek humeru (*tuberositas deltoidea humeri*). Funkcí svalu je udržet **klidové napětí** hlavice ramenního klouby a udržet hlavici v jamce klouby. Provádí abdukci v ramenním kloubu pomocí akromiální části, ventrální flexi klouby umožňuje klavikulární část oproti tomu dorzální flexi napomáhá spinální část svalu. (Eliška a Elišková, 2009)

M. supraspinatus začíná v nadhřebenové jámě lopatky a upíná se na *tuberculum majoris*. Abdukuje a rotuje ramenní kloub. Oproti tomu *m. infraspinatus* začíná v podhřebenové jámě a upíná se pod *m. supraspinatus* na *tuberculum majoris*. Sval provádí zevní rotaci v kloubu. Stejnou funkci má i malý oblý sval (*m. teres minor*) začínající na horní polovině *margo lateralis* a upíná se na dolní část *tuberculum majoris*. Oproti tomu velký oblý sval (*m. teres major*) začíná na dolní části *margo lateralis*, laterálně od ní odstupuje a upíná se na hraně *tuberculum minor humeri* kde je spojen s velkým svalem zádočným (*m. latissimus dorsi*). Hlavní funkcí svalu je vnitřní rotace a addukce v ramenním kloubu a spolu s velkým zádočným svalem táhne paži dozadu. *M. supraspinatus, infraspinatus et teres minor* ovlivňují supinaci předloktí při extenzi v lokti. Podlopatkový sval (*m. subscapularis*) začíná v jámě na vnitřní ploše lopatky a upíná se na *tuberculum minor humeri*. Provádí addukci a vnitřní rotaci v kloubu. (Eliška, Elišková, 2009)

Kost pažní (*os humerus*) se skládá ze tří hlavních částí – dvou kloubních konců (proximální a distální epifýza) a střední části, nazvané tělo (diafýza). Proximální epifýza je zakončena hlavicí humeru (*caput humeri*). Kloubní hlavicí ještě tvoří malý a velký hrbolek (*tuberculum majoris et minus*). Distální epifýzu tvoří dva kloubní hrboleky. Laterální částje tvořen hlavičkou humeru (*capitulum humeri*) a mediální tvoří kladka humeru (*trochlea humeri*). Laterální a mediální epikondyl (*epicondylus lateralis et medialis*) jsou menší hrboleky po stranách kosti nad kondyly, kde jsou ještě tři jamky (*fossa coronoidea, radialis et olecrani*). (Eliška a Elišková, 2009)

Na humerus navazují **kosti předloktí** (*ossa antebrachii*) skládající se ze dvou kostí. Kost loketní (*ulna*) a vřetení (*radius*) tvoří dva kloubní konce (proximální a distální epifýza) a tělo (diafýza). Proximální epifýzu ulny tvoří *olecranon*, který zapadá do *fossa olecrani* na humeru a upíná se na něj trojhlavý sval pažní (*m. triceps brachii*). Na proximální epifýze se nachází zářez, který tvoří společně s hlavičkou radia (*caput radii*) kloubní spojení. (Pilný a Čížmář, 2006)

Hlava ulny (*caput ulnae*), jejíž kloubní plocha (*circumferentia articularis*) proximálně nasedá na vazivovou ploténku (*discus articularis*) a laterálně se pojí s kostí vřetení, tvoří s bodcovitým výběžkem ulny (*processus styloideus ulnae*) distální epifýzu ulny. Proximální epifýza radia je menší a je tvořena hlavicí kosti (*caput radii*), jejíž mělká kloubní jamka (*fovea capitis radii*) tvoří kloubní spojení s *capitulum humeri*. Drsnatina

(tuberositas radii), kam se upíná šlacha dvojhavého svalu pažního (m. biceps brachii) leží na diafýze radia. Laterální stranu distální epifyzy tvoří bodcovitý výběžek radia (processus styloideus radii) a karpální kloubní plocha pojící se s os lunatum et scaphoideum. (Pilný a Čižmář, 2006) V supinačním postavení předloktí jde ulna k malíkové straně (mediální). Oproti tomu radius jde k palcové straně (laterální). Díky možnosti otáčení radia kolem ulny, která je osou pro radius, můžeme provádět supinaci a pronaci v loketním kloubu. (Eliška a Elišková, 2009)

Celkově je loketní kloub funkčně kladkový. Spojují se zde 3 hlavice (trochlea humeri, capitulum humeri a circumferentia articularis radii) se 3 jamkami (incisura trochlearis ulnae, fovea articularis radii a incisura radialis ulnae). Kloubní pouzdro tvoří tři hlavní vazy - zevní a vnitřní kolaterální vaz, prstencový vaz (ligamentum anulare radii), který nedovoluje odtažení radia od ulny. Loketní kloub je ve střední poloze, pokud je ve flexi a mírné pronaci. Jinak možné pohyby v lokti jsou flexe (až 145 °) a extenze (0-5 °), supinace a pronace. (Pilný a Slodička, 2017)

Svaly paže (mm. brachii) se rozkládají na ventrální a dorzální straně paže. Ventrální stranu tvoří flexory ramenního a loketního kloubu, mezi něž patří dvojhavý sval pažní (m. biceps brachii), vnitřní pažní a pažní sval (m. coracobrachialis et brachialis) a vřetenní sval (m. brachioradialis). Trojhavý sval pažní (m. triceps brachii) tvoří dorzální stranu kosti pažní. Dvojhavý sval pažní (m. biceps brachii) ovlivňuje ramenní a zároveň loketní kloub. Skládá se ze dvou hlav, dlouhá (caput longum) začíná šlachou nad kloubní jamkou lopatky, přechází v bříško, které se spojuje s krátkou hlavou (caput breve). Šlacha krátké hlavy začíná na zobákovitém výběžku lopatky a následně se přeměňuje na bříško, které se spojuje s dlouhou hlavou. Spojený sval se upíná na drsnatinu radia (tuberositas radii). Sval má hned několik funkcí, je hlavním flexorem loketního kloubu a supinátorem předloktí, dlouhá hlava provádí abdukci a krátká hlava addukci s ventrální flexí v ramenním kloubu. (Eliška a Elišková, 2009)

Vnitřní sval pažní (m. coracobrachialis) začíná na vrcholku processus coracoideus, a upíná se na horní polovinu humeru. Funkcí svalu je flexe a abdukce v ramenním kloubu. Sval pažní (m. brachialis) začíná na přední, dolní polovině kosti pažní, překrývá ventrální plochu loketního kloubu a upíná se na drsnatinu ulny (tuberositas ulnae). Sval je hlavním flexorem loketního kloubu. M. triceps brachii je mohutný sval složený ze tří hlav. Dlouhá hlava (caput longus) začíná na dolním okraji kloubní jamky lopatky, zevní

hlava svalu (*caput laterale*) začíná na horní zadní části kosti pažní a vnitřní hlava (*caput ulnare/mediale*) začíná na zadní dolní části kosti pažní. Hlavy se následně spojují a společně upínají na olekranon. Funkce svalu jako celku je extenze loketního kloubu. Dlouhá hlava napomáhá při extenzi a addukci v ramenním kloubu. (Dylevský, 2007)

Dolní vřetenoloketní kloub (*articulatio radioulnaris distalis*) je jednoduchý, pohyblivý kloub kolového typu. Tvoří jej hlavice ulny (*caput ulnae*) a plocha radia (*incisura ulnaris radii*). Střední poloha tohoto kloubu je v mírné pronaci. Možnými pohyby tohoto kloubu je supinace a pronace (160-190 °), kdy distální konec radia obíhá kolem distální hlavice ulny. (Dimon, 2017)

V oblasti loketního kloubu a předloktí se nacházejí svaly provádějící supinaci a pronaci v loketním kloubu, flexi a extenzi ruky, radiální a palmární dukci nebo flexi či extenzi prstů. Svaly předloktí se dělí na tři skupiny, které od sebe odlišují vazová septa. (Eliška a Elišková, 2009)

Ventrální skupinu tvoří čtyři vrstvy- povrchová, druhá, třetí (hluboká) a čtvrtá (nejhlubší) vrstva. Veškeré svaly těchto vrstev jdou až na ruku a ovlivňují ji, jediné dva svaly z povrchové a nejhlubší vrstvy ovlivňují předloktí. (Eliška a Elišková, 2009)

Čtyři svaly povrchové vrstvy začínají ve společné hlavě (*caput commune*), která leží na epikondylu humeru. Pronující sval oblý (*m. pronator teres*) jde šikmo a upíná se na horní polovinu radia. Provádí pronaci předloktí a napomáhá při flexi loketního kloubu. Zevní ohýbač zápěstí (*m. flexor carpi radialis*) odstupuje z hlavy kaudálně, prochází karpálním tunelem a upíná se na bázi 2. metakarpu. Provádí flexi ruky a v loketním kloubu, podílí se také na radiální dukci zápěstí. Dlouhý sval dlaňový (*m. palmaris longus*) také odstupuje kaudálně a končí šlachou na dlaňové aponeuróze. Sval provádí flexi ruky a nemusí se vytvořit. Vnitřní ohýbač zápěstí (*m. flexor carpi ulnaris*) se upíná na hráškovitou kost. Provádí flexi jak v loketním kloubu, tak ruky a ulnární dukci v zápěstí. (Eliška a Elišková, 2009)

Povrchový ohybač prstů (*m. flexor digitorum superficialis*) tvoří druhou vrstvu ventrální skupiny svalů. Začíná na epikondylu humeru, břicho svalu se dělí na čtyři šlachy procházející karpálním kanálem a upínají se na střední články druhého až pátého prstu, kdy při úponu se rozdělí na dvě části a upíná se na boky článků. Provádí flexi v loketním kloubu, zápěstních kloubech a v proximálních mezičlánekových kloubech

a díky svým úponům se podílí na flexi prstů, pevném úchopu a stisknutí ruky. (Eliška a Elišková, 2009)

Třetí vrstva (hluboká) ventrální skupiny svalů je tvořena dvěma svaly. Dlouhý ohýbač palce (m. flexor pollicis longus) začíná na vřetení kosti, přechází do karpálního kanálu, kde následně pokračuje mezi hlavami krátkého flexoru palce a upíná se na druhý článek palce. Provádí flexi článků palce a také flexi v zápěstí. Hluboký ohýbač prstů (m. flexor digitorum profundus) začíná na ulně a před karpálním kanálem se rozděluje na čtyři šlachy, které jím procházejí do dlaně. Šlachy svalu pokračují až na poslední články prstů, kde se upínají. V dlani se na radiální straně k šlachám připojují krátké *mm. lubricales*. Sval provádí flexi v zápěstí a prstů. Po počáteční kontrakci povrchového ohybače prstů, provádí flexi proximálních článků prstů. (Eliška a Elišková, 2009)

Sval pronující čtyřhranný (m. pronator quadratus) je jediným svalem nejhlubší vrstvy. Čtvercový pás je napnut mezi distálním koncem ulny a distálním koncem radia ve formě ploténky. Jeho funkcí je otáčení distálního konce radia kolem ulny (pronace předloktí) a také zabraňuje rozestupu konců ulny a radia od sebe, při působení síly na karpus (pád na zápěstí). (Eliška a Elišková, 2009)

Další skupinou, ve které se svaly podílejí na funkci předloktí, je skupina **radiální**, skládající se z povrchové a hluboké vrstvy. Vřetenní sval (m. brachioradialis) začíná nad laterálním epikondylem, jde povrchově na radiální straně a upíná se na *processus styloideus radii*. Provádí flexi v loketním kloubu, supinaci předloktí z pronace a naopak. Zevní dlouhý natahovač zápěstí (m. extensor carpi radialis longus) začíná distálněji od m. brachioradialis a upíná se na dorzální stranu báze druhého metakarpu. Zevní krátký natahovač zápěstí (m. extensor carpi radialis brevis) začíná na zevním epikondylu humeru a upíná se na bázi třetího metakarpu. Funkce dlouhého a krátkého natahovače je flexe v loketním kloubu, supinace předloktí, laterální dukce a extenze zápěstí. (Eliška a Elišková, 2009)

Hlubokou vrstvu tvoří odvraceč ruky (m. supinator) jehož jedna hlava začíná na ulně a druhá na laterálním epikondylu humeru. Obě hlavy se spojují, obtácejí krček radia a sval se upíná na ventrální plochu radia. Supinuje radius. (Eliška a Elišková, 2009)

Poslední skupinou svalů předloktí je skupina **dorzální**, která je tvořena dvěma vrstvami extenzorů. Vrstvy se dělí na povrchovou a hlubokou.

Povrchová vrstva je tvořena třemi extenzory. Natahovač prstů (m. extensor digitorum) začíná na laterálním epikondylu humeru a přechází ve čtyři šlachy vytvářející na hřbetě prstů plochou šlachu (dorzální aponeuróza) pro druhý až pátý prst. Provádí extenzi prstů a zápěstí (otevření dlaně). Natahovač pátého prstu (m. extensor digiti minimi) je slabým svaem, který probíhá po mediální straně m. extensor digitorum a upíná se do jeho dorzální aponeurózy pátého prstu. Hlavní funkcí svalu je extenze malíčku, zápěstí a karpů společně s natahovačem prstů. Vnitřní natahovač zápěstí (m. extensor carpi ulnaris) je třetím svaem povrchové vrstvy začínající na zevním epikondylu kosti pažní a upíná se na bázi pátého metakarpu. Provádí extenzi a mediální dukci (úklon) ruky. (Eliška a Elišková, 2009)

Hluboká vrstva je tvořena extenzory palce a ukazováku. Odtahovač palce (m. abduktor pollicis longus) probíhá nejlaterálněji ve vrstvě. Začíná na dorzální straně radia a mezikostní membráně, přetáčí se přes radius a upíná se na bázi palcového metakarpu. Provádí abdukcii palce v karpometakarpálním kloubu. Krátký natahovač palce (m. extensor pollicis brevis) začíná distálně od odtahovače palce, má s ním shodný průběh a upíná se na první článek palce. Funkcí tohoto svalu je extenze a abdukce palce v metakarpofalangovém kloubu. Dlouhý natahovač palce (m. extensor pollicis longus) začíná na dorzální straně ulny, pokračuje přes šlachy na hřbetě ruky a upíná se na poslední článek palce. Provádí extenzi palce. Natahovač ukazováku (m. extensor indicis) začíná na dorzální straně ulny a přechází do dorzální aponeurózy druhého prstu. Funkcí svalu je extenze druhého prstu (ukazováku). (Eliška a Elišková, 2009)

Je patrné, že větší část svalů, které se nacházejí na předloktí, ovlivňují ruku spíše, než samotné předloktí.

Kostra ruky (ossa manus) je tvořena osmi kostmi zápěstními (ossa carpi), pěti kostmi záprstními (ossa metacarpi) a čtrnácti články prstů (phalanges digitorum manus). (Pilný a Čižmář, 2006)

Karpální kosti jsou drobné kosti, které jsou uspořádány do proximální a distální řady po čtyřech kostech. Obě řady jsou popsány ve směru radio-ulnárním (od palce k malíku). Proximální řada karpálních kostí je tvořena kostí loďkovitou (os scaphoideum), poloměsíčitou (os lunatum), trojhrannou (os triquetrum) a hráškovou (os pisiforme) a je součástí radiokarpálního skloubení (articulatio radiocarpalis). V kloubu jsou možné tyto pohyby: palmární flexe – extenze (dorzální flexe), radiální a ulnární dukce (do 60 °)

a celkově cirkumdukce. (Eliška a Elišková, 2009) *Articulatio mediocarpalis* je skloubení mezi proximální a distální řadou karpálních kostí, sám o sobě je omezeně pohyblivý, avšak všemi směry. (Pilný a Čížmář, 2006) Distální řada je tvořena kostí trapézovou (*os trapezium*), trapézovitou (*os trapezoideum*), hlavatou (*os capitatum*) a hákovitou (*os hamatum*). Na tuto řadu nasedají metakarpální kosti. Metakarpální kosti jsou dlouhé monoepifyziární kosti. Kostí je pět a označují se římskými číslicemi I.-V. od palce k malíku. Na proximálním konci se kloubně spojují s prvními články prstů. Články prstů (*phalanges digitorum*) jsou drobné dlouhé monoepifyziární kůstky a je jich celkem čtrnáct na jedné ruce. Palec má dva články ostatní prsty mají po třech člancích. Záprstně-článekové klouby (*articulationes metacarpophalangeae*) jsou jednoduché klouby mezi metakarpálními kostmi a prvními články prstů. Umožňují pohyb do flexe, extenze, cirkumdukce a při extenzi kloubu je možná ulnární či radiální dukce s pasivní rotací. Posledními klouby na ruce jsou ruční mezičlánekové klouby nebo také IPP a IPD klouby (*articulationes interphalangeae proximales et distales*). Jsou to jednoduché klouby kladkového typu umožňující flexi a extenzi. (Pilný a Čížmář, 2006) Klouby ruky (*articulationes manus*) jsou tvořeny proximo-distálně uloženými třemi řadami kloubních spojů. Celkový tvar, klenutí a rozsah kloubních ploch má velký význam pro úchopovou funkci ruky.

Svaly ruky (mm. manus)

Svaly zde začínající a končící se mohou rozdělit dle fasciálních prostorů na svaly palcového valu (**thenaru**), malíkového valu (**hypothenu**) a svaly středního dlaňového prostoru. Svaly **thenaru** tvoří čtyři krátké svaly, které začínají v oblasti karpálního vazy a upínají se v oblasti palce. Řadí se mezi ně krátký ohýbač palce (*m. flexor pollicis brevis*), oponující sval palce (*m. opponens pollicis*), přitahovač palce (*m. adductor pollicis*) a krátký odtahovač palce (*m. abductor pollicis brevis*). Funkcí svalů je flexe v metakarpofalangovém kloubu, abdukce palce, opozice palce a addukce palce. (Eliška a Elišková, 2009)

Oproti tomu svaly **hypothenu** tvoří povrchový sval, krátký dlaňový sval (*m. palmaris brevis*), a skupina hlouběji uložených svalů. Odtahovač pátého prstu (*m. abductor digiti minimi*) začíná na *os pisiforme* a upíná se na mediální stranu článku malíku a provádí abdukci malíku. Ohýbač pátého prstu (*m. flexor digiti minimi brevis*) začíná na

os hamatum, jde po laterální straně odtahovače malíku a upíná se na bázi článku malíku a provádí jeho flexi. Oponující sval pátého prstu (m. opponens digiti minimi) je sval slabší, který začíná na kostěném výběžku (hamulus ossis hamati), prochází pod předešlými svaly malíku a upíná se na vnitřní straně pátého metakarpu. Je opozicí malíku. (Eliška a Elišková, 2009)

Pod kůží v dlaňovém prostoru lze vidět plochou dlaňovou aponeurózu (aponeurosis palmaris), která je tvořena vazivovou blánou a je rozprostřena nad středním prostorem a distálně se štěpí na čtyři pruhy.

Nejhlouběji mezi metakarpy leží mezikostní svaly ruky (mm. interossei manus), které se dále dělí na tři mezikostní svaly dlaňové a na čtyři mezikostní svaly hřbetní. Dlaňové (mm. interossei palmares) začínají na bázích druhého, čtvrtého a pátého metakarpu. Probíhají na převrácené straně vůči ose třetího prstu a upínají se, laterálně na druhém a mediálně na čtvrtém a pátém, na báze prvních článků prstů, na kterých začínají, a do jejich aponeurózy. Třetí prst nemá žádné dlaňové mezikostní svaly. Hřbetní (mm. interossei dorsales) začínají dvojitě od dvou k sobě převrácených stran sousedních metakarpů (jeden sval začíná na laterální straně jednoho metakarpu a mediální straně sousedního metakarpu) a upínají se na proximální falangy, na laterální stranu druhého a třetího prstu a na mediální stranu třetího a čtvrtého prstu, a do dorzální aponeurózy stejných prstů. Funkcí mezikostních svalů dlaňových je addukce prstů směrem k třetímu prstu a svaly hřbetní provádí abdukci od třetího prstu. (Dimon, 2017)

Svaly uložené na ruce zodpovídají za jemnější pohyby ruky a prstů.

Popsaný systém je na sobě závislý. Ruka může fungovat nezávisle na loketním či ramenním kloubu, avšak v omezeném směru. Celek HK spolu spolupracuje, jakmile vypadne jeden článek, bude HK použitelná, avšak v omezeném rozsahu. (Bernaciková, Kalichová a Beránková, 2019)

U člověka rozlišujeme několik druhů kostí, jedním z nich jsou dlouhé kosti, příkladem je os humerus, ulnae et radii. Tyto kosti ve spolupráci se svaly a pohyblivými spoji tvoří fyzikálně nazývaný stroj páka. Díky kloubům (pohyblivý spoj) je páka pohyblivá. Pohyblivé kostní spojení mezi kostmi (loketní kloub) plní biomechanickou funkci páky a tvoří opěrný bod ve své ose, dlouhé kosti tvoří ramena páky. U páky rozlišujeme

rameno síly, rameno břemene a osa otáčení. (Bernaciková, Kalichová a Beránková, 2019)

2.2 Svalová síla horních končetin a její deskriptory

Sval se může zkrátit na 50-70 % své klidové délky a prodloužit na 180 %. (Brančíková, 2006)

Funkcí svalu je přeměnit dodávanou chemickou energii na mechanickou a následně z toho vzejde pohyb. Účinnost svalu, poměr spotřebované energie ku dodané, je přibližně 20 %. Zbýlých 80 % se přemění na teplo, díky tomu jsou svaly hlavním dodavatelem tepla pro organismus. Při přeměně dodávané energie dochází ke kontrakci svalové tkáně (zkrácení), což je hlavní funkcí svalů. Podrobněji popsáno v kapitole 2.1.

Stah svalu se dělí na dva typy, které se odlišují způsobem ohnutí hlavičky myozinu vůči aktinu. Pokud se hlavička ohne z původních 90 °, vůči aktinu, na 45 °, tak se sval zkrátí a jde o **dynamický (izotonický)** typ stahu svalu. Dle změny délky svalu se dynamická kontrakce dělí na koncentrickou, kdy se sval zkrátí a zrychlí se pohyb, a excentrickou kontrakci, u níž dochází k natažení svalu a zpomalení pohybu. Oproti tomu, pokud hlavička myozinu zůstane v původních 90 °, kontrakce svalu nenastává a zvýší se jen tonus svalu, jde o **izometrický** stah svalu.

Svalová vlákna se dají nadále rozdělovat dle rychlosti svalové kontrakce. Rozlišujeme tři skupiny na pomalé (oxidativní, červená), rychlé (glykolytické, bílé) a smíšené (intermediální). Pomalé vlákna mají vysoký obsah myoglobinu, jsou bohatě kapilárně zásobeny a mohou být v kontrakci až 100 ms. Zabezpečují stoj, příkladem jsou svaly krku kontrahující pomalu a velmi dlouho jej udržují. Oproti tomu svalová vlákna rychlého typu, které se kontrahují velmi rychle, mají nízký obsah myoglobinu, řídkší kapilární síť a vydrží v kontrakci jen 10 až 40 ms. Jsou vhodné pro rychlé svalové kontrakce, krátkodobou zátěž. (Brančíková, 2006)

Vykonání efektivního a přesného výsledného pohybu je řízeno celým systémem svalové činnosti. Tento systém je řízen z CNS a je na sebe tak navázán, že tvoří svalové smyčky. Svalová smyčka je principem pro činnost složitějšího řízení úmyslného pohybu, kdy svaly a skupiny svalů jsou v dynamickém spojení a pracují koordinovaně pro splnění daného pohybu. (Bernaciková, Kalichová a Beránková, 2019)

Síla

Síla je mírou tendence k pohybu. Je jí možné měřit pouze nepřímo za pomoci přístrojové techniky (dynamometr, případně v kombinaci s jinými přístroji). Síla se z fyzikálního hlediska odvozuje z Newtonova zákona. Odvozuje se z hmotnosti a zrychlení $g = 8,91 \text{ m/s}^2$ viz. Rovnice 1 a je udávána v jednotkách Newton [N].

$$F = m * g \quad \text{Rovnice 1}$$

Pro hodnocení svalové síly je důležité stanovit maximální svalovou sílu (F_{\max}), jež je vyvolána určitou skupinou svalů. V bakalářské práci budou využity jednotky kilogram [kg], neboť lze také stanovit sílu jako **maximální hmotnost tělesa**, kterou dokáže sval/svalová skupina udržet v klidu proti tíhové síle. V těchto jednotkách měřil zvolený přístroj.

Struktury lidského těla na sebe navzájem působí různými silami. Pokud bychom to převedli na naše téma, můžeme říci, že kosterní svaly působí na šlachy, které působí na kosti a vyvolávají tak napětí. Oproti tomu v kloubech kosti tlačí na kloubní chrupavku a tlak se následně přenáší na další kloubní a kostěné struktury. Takovéto působení tlakové síly vyvolává v kloubech tlak. Tyto popsané síly se řadí mezi vnitřní síly a drží celé tělo pohromadě, ať jsou pod napětím, či tlakem. (Jandačka a Uhlář, 2011)

Na svaly také působí vnější síly, které lze rozdělit na bezkontaktní a kontaktní. Bez vnějších sil bychom nemohli měnit svoji polohu. (Jandačka a Uhlář, 2011)

„Protože svaly mohou produkovat jen vnitřní síly, nemohou způsobit změnu pohybu těžiště těla. Činnost svalů vytváří vnitřní síly, které způsobují pohyb končetin a jednotlivých částí těla, ale nemůže způsobit změnu pohybu těžiště celého těla bez vnějších sil, které působí na lidské tělo“ (Jandačka a Uhlář, 2011, s. 19).

Herzog a Nigg v roce 1994 uvedli, že 1 cm^2 průřezu svalu dokáže vyvinout sílu přibližně 25 N. Pro porovnání byl uveden lýtkový sval s plochou průřezu 80 cm^2 a může tedy vyvinout sílu o 4000 N (400 kg). (Bernaciková, Kalichová a Beránková, 2019)

„Maximální síla žen představuje asi 60-70 % síly mužů. Svaly jsou nejvýkonnější ve věku 20 až 30 let, pak jejich síla postupně klesá na dvě třetiny maxima. V 60 letech fyzická zdatnost odpovídá asi 60 % maxima. Snížením tělesné zdatnosti však nejsou stejně postiženy všechny svalové skupiny. Úbytek svalové síly v závislosti na fyzickém věku je zhruba stejný u mužů jako u žen“ (Gilbertová a Matoušek, 2002, s. 240)

Sval není prostým generátorem síly, avšak je také zdrojem mechanické a tepelné energie a je reologickým „jednočinným“ motorem. Podle Hillových výzkumů

mechanický výkon závisí na vnější zátěži a stupni excitace. Produkce mechanického výkonu svalu je závislá na velikosti zátěže, relativní rychlosti, směru pohybu úponu a na aktuální délce svalu, při které probíhá měření.

Pasivně protahovaný relaxovaný sval klade exponenciálně proměnný odpor, který závisí na rychlosti a směru protahování. Oproti tomu excitovaný sval klade exponenciálně proměnný odpor závisící na stupni protažení a excitaci. Aktivní stav svalu charakterizuje jeho mechanická a elektrická aktivita. (Otáhla, 2001)

Průměrná hodnota zkrácení kosterních svalů u koncentrické kontrakce je 57 %. (Hamill, Knutzen, 2007) Síla, kterou vyvineme při koncentrické kontrakci je menší, než maximální síla izometrické kontrakce vyvinuté při optimální délce svalu. Rychlost kontrakce závisí na složení daného svalu z již zmíněných typů svalového vlákna a na zátěži, proti které je svalem provázena kontrakce. (Bernaciková, Kalichová a Beránková, 2019)

Při změně polohy loketního kloubu z extenze do 90° flexe vyvolá m. biceps brachii určitou sílu. Na poloze loketního kloubu je závislá schopnost svalu vytvářet moment síly. Změna úhlu v loketním kloubu mění i moment síly svalů, který daný kloub ovlivňují. To vysvětluje schopnost našich svalů vytvářet moment síly v každé poloze jiný, avšak oproti jiným polohám nalezneme polohu, ve které je daný moment síly největší. (Jandačka, Uhlář, 2011)

„Moment síly je otáčivý účinek síly. Velikost momentu síly vzhledem k momentovému bodu je přímo úměrná velikosti působící síly a vzdálenosti tohoto bodu od vektorové přímky síly, která moment vyvolává. Vzdálenost mezi vektorovou přímkou síly a zvoleným bodem označujeme jako rameno síly“ (Jandačka, Uhlář, 2011, s. 69).

Svalová práce

Svalovou práci můžeme rozdělit na dynamickou a statickou. Střídání stahu a relaxace svalu při izotonické činnosti svalu nazýváme pozitivní dynamická práce. Síla působí po určité dráze. Negativní dynamická práce vykonává brzdný pohyb (chůze z kopce). Statická práce se pojí s izometrickým stahem svalů za určitý čas. Její velikost je závislá na velikosti vynakládané svalové síly. Při statické i dynamické svalové práci je vynakládána svalová síla. K dynamické práci zařazujeme i činnosti, při kterých se svalová síla pojí se zkrácením délky svalu a je vykonávána dobu kratší než 3 s. Důležité je vědět, zda ji vykonávají malé nebo velké svalové skupiny. Testování pomocí

dynamometrie zjišťuje statickou práci svalů při izometrickém stahu. Neboť statická síla překonává vnější odpor prostřednictvím formace svalů, či minimálního pohybu s tělesem nebo udržením daného tělesa v dané poloze. Převažuje prováděná práce (pomocí flexe, extenze či rotace). Oproti tomu dynamická síla, jak jsme již zmiňovali v kapitole 2.2, odpovídá izotonické kontrakci. Překonává odpor prostředí a tělesa po určité dráze. Měří se F_{max} flexe prstů, nebo výdrž při držení submaximální síly $\%F_{max}$. Při protažení svalu o 40-50 % klidové délky dochází k nevratným změnám ve svalové struktuře, avšak k přetržení svalu dojde až po protažení o dvojnásobek klidové délky. (Bernaciková, Kalichová a Beránková, 2019)

Svalový výkon je svalová práce vykonaná za určitý čas. Svalový výkon se používá z hlediska sportů, neboť u některých sportů je třeba vykonat svalovou sílu po určité dráze za co nejkratší čas. Jinak řečeno výkon zhodnocuje rychlost konání práce. V oblasti antropometrie se můžeme setkat s termíny rychlá síla či explozivní síla. Výkon může být také definován jako součin síly a rychlosti ve směru působení síly.

„Výkon jsme si definovali jako součin síly a rychlosti. U komplexních lidských pohybů je maximálního výstupního mechanického výkonu dosahováno přibližně s 50 % maxima síly rychlosti daného sportovce“(Jandačka, Uhlář, 2011, s. 66).

Pokud bychom převedli svalový výkon do světa sportu, můžeme s jistotou říci, že sprinteři mají větší svalový výkon než dálkový běžci a jsou ho schopni udržet po krátkou dobu v řádu sekund. Největší výkon vykonají vzpěrači, řádově až 3200 W (wattů - jednotka výkonu), neboť potřebují vyvinout sílu za co nejkratší dobu. (Jandačka, Uhlář, 2011)

V roce 2005 provedli Dempsey a spol. výzkum u vzorku čínské populace v rámci korelace antropometrických rozměrů těla a síly stisku ruky. U celkem 146 mužů a 47 žen měřili sílu stisku rukou, zvedání ramene, paže a tahovou sílu trupu a z antropometrických údajů měřili tělesnou váhu, výšku a další parametry, které jsou pro naši práci nevýznamné. Pro nás je důležitá váha, výška a síla stisku rukou vsedě s předloktím v supinaci. Probandi měli během 1 sekundy vyvinout maximální svalovou sílu a následně ji 3 sekundy udržet. Výsledkem této studie je nalezený vztah mezi váhou, výškou a silou pravé i levé ruky. Byla zjištěna průměrná síla levé ruky 389,5 N a pravé 431,1 N. (Dempsey, 2005)

Oproti tomu v roce 1984 proběhl výzkum panem Jensenem a kol., kterým zjišťovali nejprve přesnost tří dynamometrů a v rámci studie také vliv věku, váhy a výšky na sílu stisku ruky. Studie probíhala na 100 probandech, z toho na 45 mužích a 55 ženách. Medián věku v rozpětí 20-87 let byl 45 let, průměrná výška z rozpětí 146-190 cm byla 171 cm a průměrná váha z rozpětí 39-110 kg byla 68 kg. Poloha byla vsedě, 90° flexe v lokti s ramenem v neutrální pozici. Studie měla 5 pokusů pro každou ruku s libovolnou dobou odpočinku mezi jednotlivými pokusy. Výsledkem studie je pokles síly s rostoucím věkem, což je potvrzeno více studiemi zmíněnými na straně 23, a zvyšování se síly s rostoucí vahou a výškou. Článek neuvádí žádné hodnoty. (Jensen, 1984)

Podobný výsledek studie můžeme nalézt i u Andersona a Cowana z roku 1966. Sledovali souvislost mezi silou stisku ruky, věkem a tělesnou vahou. U probandů zjistili rozdílnost síly pravé a levé ruky, souvislost mezi silou ruky, tělesnou vahou a věkem.

Kanauchi a spol v roce 2005 provedli studii zaměřující se na vliv únavy při testování síly stisku ruky. Na tuto studii navázali druhou, kterou se zaměřili na vliv pozice těla a vzdálenosti stiskáných poloh na sílu ruky. Studie se účastnilo 100 probandů (50 mužů a 50 žen). Poloha HKK byla podél těla v neutrální pozici. Pro první studii byly zvolené dva rozdílné postupy měření. Tři sety měření po dvou pokusech byly provedeny nejdříve nepřetržitě, bez možnosti odpočinku a následně intervalově s odpočinkem v délce jedné minuty po každém stisku. Probandi byli během testování povzbuzováni. Výsledkem první studie je, že hodnoty sil z měření bez odpočinku s každým sledujícím stiskem vlivem únavy klesly, oproti tomu při měření síly s jednominutovou pauzou nedocházelo ke statisticky významným rozdílům. Na základě prvního výzkumu byl proveden druhý. Mezi jednotlivými měřeními byla zvolena minutová pauza a byly zvoleny tři vzdálenosti stisku. Standardní rozpětí úchopu, jako polovina vzdálenosti mezi špičkou ukazováku a MTCP kloubem palce. U druhého rozpětí bylo připočítáno k standardnímu rozpětí 10 % a u třetího naopak odečteno 10 %. U mužů byla průměrná vzdálenost 58,2 mm a u žen 54,1 mm. Výsledky testu prokázaly nevýznamný rozdíl mezi standardním rozpětím a standardním rozpětím+ 10 %, avšak prokázaly rozdíl mezi standardním rozpětím a standardním rozpětím-10 %. Standardní rozpětí-10 % mělo nejmenší hodnoty síly stisku ruky. (Kanauchi, 2005)

V roce 1990 Virgil Mathiowetz provedl výzkum na 49 zdravých probandech a 49 probandech v rehabilitaci s HK pomocí tří pokusů měření síly stisku ruky. Závěrem výzkumu je, že rozdíl mezi testováním síly bez odpočinku a s odpočinkem 60 sekund je zanedbatelný a statisticky bezvýznamný, neboť se svalová síla jen málo mění. (Mathiowetz, 1990)

O rok dříve uskutečnili výzkum Trossmanová a Li, kteří zkoumali vliv odpočinku 60, 30 a 15 sekund mezi 5 náměry. Nebyly zjištěny žádné významné rozdíly mezi skupinami v poklesu svalové síly napříč jednotlivými pokusy. Nicméně skupina s nejdelším odpočinkovým časem měla významně menší procento poklesu svalové síly od prvního do posledního pokusu. (Trossman a Li, 1989)

2.3 Ergonomie úchopu lidské ruky

Mezi odvětví antropologie se řadí také antropologie ergonomická nebo průmyslová, jež jsou důležitou součástí ergonomie.

Ergonomie je věda zabývající se zákonitostmi práce snažící se díky průzkumům dalších vědních oborů o co nejlepší řešení vztahů mezi člověkem a pracovním prostředím. Jde o efektivitu, bezpečnost a minimální námahu při práci.

Definice ergonomie podle Mezinárodní ergonomické asociace z roku 2000: *„Ergonomie je vědecká disciplína založena na porozumění interakci člověka a dalších složek systému. Aplikací vhodných metod, teorie i dat zlepšuje lidské zdraví, pohodu i výkonnost. Přispívá k řešení designu a hodnocení práce, úkolů, produktů, prostředí a systémů, aby byly kompatibilní s potřebami, schopnostmi a výkonnostním omezením lidí. Ergonomie je systémově orientovaná disciplína, která prakticky pokrývá všechny aspekty lidské činnosti“* (VÚBP, 2019)

Následující obory studují pracovní systémy a hlavně vytváří vědní obor ergonomii. Řadí se mezi ně antropometrie (vč. biomechaniky) a filozofie, psychologie a hygiena práce.

Předměty v oblasti výzkumu jsou výkonnostní determinanty člověka. Řadí se mezi ně tělesné rozměry, rozsah pohybů končetin a trupu, síla svalových skupin, mentální kapacita či kapacita zraku a sluchu. Dalšími předměty je adaptace pracovníka na práci, pracovní prostředí a k tomu příslušné předměty, nebo také vzájemný vztah fyzických a psychických vlivů na organismus. (VÚBP, 2019)

Při jakékoliv pracovní činnosti dochází postupem času k narušování jednotlivých funkcí organismu. Narušení organismu se projeví kolísáním výkonnosti daného pracovníka. Velmi často v důsledku únavy. Z toho důvodu jsou ve směně zavedeny přestávky, které zahrnují přirozené potřeby zaměstnance, zákonem dané přestávky a čas na oddech, který má vyrovnat pracovní únavu. Fyzická námaha, nervové vypětí, pracovní tempo či poloha, monotonie práce či škodlivost prostředí jsou artefakty ovlivňující únavu. Dle Müllera a Karrasche je oddechový čas závislý na intenzitě práce, avšak méně na době trvání dané práce. Intenzita práce se měří pomocí nárůstu tepové frekvence během práce.

Troufáme si říci, že ke každé práci je potřeba základní funkce ruky a tou je úchop, kdy jde o aktivní dotyk s účastí hmatu a hlavním cílem je udržet daný předmět či ho přivést a udržet v zadané činnosti. (Hadraba, 2002)

Úchop můžeme rozdělit na volní a reflexní. Reflexní úchop máme od narození a je používán, dokud nezačneme rozvíjet úchop volní, který chceme a sami si řídíme. (Hadraba, 2002)

Volní úchop nadále můžeme dělit na **přímý** a **zprostředkovaný** (terciární, protetický). Přímý úchop provádíme přímo vlastní rukou, oproti tomu úchop terciární je prováděn pomocí nějaké pomůcky (asistovaný úchop) či přímo pomůckou (instrumentovaný úchop - protéza ruky/HK a podobně).

Úchop přímý se může projevit dvěma formami. Primární úchopová forma je základní, správná a přirozená forma použití úchopu, která se nadále dělí dle velikosti, způsobu uchycení a manipulace předmětu. Naopak sekundární úchop je také přirozený, avšak špatný či nějakým způsobem deformovaný úchop, neboť ho provádí patologicky ovlivněná ruka.

Primární úchop dle jeho využití můžeme následně dělit na malý (jemný, či špičkový) a velký (silový). (Hadraba, 2002) Z názvů již vyplývá, čím se budou úchopy lišit. U jemného úchopu je kladen důraz na cit, jemnost, ohleduplnost či preciznost úchopu, či činnosti, ke které daný úchop potřebujeme. U malých úchopů jsou využívány k uchopení poslední články prstů v opozici palce. U silového je důležité uchopit předmět pevně do ruky. Mezi silové formy úchopu se řadí dlaňový, háčkový a válcový. Dlaňový úchop je proveden intenzivním sevřením prstů, které jsou již ve flexi, směrem

do dlaně. Pro představu, jako když uchopíte kouli. Háčkový úchop provádí flektovaný druhý až pátý prst v MTCP a IP kloubech s nezúčastněným palcem. Pod tímto úchopem si můžeme představit zvednutí lehké tašky. Posledním úchopem je válcový, který je obdobný háčkovému s tím rozdílem, že se ho účastní i palec v opozici. (Hadraba, 2002)

Oproti výše zmíněnému primárnímu úchopu je sekundární úchop náhradní úchopovou formou. Sekundární úchop provádíme bez využití pomůcek, avšak při nějaké patologické změně ruky. Mnohdy je to jen špatně naučený úchop, ale i traumatické změny ruky či celé HK. (Hadraba, 2002)

Velikost, tvar ruky, možnost rozsahu kloubů ruky a zápěstí či pružnost svalů a vaziva podmiňují pohybovou a úchopovou vlastnost ruky. (Koudelka a kol., 1997)

Úchop a ergonomie

Ergonomie se zabývá především interakcí ruky a předmětu, se kterým ruka pracuje. Pro ergonomii je důležité, jak daný předmět vypadá, jakou má velikost, váhu, tvar a za jakým účelem a jakým pohybem se s daným předmětem pracuje. (Brůhová, 2002).

Přirozenou polohou zápěstí je neutrální postavení. Při pracovním zatížení se doporučuje omezit veškeré možné pohyby v zápěstí a využívat co nejvíce neutrální polohu v zápěstí. Poloha týkající se HK se nachází v 90 ° flexe loketního kloubu v neutrálním postavení, co se týče supinace/pronace, tedy palec směřující nahoru. Ramenní kloub je v neutrální poloze. V této poloze je doporučováno setrvat většinu pracovní doby. Omezit pohyby nad rameno a pod koleno na minimum. Pro HK jsou tyto oblasti nebezpečné. (Hlávková, 2012)

Pro plynulé provádění úchopu by měly být splněny základní předpoklady, mezi něž řadíme dobrý stav kostí, kloubů a svalů, plný rozsah pohyblivosti kloubů, hluboké a povrchové kožní cití, svalovou sílu společně s koordinací.

2.4 Metodika stanovení lokální svalové zátěže horních končetin

„Lokální svalová zátěž je zátěž malých svalových skupin při výkonu práce končetinami“ (Česko, 2007, s. 5095). Takto je definovaná lokální zátěž ve sbírce zákonů č. 361/2007.

Nářízení vlády č. 361/2007 Sb., konkrétně Hlava IV, stanovuje podmínky ochrany zdraví při práci s fyzickou zátěží. Konkrétně lokální svalovou zátěž upravuje Díl 2 Hlavy IV, §24 a §25 (Česko, 2007). Postup stanovení a vyhodnocení lokální svalové zátěže popisuje příloha č. 5 část B. Podstatou přílohy je detekce svalové námahy člověka během pracovní činnosti v obvyklých pracovních pozicích. V odstavci Měření lokální svalové zátěže hned v prvním bodě jsou uvedena jednoduchá měřidla, mezi něž řadíme mincíře, momentové klíče, dynamometry, váhy a jednoduché tenzometry bez kontinuálního časového záznamu. V druhém bodě je zmíněn tenzometr s kontinuálním časovým záznamem pro přesnější měření svalových sil. (Česko, 2007)

Tyto metody vycházejí z měření absolutních hodnot svalové síly a z následujícího přepočtu, kde se porovnávají naměřené hodnoty s tabulkovými nebo neměřenými maximálními hodnotami korigovanými na věk a pohlaví ($\%F_{\max}$). Avšak nikde se již neodkazuje na tabulkové hodnoty, či na postup měření maximální svalové síly (F_{\max}), kterou by se následně mohli orientovat. (Česko, 2007) To může vést k odlišným interpretacím výsledků. Metodické pokyny jsou založeny na výzkumu z 80. let dvacátého století a zakládají se na průběhu konání dané práce pracovníkem v jeho obvyklých pracovních pozicích a popisu těchto poloh.

Lokální svalová zátěž HK se dá měřit také pomocí integrované elektromyografie, která je zmíněna ve čtvrtém bodě již zmíněného odkazu v předchozím odstavci. Dle zákona je tato metoda nejpřesnější a monitoruje odezvu funkce neurosvalového systému. Přesněji řečeno snímá elektrofyziologické potenciály konkrétních vyšetřovaných svalových skupin. (Česko, 2007)

Dynamometrie, neboli měření statické síly za pomoci přístrojů k tomu určených, měří souhrnný silový efekt svalů. Dynamometrem měříme maximální svalovou sílu při izometrickém stahu, jinak řečeno sílu proti pevnému odporu. (Kříž, 1986)

Základní vlastností dynamometrů je schopnost měření síly s maximální přesností a stálost naměřených hodnot. Základními částmi dynamometrů jsou pružné členy, snímače a přijímače. Pružné členy přebírají vnější zatížení a překonávají změny (deformace, změny polohy dané části atd.). Snímače mění způsobenou mechanickou změnu pružného členu na analogický parametr a přijímač zesiluje a nadále zpracovává snímačem upravený signál a zapisuje zpracovaný signál. (Čep, 2011)

Dynamometry lze dělit dle tří hledisek. Buďto podle počtu měřených složek sil, kdy jde o jednosložkové až tříložkové nebo dynamometry pro měření točivých momentů. Dalším hlediskem jsou aplikované měřicí metody, tedy dle druhu pružného členu, na mechanické, hydraulické, pneumatické, elektrické, optické atp. A třetí hledisko dělení dynamometrů je metoda obrábění, které dynamometry dělí pro soustružení, frézování, vrtání, broušení či univerzální. (Čep, 2011)

Mechanické dynamometry se využívají pro porovnání či seřízení jiných dynamometrů neboť u nich lze většinou vyloučit rušivé elementy při měření, kromě teplotní závislosti přístroje, únavy materiálu, setrvačnosti materiálů nedovolující dynamické měření. Charakterizuje je stálost údajů a stálá přesnost v rozmezí 0,5-2 %. Principem dynamometru je přímý či znásobený přenos vyvinuté síly mechanickým převodem na měřicí prvek. Velikost síly je vyhodnocena díky deformaci například silových pružin, kroužků či membrán, nebo hloubky vtažení kuličky do materiálu o určité tvrdosti. (Čep, 2011)

Hydraulické dynamometry pracují na principu přenosu síly na píst či membránu hydraulického obvodu a následný pohyb způsobuje změnu tlaku v kapalině. Způsobená změna tlaku je snímána dalším přístrojem. Výhodou je možnost měření více složek najednou a jednoduchá konstrukce. Bohužel přístroj má nízkou citlivost, která je daná tím, že se dokonalé těsnění hydraulického systému časem opotřebuje. Nedají se z důvodu velké setrvačnosti použít k dynamickému měření. (Čep, 2011)

Pneumatické dynamometry fungují pomocí snímačů deformace pneumatickým systémem klapka – tryska, kde je měřena změna tlaku či průtoku v závislosti na změně výtokového průřezu mezi klapkou a tryskou v deformačním elementu. U tohoto typu dynamometru je snadná obsluha a údržba, vysoká spolehlivost a citlivost. (Čep, 2011)

K další konstrukční, a hlavně nejrozšířenější, možnosti patří dynamometry elektrické. Disponují mnoha výhodami. Snadný přenos signálu na dálku, možnost snímání signálu při pohybu součástek, využití drobných měřících elementů, možnost registrování zachycených signálů o různé frekvenci a průběhu, snadná dostupnost napájecích zdrojů. Elektrické dynamometry se dají dle mechanicko-elektrické transformace dělit na:

- parametrické – základem je změna jednoho z parametrů elektrického obvodu (indukčnost L , kapacita C nebo odpor R)

- generátorové – kde vzniká proud nebo napětí při deformaci elementů. (Čep, 2011)

U indukčních parametrických dynamometrů dochází vlivem síly ke změně indukčnosti v elektrickém obvodu snímače. Pro indukční dynamometry se používají snímače s magnetickým obvodem a dle použitého obvodu se dělí na snímače s uzavřeným magnetickým obvodem, s otevřeným magnetickým obvodem a se stálým magnetickým obvodem. Nejčastěji se používají snímače s uzavřeným obvodem, neboli s malou vzduchovou mezerou, kdy působení zátěžové síly mění šířku vzduchové mezery, tudíž se mění impedance obvodu a indukční cívky. (Čep, 2011)

Kapacitní dynamometry využívají jako snímač deskový kondenzátor, kde se měří změna kapacity snímačů. Výhodou snímače je vysoká citlivost a nízká hmotnost, avšak citlivé jsou i na okolní vlivy a náročné na měřicí techniku. (Čep, 2011)

U piezoelektrických dynamometrů se využívá snímání změny piezoelektrického jevu, což je vznik elektrického náboje na povrchu určitých krystalů (křemen, materiály na bázi titaničitanu barnatého atp.) při mechanickém zatížení. Velikost náboje je přímo úměrná velikosti působící síly. (Čep, 2011)

Odporové dynamometry využívají velikost změny odporu snímačů. Nejvyužívanějším odporovým snímačem je odporový tenzometr, kde se změní odpor díky deformaci vodiče nebo polovodiče. Odporový tenzometr se deformuje spolu s deformačním elementem, díky pevnému spojení. Změna odporu vodiče je přímo úměrná deformační síle. (Čep, 2011)

Silový test je výsledkem provedené flexe všech kloubů prstů maximální silou, kterou dokáže vyšetřovaný vyvinout.

3 Výzkumná část

3.1 Cíle a výzkumné předpoklady

Hlavním cílem práce je nalézt a zhodnotit biomechanické aspekty úchopu lidské ruky v kontextu ergonomie práce. V souvislosti s hlavním cílem byly stanoveny následující dílčí úkoly.

1. Popsat funkční anatomii horní končetiny se zaměřením na ergonomii úchopu.
2. Na základě syntézy poznatků nalézt antropometrické ukazatele ovlivňující svalovou sílu horních končetin.
3. S využitím dynamometrie zrealizovat pilotní experimentální šetření zaměřené na sledování závislosti maximální úchopové síly ruky na vybraném geometrickém uspořádání segmentů horní končetiny.

Výzkumná otázka: Na jakých deskriptorech závisí maximální síla volní kontrakce flexorů prstů ruky?

3.2 Metodika výzkumu

3.2.1 Použité experimentální metody

Pro účely této bakalářské práce, měření maximální úchopové síly ruky, jsme použili ruční dynamometr. Ruční digitální Dynamometr Grip D T.K.K5401, jehož základní parametry jsme uvedli v Tab. 1. Výhodou dynamometru je možnost nastavení vzdálenosti rukojeti dle velikosti dlaně probanda. Velikost rukojeti jsme nastavovali podle ukazováku a to tak, aby poslední článek prstu byl ve flexi a prostřední článek prstu ležel na vršku rukojeti, případně jsme se dotázali, zda tato poloha vyhovuje.

Tab. 1 Základní parametry ručního dynamometru Grip

Rozsah měření	5 - 100 kg
Rozlišení	0,1 kg
Zdroj napájení	2 x 1,5V baterie
Rozměry	235 x 154 x 62 mm
Hmotnost	cca. 680 g

3.2.2 Metodika sběru dat

Sběr výzkumných dat jsme prováděli v takzvané ranní směně, řádově mezi osmou a čtrnáctou hodinou, po domluvě s vedením daného úseku ve ŠKODA AUTO a.s. Mladá Boleslav.

Při příchodu na pracoviště jsme nejdříve probandy seznámili stručně s výzkumem pro bakalářskou práci a následně je poprosili o spolupráci, a zda budou ochotni poskytnout data a provést výzkum. Nikoho jsme nenutili, vše bylo dobrovolné. Následně jsme si zvali probandy jednotlivě za sebou, aby se ostatní mohli věnovat své práci/výuce.

Probanda jsme seznámili s přístrojem a ukázali mu jednotlivé polohy. Poprosili jsme probanda, aby uvedl tělo do základního stoje, DKK mírně rozkročmo. Stoj jsme zvolili z důvodu jednoduchosti a rychlosti, nastavování vhodné výšky židle pro sed by bylo zdoluhavé, a to jsme si nemohli dovolit.

Nejdříve jsme nastavili dynamometr dle délky prstů probanda, tak aby vzdálenost nastavitelné hrazdy odpovídala délce dvou článků ukazováku a třetí článek byl vůči prvním dvou ve flexi 90 °. Následně jsme nastavili pravou HK do správné polohy pronace, podrželi jsme dynamometr, z důvodu vyšší váhy přístroje, který by následně znehodnotil polohu pro stisk ruky, pokud by si proband dynamometr držel sám. Dále jsme probanda slovně pobídli ke stisku, hodnotu jsme zaznamenali a poprosili ho o stejný postup u levé HK. Poté jsme požádali probanda o supinaci pravé i levé HK a poté o neutrální polohu. Nakonec jsme probanda požádali o sdělení pracovního zařazení, roku narození, váhy, výšky a laterality. Následně jsme probanda poprosili o druhý pokus, který probíhal stejně jako první.

Někteří probandi odmítli druhý pokus z časového nebo fyzického důvodu.

Odpočinek mezi jednotlivými měřeními jsme nestanovili. Pokud proband potřeboval delší odpočinek, než bylo vystřídání levé a pravé HK, tak si řekl sám. Avšak byly to ojedinělé případy a všem postačila pauza v řádech deseti sekund mezi jednotlivými pokusy. Mnohé studie využívají odpočinek v řádech minut. My jsme využili studií, které jsou popsány v kapitole 2.2, hlavně z důvodu časové náročnosti sběru dat ve výrobě.

Po domluvě s oddělením ergonomie ve ŠKODA AUTO a.s. jsme zvolili tři zkoumané polohy HK.

První polohou je pronace. HK je v ramenním kloubu v základním postavení. Loketní kloub je v 90° flexi, kterou provádí *m. biceps brachii, m. brachialis et brachioradialis*, a v pronaci provedenou svaly *m. pronator teres et quadratus*. Zápěstí je v základním postavení a prsty provádí flexi s palcem v opozici. Flexe prstů je prováděna *mm. lubricales, interossei dorsales et palmares, m. flexor digitorum superficialis et profundus* a flexe v palci je prováděna *m. flexor pollicis brevis et longus*.

Druhou vyšetřovanou polohou je supinace. Ramenní kloub je opět v základním postavení, loketní kloub opět ve flexi 90 °, avšak v supinaci, kterou provádí *m. biceps brachii et m. supinator*. Zápěstí je opět v základním postavení a je prováděna flexe prstů v opozici palce.

Třetí vyšetřovanou polohou je neutrální. U neutrální polohy jsou všechny klouby v základním postavení podél těla a je prováděna pouze flexe prstů v opozici palce. Veškeré funkce daných svalů a pohyby v kloubech je popsáno v kapitole 2.1.

3.2.3 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumu k bakalářské práci se účastnilo 506 probandů různého pohlaví, věku a pracovního zaměření. Následně jsme celý soubor rozdělili dle pohlaví na muže a ženy. V následujících tabulkách Tab. 2 a Tab. 3 je uvedena Popisná statistika antropometrických dat probandů rozdělených dle pohlaví.

Tab. 2 Popisná statistika mužů

N = 405	Váha [kg]	Výška [cm]	Věk [roky]
Průměr	83,41	180,00	30,49
Směrodatná odchylka	16,12	7,14	13,16
Medián	81,00	180,00	29,00
Interkvartilové rozpětí	19,00	10,00	23,00
Minimum	50,00	158,00	15,00
Maximum	180,00	202,00	67,00

Tab. 3 Popisná statistika žen

N = 101	Váha [kg]	Výška [cm]	Věk [roky]
Průměr	64,81	166,54	32,22
Směrodatná odchylka	12,10	6,83	12,73
Medián	62,00	167,00	31,00
Interkvartilové rozpětí	14,00	8,00	22,00
Minimum	46,00	152,00	15,00
Maximum	110,00	186,00	58,00

Po naměření 506 probandů jsme získaná data rozdělili dle pohlaví na muže ($n = 405$) a ženy ($m = 101$), a nadále jsme takto rozdělená data dělili dle pracovního zařazení na skupinu manuálně pracujících ($n = 162$; $m = 37$), pracujících v kanceláři ($n = 104$; $m = 36$), studenty ($n = 113$; $m = 28$) a u mužů ještě na skupinu, kde proband pracuje v kanceláři a zároveň i manuálně ($n = 26$). Příkladem zmíněné kombinace je vedoucí praxe u studentů ze ŠKODA AUTO a.s., nebo pracovník vývojového střediska.

3.2.4 Metodika statistického zpracování dat

Získaná data byla rozdělena do jednotlivých skupin, jak je již popsáno v kapitole 3.2.3. Nejdříve jsme provedli parametrické zpracování dat, kdy jsme u dat pomocí Excelu vyhodnotili aritmetický průměr, směrodatnou odchylku, medián, interkvartilové rozpětí pro stanovení míry rozptylu a minimum s maximumem.

Následně jsme pro statistické zpracování dat využili programu Statistica, který nám umožňuje stáhnout TUL pod podmínkou, že jsme studenti či zaměstnanci TUL. Po seznámení s programem jsme nahráli rozdělené tabulky do programu. Pomocí základní statistiky, která nás dále navedla na deskriptivní statistiku jsme následně zvolili test normalit pomocí Shapiro–Wilk testu. Pro účely práce jsme využili hodnoty *p-value*, které jsme přepsali do tabulky v Microsoft Office Excel a nadále s nimi pracovali. Tento krok je důležitý v rozhodování, jaký test použijeme nadále. Zjišťujeme, zda data pocházejí z normálního rozdělení, či nepocházejí.

Pro zjištění rozdílů mezi jednotlivými polohami, které jsou tři: P – pronace, S – supinace a N – neutrální poloha, jsme z neparametrických testů zvolili Friedmanovu ANOVU. Výsledky jednotlivých testů jsou vyjádřeny opět v *p-value*. Ve všech testech je za statisticky významný rozdíl považována hodnota $p < 0,05$.

Pro zjištění vlivu výšky a věku na síle měřeného jsme zvolili test pomocí nejmenších čtverců proložený lineární přímkou s vyčíslenými hodnotami R^2 a rovnicí.

3.3 Analýza výzkumných dat

Jak je již zmíněno v kapitole 3.2.4, tak jsme provedli parametrické zpracování dat, viz Tab. 4 - 12, kde je uvedena popisná statistika mužů a žen.

Tab. 4 Popisná statistika mužů

N = 405	Pp1 [kg]	Lp1 [kg]	Ps1 [kg]	Ls1 [kg]	Pn1 [kg]	Ln1 [kg]	Pp2 [kg]	Lp2 [kg]	Ps2 [kg]	Ls2 [kg]	Pn2 [kg]	Ln2 [kg]
Průměr	41,86	41,21	45,19	43,86	44,33	42,24	45,97	43,77	47,42	45,59	46,58	44,47
SO	8,60	8,39	8,58	8,95	8,62	8,33	7,60	7,10	7,51	7,60	7,27	7,16
Medián	41,80	41,10	44,70	43,80	44,70	42,50	45,80	43,80	47,10	45,40	46,40	44,25
IKR	10,70	10,90	10,70	11,40	11,30	11,40	8,60	10,10	10,25	10,20	9,25	10,15
Min	9,50	11,40	12,10	2,10	0,00	4,10	9,00	22,70	28,90	21,50	30,00	26,00
Max	70,60	72,40	73,90	79,10	68,60	63,50	66,50	59,60	71,90	67,10	68,60	64,20

Legenda: viz str. 39

Tab. 5 Popisná statistika žen

N=101	Pp1 [kg]	Lp1 [kg]	Ps1 [kg]	Ls1 [kg]	Pn1 [kg]	Ln1 [kg]	Pp2 [kg]	Lp2 [kg]	Ps2 [kg]	Ls2 [kg]	Pn2 [kg]	Ln2 [kg]
Průměr	25,89	25,11	27,86	26,84	27,92	26,30	27,59	25,84	28,19	25,90	28,05	25,80
SO	5,22	5,55	5,33	4,79	5,48	4,88	5,96	5,59	5,84	5,59	5,66	5,43
Medián	26,60	25,80	28,40	26,60	27,70	25,70	27,45	26,75	27,80	25,80	27,70	25,20
IKR	5,80	6,50	6,20	5,40	6,40	6,10	8,23	6,08	6,73	5,93	6,60	4,45
Min	8,20	2,90	5,70	13,90	6,70	15,40	8,40	13,50	9,10	10,00	8,80	14,80
Max	38,60	39,30	41,30	41,70	43,70	40,10	40,10	40,60	43,80	38,70	42,10	41,00

Legenda: viz str. 39

Tab. 6 Popisná statistika manuálně pracujících žen

	Pp1 [kg]	Lp1 [kg]	Ps1 [kg]	Ls1 [kg]	Pn1 [kg]	Ln1 [kg]	Pp2 [kg]	Lp2 [kg]	Ps2 [kg]	Ls2 [kg]	Pn2 [kg]	Ln2 [kg]
Průměr	25,62	24,88	29,05	27,69	28,52	26,88	28,13	26,89	28,97	27,45	28,74	26,94
SO	4,83	6,68	4,71	5,35	4,99	5,79	5,43	6,04	5,04	5,38	5,23	6,42
Medián	25,90	25,70	27,40	26,80	28,20	26,60	29,20	28,30	27,90	26,90	27,70	26,60
IKR	5,40	8,00	5,50	4,50	5,60	6,40	8,65	6,35	5,60	5,60	7,05	5,75
Min	12,80	2,90	19,50	17,60	17,10	15,40	17,80	14,70	18,50	18,20	18,80	15,40
Max	35,20	39,30	41,30	41,70	40,70	40,10	40,10	40,60	42,20	37,70	42,10	41,00

Legenda: viz str. 39

Tab. 7 Popisná statistika manuálně pracujících mužů

	Pp1 [kg]	Lp1 [kg]	Ps1 [kg]	Ls1 [kg]	Pn1 [kg]	Ln1 [kg]	Pp2 [kg]	Lp2 [kg]	Ps2 [kg]	Ls2 [kg]	Pn2 [kg]	Ln2 [kg]
Průměr	42,38	42,14	46,47	45,82	45,95	44,16	45,86	44,61	47,50	46,13	46,54	45,34
SO	9,39	9,09	8,51	9,60	9,08	8,00	7,62	7,01	7,80	7,71	7,27	7,18
Medián	42,65	42,30	45,80	45,65	46,00	44,30	45,30	44,70	46,70	45,40	46,00	44,90
IKR	10,48	11,55	10,03	9,40	10,08	10,25	8,20	10,05	10,05	10,15	9,30	10,05
Min	9,50	11,40	12,10	2,10	0,00	11,90	28,00	27,80	31,00	21,50	30,00	26,00
Max	70,60	72,40	73,90	79,10	68,60	63,50	66,20	59,60	71,90	63,00	65,00	64,20

Legenda: viz str. 39

Tab. 8 Popisná statistika pracujících žen v kanceláři

	Pp1 [kg]	Lp1 [kg]	Ps1 [kg]	Ls1 [kg]	Pn1 [kg]	Ln1 [kg]	Pp2 [kg]	Lp2 [kg]	Ps2 [kg]	Ls2 [kg]	Pn2 [kg]	Ln2 [kg]
Průměr	25,00	24,64	27,20	27,12	27,23	26,04	26,53	24,88	27,96	25,29	27,41	25,28
SO	6,43	5,52	6,82	4,97	7,02	4,76	7,26	6,09	7,52	6,54	6,85	5,09
Medián	26,80	25,40	29,05	27,55	27,25	26,00	26,15	27,70	28,20	26,95	28,50	25,20
IKR	8,13	8,10	10,13	6,75	8,55	6,43	9,85	9,38	10,55	6,73	6,15	5,38
Min	8,20	13,80	5,70	13,90	6,70	16,00	8,40	13,50	9,10	10,00	8,80	14,80
Max	38,60	35,90	37,00	37,20	43,70	34,20	36,80	34,50	43,80	38,70	39,90	34,50

Legenda: viz str. 39

Tab. 9 Popisná statistika pracujících mužů v kanceláři

	Pp1 [kg]	Lp1 [kg]	Ps1 [kg]	Ls1 [kg]	Pn1 [kg]	Ln1 [kg]	Pp2 [kg]	Lp2 [kg]	Ps2 [kg]	Ls2 [kg]	Pn2 [kg]	Ln2 [kg]
Průměr	42,92	42,48	47,95	45,60	46,48	44,02	45,93	43,02	47,64	45,24	46,74	43,82
SO	7,75	7,38	7,16	7,18	6,56	7,88	7,54	7,15	7,16	7,24	6,98	6,84
Medián	43,25	43,50	48,45	46,20	46,75	44,45	46,10	43,70	48,45	45,80	46,80	44,35
IKR	10,65	9,75	8,73	9,65	8,13	9,20	7,68	10,18	10,18	9,88	8,68	10,43
Min	11,50	17,90	30,80	28,00	31,50	4,10	9,00	22,70	29,70	30,80	30,30	26,50
Max	62,00	60,80	69,10	65,80	63,20	59,90	66,50	57,30	70,40	63,80	62,40	59,50

Legenda: viz str. 39

Tab. 10 Popisná statistika studujících žen

	Pp1 [kg]	Lp1 [kg]	Ps1 [kg]	Ls1 [kg]	Pn1 [kg]	Ln1 [kg]	Pp2 [kg]	Lp2 [kg]	Ps2 [kg]	Ls2 [kg]	Pn2 [kg]	Ln2 [kg]
Průměr	27,39	26,02	27,13	25,35	28,03	25,86	28,40	25,40	26,96	23,77	27,78	24,39
SO	3,31	3,42	3,21	3,19	3,29	3,41	3,65	2,33	2,98	2,23	3,59	2,52
Medián	27,35	26,00	26,90	25,30	27,70	25,40	26,60	25,30	27,30	23,20	27,60	24,30
IKR	3,63	4,35	4,75	4,05	4,03	5,15	5,90	2,75	3,40	3,05	3,55	1,25
Min	17,80	20,30	21,50	18,60	20,10	19,40	24,60	22,20	21,40	19,90	22,60	20,90
Max	33,70	33,50	32,80	32,00	35,10	32,50	35,20	29,80	31,70	28,10	34,10	30,70

Legenda: viz str. 39

Tab. 11 Popisná statistika studujících mužů

	Pp1 [kg]	Lp1 [kg]	Ps1 [kg]	Ls1 [kg]	Pn1 [kg]	Ln1 [kg]	Pp2 [kg]	Lp2 [kg]	Ps2 [kg]	Ls2 [kg]	Pn2 [kg]	Ln2 [kg]
Průměr	39,10	37,86	40,35	38,77	39,46	37,30	45,25	41,71	45,78	43,59	45,51	41,05
SO	7,40	7,24	7,75	7,45	7,52	7,27	5,63	5,53	6,30	6,11	5,38	5,82
Medián	39,00	38,00	40,70	39,00	38,90	37,00	44,15	42,60	45,30	42,40	44,85	40,50
IKR	9,80	9,00	9,00	10,30	9,90	8,20	6,18	5,73	5,35	6,97	4,35	5,98
Min	19,60	20,70	23,00	21,20	21,80	17,00	35,60	30,60	31,80	30,80	34,10	29,50
Max	59,40	55,00	63,50	58,90	58,00	54,00	58,00	53,20	60,80	53,90	58,50	51,40

Legenda: viz str. 39

Tab. 12 Popisná statistika mužů pracujících v kanceláři i manuálně

	Pp1 [kg]	Lp1 [kg]	Ps1 [kg]	Ls1 [kg]	Pn1 [kg]	Ln1 [kg]	Pp2 [kg]	Lp2 [kg]	Ps2 [kg]	Ls2 [kg]	Pn2 [kg]	Ln2 [kg]
Průměr	46,37	44,89	47,17	46,88	46,77	44,41	47,89	44,61	47,29	45,99	47,05	45,89
SO	8,06	7,90	9,13	8,31	9,10	7,38	9,26	8,02	8,49	9,73	10,02	8,50
Medián	45,95	45,20	44,55	45,10	45,70	43,90	48,30	42,85	46,70	43,75	43,80	44,20
IKR	11,43	11,78	12,70	13,18	10,03	9,10	12,38	13,15	9,48	11,90	13,05	11,90
Min	33,00	29,20	31,30	32,10	25,10	27,20	31,00	30,10	28,90	27,00	30,70	33,70
Max	62,40	60,60	62,30	64,50	62,90	60,20	62,60	58,10	61,40	67,10	68,60	62,30

Legenda k tabulkám: P/L – pravá/levá HK

p/s/n – pronace/supinace/neutrální poloha HK

1 / 2 – první/druhý pokus stisku

IKR – interkvartilové rozpětí

SO – směrodatná odchylka

Min – minimum

Max - maximum

V Tab. 4 a Tab. 5 je uvedena popisná statistika všech mužů a žen, bez rozdílů pracovního zaměření. Můžeme si povšimnout velkého rozdílu mezi průměrnými hodnotami jednotlivých náměrů u mužů a žen. Pokud budeme všemi kombinacemi porovnávat muže a ženy, vždy nám vyjde, že ženy mají podstatně nižší sílu než muži. Pokud bychom porovnávali ženy mezi sebou, Tab. 6, 8 a 10, nemůžeme s jistotou tvrdit, zda je skupina manuálně pracujících žen silnější než ženy v kanceláři či studentky a naopak. Můžeme tedy říci, že ženy jsou napříč různými zaměstnáními silově vyrovnané.

Oproti ženám, když porovnáme jednotlivé skupiny mužů mezi sebou, Tab. 7, 9, 11 a 12, tak zjistíme dle průměrných hodnot, že síla manuálně pracujících mužů je obdobná se silou mužů v kanceláři, ale při porovnání studentů s ostatními zjistíme, že síla studentů je nejnižší ze všech mužů. Pokud ale porovnáme muže pracující v kanceláři i manuálně

s muži manuálně pracujícími a s muži pracujícími v kanceláři, všimneme si nepatrně vyšší síly u mužů pracujících v kanceláři i manuálně, než jsou síly manuálně pracujících mužů, či mužů v kanceláři.

Dalším důležitým krokem zpracování dat bylo ověřit normalitu získaných dat naměřených i antropometrických. Pro ověření jsme použili již zmíněný Shapir – Wilkův test, kap 3.2.4, v programu Statistica a nechali si výsledky vygenerovat spolu s histogramem. Veškeré grafy naleznete v Příloha A, Graf 1 – 135.

Vygenerované hodnoty *p-value* jsme přepsali do tabulky v Excelu a následně vyhodnotili. Viz. Tab. 13, kdy jsme s pomocí barev vyznačili, které hodnoty jsou vyšší či nižší než hodnota $p = 0,05$.

Tab. 13 Shapiro – Wilk test, *p-value* všech mužů

Shapiro - Wilk test	Váha [kg]	Výška [cm]	Věk [roky]	Pp1 [kg]	Lp1 [kg]	Ps1 [kg]	Ls1 [kg]	Pn1 [kg]	Ln1 [kg]
<i>p-value</i>	0	0,0225	0	0,0075	0,81	0,14	0,003	0,0002	0,002
Shapiro - Wilk test	Pp2 [kg]	Lp2 [kg]	Ps2 [kg]	Ls2 [kg]	Pn2 [kg]	Ln2 [kg]			
<i>p-value</i>	0,0007	0,31	0,076	0,996	0,35	0,82			

Legenda: P/L – pravá/levá HK
 p/s/n – pronace/supinace/neutrální poloha HK
 1 / 2 – první/druhý pokus stisku

Z tabulky je patrné, že data nejsou normálního rozdělení, převládají hodnoty $p < 5 \%$.

U mužů bylo z celkového počtu 75 hodnot 33,3 % menších a 66,7 % větší jak $p = 0,05$.

U žen bylo 65 % hodnot menších a 35 % větších. Z důvodu různorodosti hodnot *p-value* musíme použít neparametrické statistiky, konkrétně Friedman – ANOVA.

Nejdříve jsme testovali rozdíly mezi všemi třemi jednotlivými polohami pravé a následně levé ruky zvlášť u prvního a druhého pokusu. Následně jsme testovali rozdíly mezi prvním a druhým pokusem zvlášť pravé a levé ruky. Poté jsme zvolili test mezi prvním a druhým pokusem obou rukou najednou a navázali jsme testem rozdílu pravé a levé ruky zvlášť pro první a druhý pokus. Následovalo porovnávání mezi jednotlivými polohami u pravé a levé ruky pro každý pokus. To vše jsme provedli u každé skupiny, tedy u mužů ve skupinách všichni muži, manuálně pracující, pracující v kancelářích, studenti a pracující manuálně i v kanceláři, a u žen ve skupinách všechny ženy, manuálně pracující, pracující v kancelářích a studentky. Vše je uvedeno

v Tab. 14, která zahrnuje všechny muže a Tab. 15, která zahrnuje všechny ženy. Ostatní tabulky naleznete v Příloha B, Tab. 16-22.

Tab. 14 Friedman ANOVA všichni muži

Porovnávané	N	<i>p-value</i>	Porovnávané	N	<i>p-value</i>	Porovnávané	N	<i>p-value</i>
Pp1-Ps1-Pn1	405	0	Pp1 - Ps1	405	0	Pp2 - Ps2	219	0,01648
Lp1-Ls1-Ln1	404	0	Pp1 - Pn1	405	0	Pp2 - Pn2	219	0,63308
Pp2-Ps2-Pn2	219	0,00744	Ps1 - Pn1	405	0,00083	Ps2 - Pn2	219	0,00675
Lp2-Ls2-Ln2	219	0	Lp1 - Ls1	405	0	Lp2 - Ls2	219	0,00002
P1 - P2	658	0,00004	Lp1 - Ln1	404	0,00026	Lp2 - Ln2	219	0,58621
L1 - L2	658	0,04496	Ls1 - Ln1	404	0	Ls2 - Ln2	219	0,00008
1 - 2	1316	0,00001	Legenda viz Tab.15					
P1 - L1	1214	0						
P2 - L2	658	0						

Tab. 15 Friedman ANOVA všechny ženy

Porovnávané	N	<i>p-value</i>	Porovnávané	N	<i>p-value</i>	Porovnávané	N	<i>p-value</i>
Pp-Ps1-Pn1	101	0,00312	Pp1 - Ps1	101	0,00102	Pp2 - Ps2	54	0,2763
Lp1-Ls1-Ln1	101	0,01712	Pp1 - Pn1	101	0,03299	Pp2 - Pn2	54	0,10247
Pp2-Ps2-Pn2	54	0,23155	Ps1 - Pn1	101	0,61882	Ps2 - Pn2	54	0,78549
Lp2-Ls2-Ln2	54	0,67285	Lp1 - Ls1	101	0,00184	Lp2 - Ls2	54	0,40538
P1 - P2	162	0,09792	Lp1 - Ln1	101	0,68916	Lp2 - Ln2	54	0,5791
L1 - L2	162	0,68986	Ls1 - Ln1	101	0,42371	Ls2 - Ln2	54	0,58621
1 - 2	324	0,36959						
P1 - L1	303	0						
P2 - L2	162	0						

Legenda k Tab. 14-22: P/L – pravá/levá HK

p/s/n – pronace/supinace/neutrální poloha HK

1 / 2 – první/druhý pokus stisku

Z Tab. 14 je patrné, že 19 hodnot z 21 má $p < 5 \%$, z toho vyplývá, že se F_{\max} u mužů v jednotlivých polohách statisticky liší. Pouze u dvou porovnávání vyšla *p-value* vyšší jak 5 % a víme, že hodnoty porovnávané pravé pronace - pravé neutrální pozice a porovnávané levé pronace - levé neutrální pozice nám říkají, že se F_{\max} v těchto pozicích neliší.

V Tab. 15 jsou porovnávané hodnoty všech žen. Je patrné, že pouze 7 hodnot z 21 má $p < 5 \%$. F_{\max} se statisticky liší mezi jednotlivými polohami pravé i levé ruky u prvního pokusu. Z tabulky lze také vyčíst, že se síla liší i mezi prvním i druhým pokusem pravé

a levé ruky. Při testování jednotlivých poloh mezi sebou je patrné že se liší síla v pronaci – supinaci u pravé i levé ruky a v pronaci – neutrální poloha u pravé ruky.

Tab. 16 obsahuje testování jednotlivých pokusů u manuálně pracujících mužů. Z testování vychází, že se F_{max} rukou liší v obou pokusech u pravé i levé ruky, liší se i mezi pravou a levou rukou u prvního i druhého pokusu a liší se i při porovnání všech tří poloh u obou rukou v obou pokusech. Avšak při porovnávání jednotlivých poloh jednotlivě mezi sebou se síla neliší mezi supinací a neutrální polohou prvního pokusu pravé ruky a druhého pokusu pravé ruky. Síla se také neliší mezi pronací a supinací druhého pokusu pravé i levé ruky. V Tab. 17 jsou vypsané hodnoty z testování hodnot mužů pracujících v kanceláři. Výsledky jsou obdobné jako v Tab. 16 s tím rozdílem, že se síla neliší mezi prvním a druhým pokusem levé ruky. Při porovnávání jednotlivých poloh se síla neliší mezi pronací a supinací u druhého pokusu pravé ruky, mezi pronací a neutrální polohou druhého pokusu pravé a levé ruky. Jinak ve zbylých kombinacích se síla liší. Oproti tomu v Tab. 18, kde jsou hodnoty studujících mužů, se hodnoty liší pouze mezi prvním pokusem pravé a levé ruky a druhým pokusem levé ruky, kde porovnávané všechny 3 polohy najednou. Hodnoty se také liší mezi pravou a levou rukou u obou pokusů. U porovnávaných jednotlivých poloh se síla liší jen mezi pronací a supinací prvního pokusu pravé ruky, mezi supinací a neutrální polohou prvního pokusu levé i pravé ruky a druhého pokusu levé ruky. Mezi zbylými kombinacemi se síla neliší. Tab. 19 shrnuje hodnoty mužů pracujících v kanceláři i manuálně. Průkazně se síla liší pouze mezi pravou a levou rukou u prvního i druhého pokusu a ve skupině jednotlivých porovnávání jen mezi supinací a neutrální polohou prvního pokusu levé ruky.

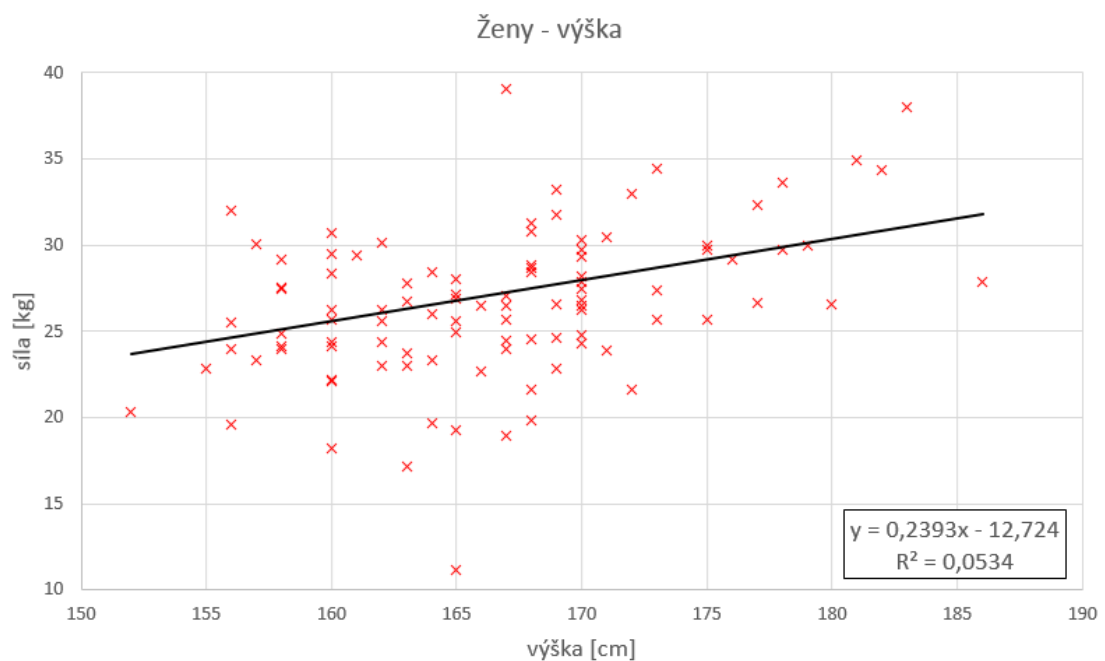
Tabulky Tab. 20–22 obsahují hodnoty ženy. Tab. 20 shrnuje hodnoty manuálně pracujících. Statisticky lišící se hodnoty jsou mezi prvním pokusem levé a pravé ruky, kde se porovnávali všechny tři polohy ruky najednou a mezi prvním a druhým pokusem ruky při porovnání pravé a levé ruky. U porovnávání jednotlivých poloh mezi sebou vyšlo, že se statisticky liší síla mezi pronací a supinací prvního pokusu pravé i levé ruky a mezi pronací a neutrální polohou prvního pokusu pravé ruky. U žen pracujících v kanceláři, viz Tab. 21, se statisticky liší porovnávané tři polohy prvního pokusu levé ruky a porovnávaný vztah druhého pokusu mezi pravou a levou rukou. U porovnávaných jednotlivých poloh se mezi sebou liší pronace a supinace prvního pokusu pravé i levé ruky a pronace s neutrální polohou druhého pokusu pravé ruky.

Poslední tabulka shrnuje hodnoty studentek a síla rukou se liší pouze mezi pravou a levou rukou u obou pokusů.

Poslední metodou, kterou jsme zvolili pro hodnocení výzkumných dat, byla metoda nejmenších čtverců pro získání lineární regrese. Touto metodou jsme hodnotili závislost síly stisku ruky na antropometrických údajích probanda. Ze získaných dat jsme sestrojili lineární trend, který jsme popsali v Rovnici 2. V grafech jsme vyčíslili hodnotu R^2 , což je koeficient determinace lineární regrese a vyjadřuje podíl celkové variability nezávisle proměnné na závislé proměnné. Poté jsme vypsali hodnoty R^2 do tabulky Tab.23 a do druhého sloupce jsme vyčíslili odmocninu této hodnoty, tedy R , která udává hodnotu korelačního koeficient.

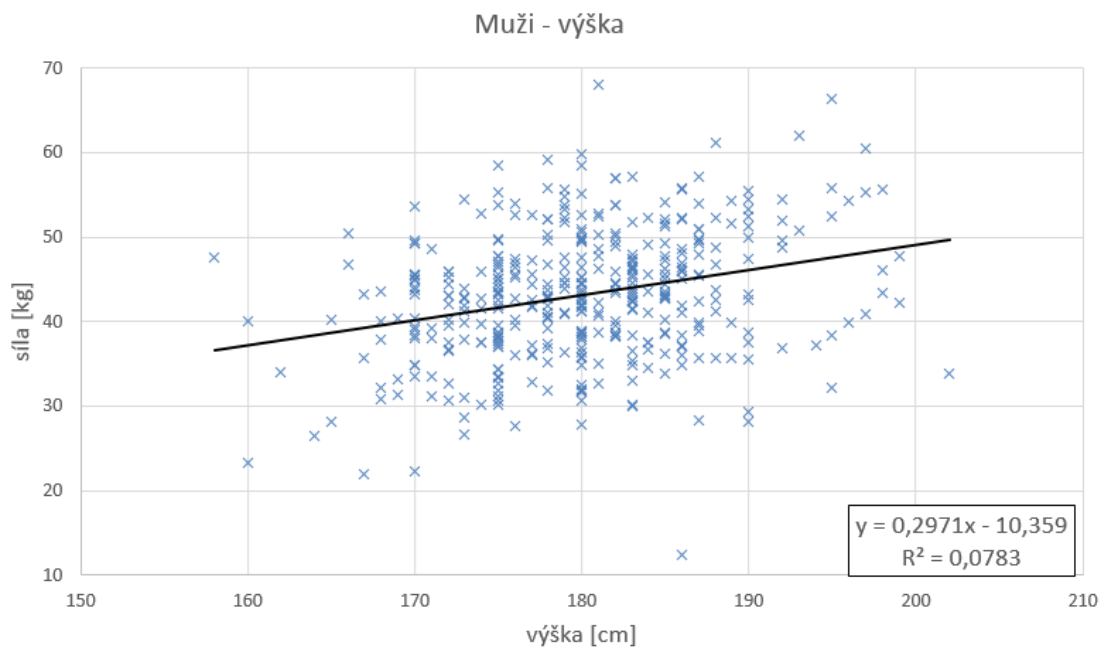
$$y = a * x + b$$

Rovnice 2

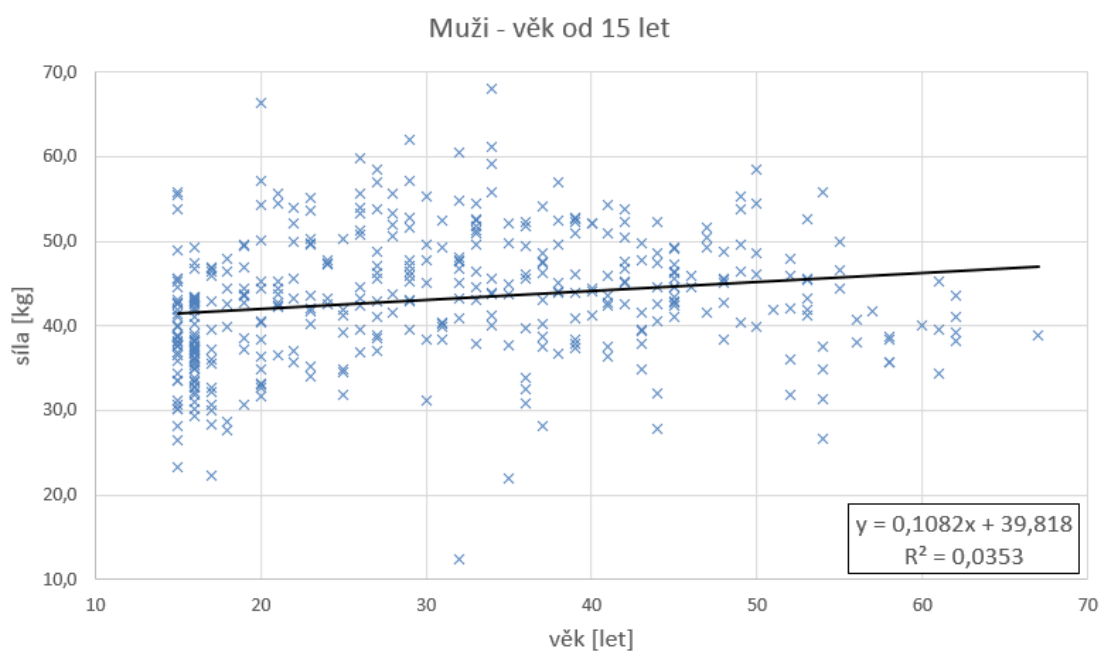


Graf 136 Závislost průměrné síly všech žen na výšce (Zdroj: autor)

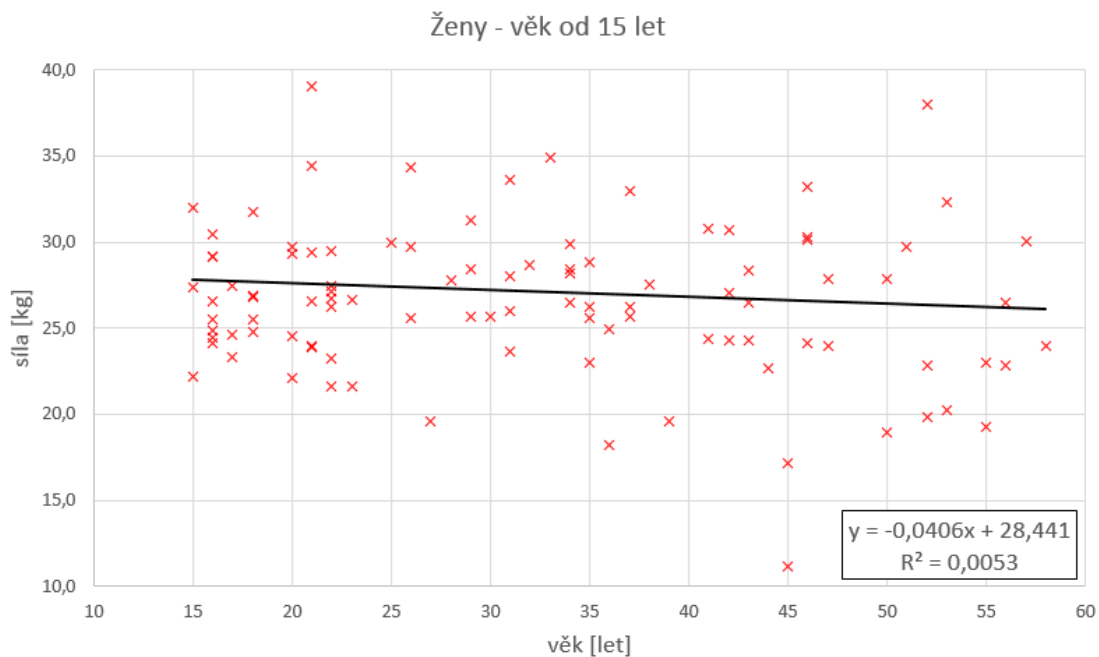
V grafech Graf 136 a Graf 137 je zobrazen trend průměrné síly všech pozic na výšce probandů. Soubor bodů v grafu byl proložen přímkou pomocí metody lineární regrese. Z těchto grafů je patrné, že závislost síla stisku na výšce je mírně rostoucí, avšak je slabá, a to jak u mužů, tak i u žen. Z koeficientů přímky je patrné, že u mužů je nárůst strmější ($a_m = 0,30$), než u žen ($a_z = 0,24$). Mírnou závislost nám udává hodnota R , která je v případě mužů a žen větší jak 0,2. Hodnoty jsme shrnuli v Tab.23.



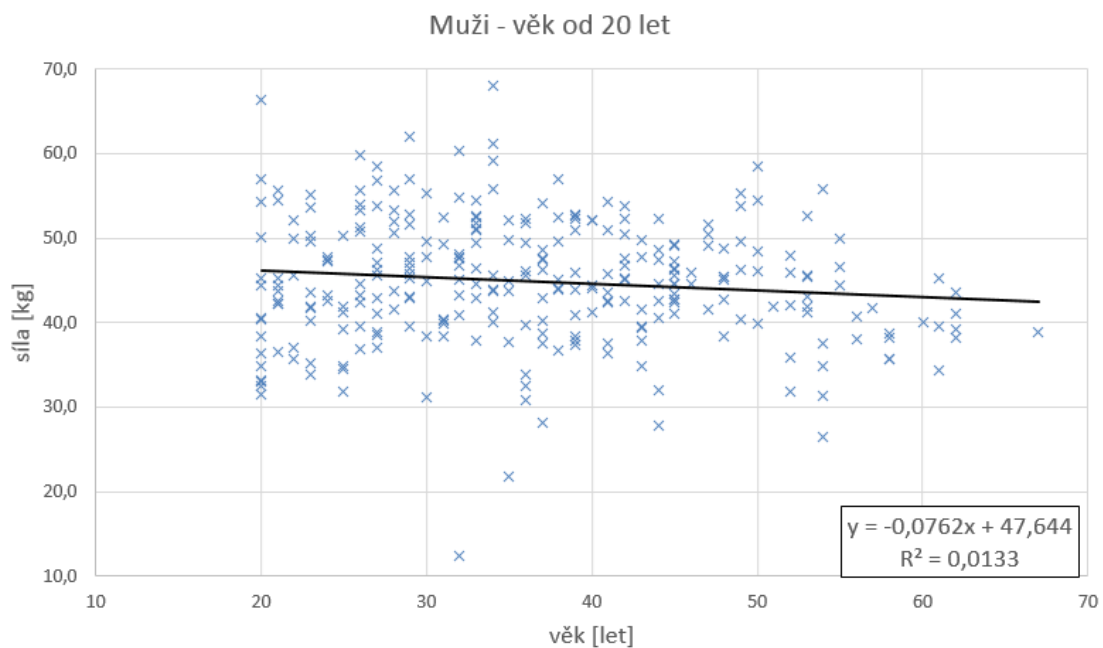
Graf 137 Závislost průměrné síly všech mužů na výšce (Zdroj: autor)



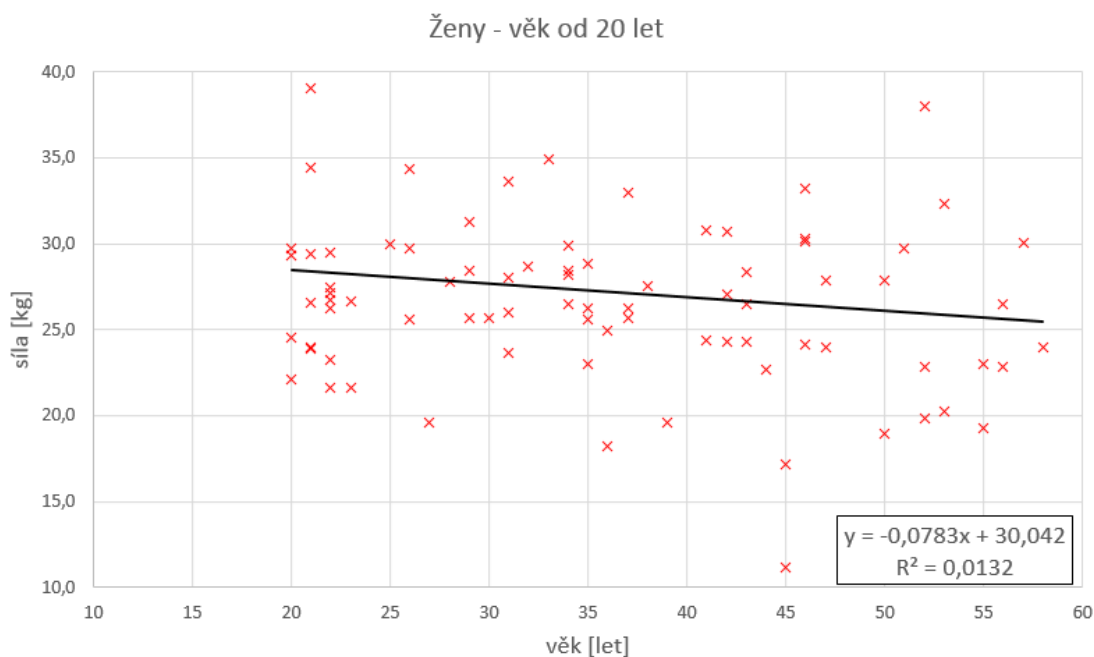
Graf 138 Závislost průměrné síly všech mužů na věku (Zdroj: autor)



Graf 139 Závislost průměrné síly všech žen na věku (Zdroj: autor)



Graf 140 Závislost průměrné síly mužů od 20 let na věku (Zdroj: autor)



Graf 141 Závislost průměrné síly všech žen od 20 let na věku (Zdroj: autor)

V grafech Graf 138 a Graf 139 je zobrazen trend průměrné síly na věku ve všech pozicích. Body v grafu byly také proloženy přímkou pomocí lineární regrese a je z nich patrné, že zatímco u žen klesá síla s věkem, což je přirozené, tak u mužů síla s věkem roste, což neodpovídá zmíněnému textu na straně 23. Důvodem je větší počet probandů z řad studentů ve věku od 15 do 20 let, kteří obecně vykazovali velice nízké hodnoty síly. Abychom vyvrátili toto tvrzení, tak byly vytvořeny závislosti síly na věku probanda od 20 let, na základě textu na straně 23, který tvrdí, že nejvyšší výkonnost svalů je mezi 20 a 30 rokem života člověka, a to jak u mužů, tak i u žen. Z grafů Graf 140 a Graf 141 je již patrné, že síla s věkem mírně klesá, ale korelační koeficient $R < 0,2$, což znamená, že je regrese nulová a nemůžeme potvrdit souvislost mezi silou a věkem u mužů i u žen. Dokonce hodnota koeficientu lineární regrese udávajícího velikost sklonu přímky je téměř stejná u obou pohlaví. U mužů je koeficient lineární regrese $a_m = -0,076$ a u žen je $a_z = -0,078$.

Průměrná hodnota síly stisku byla vypočtena vždy z prvního pokusu, neboť druhý pokus nebyl proveden u všech respondentů z důvodů, které byly již zmíněny na straně 34.

Tab. 23 Hodnota korelačního koeficientu R

	R^2	R
ženy výška	0,0534	0,231084
muži výška	0,0783	0,279821
muži věk od 15 let	0,0353	0,187883
ženy věk od 15 let	0,0053	0,072801
muži věk od 20 let	0,0133	0,115326
ženy věk od 20 let	0,0132	0,114891

4 Diskuze

Vyhodnocení výzkumu, kterým si odpovídáme na výzkumnou otázku, nám stanovuje deskriptory ovlivňující závislost maximální síly volní kontrakce flexorů prstů ruky.

Pomocí Friedmanova testu rozdílu jsme prokázali, že se F_{\max} statisticky liší v jednotlivých pozicích horní končetiny, ve které se síla měří. Tudíž můžeme říci, že poloha horní končetiny má vliv na měřenou maximální sílu flexorů prstů ruky. Po porovnání hodnot popisné statistiky jsme zjistili, že muži mají všeobecně větší sílu stisku ruky než ženy, tudíž síla závisí na pohlaví. Zjistili jsme, že pracující muži mají větší sílu stisku ruky než studenti. A pomocí metody nejmenších čtverců, jsme zjistili souvislost mezi silou a antropometrickými údaji: výška a věk. Rovnice v Graf 136-141 nám nastiňuje trend síly na výšce, který je mírně rostoucí. Oproti tomu nastíněný trend síly závislé na věku je mírně klesající, spíše nulový.

Hlavním úkolem práce bylo nalézt deskriptory ovlivňující volní sílu flexorů ruky. Zjistili jsme, že hlavními deskriptory je pohlaví, výška a geometrie úchopu, ve které se maximální síla měří. Jak je možné, že doposud neexistuje v České Republice ani jinde na světě jednotný manuál, který určuje postup měření F_{\max} svalů ruky? Existují nějaká doporučení, ale na jakém podkladě a kdo o nich ví...

Sbírka zákonů 361/2007 udává postup měření lokální svalové zátěže a výsledky se mají porovnat s F_{\max} , avšak nikde není zmíněno, jakým způsobem má daná firma hodnotit tuto sílu. (Česko, 2007) Následuje tak otázka, zda bez nějakého manuálu určujícího postup měření F_{\max} svalů nedochází ke špatné interpretaci výsledků?

5 Závěr

V teoretické části práce jsme nejprve shrnuli funkční anatomii celé horní končetiny, kterou jsme dále využili u dalších kapitol. Následně jsme popsali svalovou sílu, práci a výkon společně s kineziologií horní končetiny. Shrnuli jsme výzkumy zabývající se obdobou problematiky, kterou jsme se zabývali i my. Tyto poznatky jsme přenesli do ergonomie úchopu. Dále jsme shrnuli metodické stanovení lokální svalové zátěže a způsoby tohoto stanovení. V rámci způsobu stanovení jsme popsali vlastnosti dynamometrů.

Následně jsme zrealizovali výzkumné šetření zaměřené na maximální svalovou sílu ve třech polohách: supinace, pronace a neutrální poloha v loketním kloubu. Výzkumu se účastnilo 506 lidí různého věku a pohlaví. Výsledkem výzkumu je vyšší síla u mužů než u žen. Následně jsme našli závislost mezi silou stisku ruky a polohou horní končetiny, ve které se síla měřila a také závislost síly na výšce a věku. Zjistili jsme, že je síla mírně závislá na výšce, nikoliv na věku.

Deskriptory maximální síly volní kontrakce flexorů ruky jsou: pohlaví probanda, geometrie úchopu, ve které bude síla měřena, pracovní zaměření a výška.

Seznam použité literatury

BENEŠ, J., D. JIRÁK a F. VÍTEK. 2015. *Základy lékařské fyziky*. 4. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2645-1.

BERNACIKOVÁ, M., M. KALICHOVÁ a L. BERÁNKOVÁ. *Základy sportovní kineziologie*. SERVISNÍ STŘEDISKO PRO E-LEARNING NA MU. *Základy sportovní kineziologie* [online]. Brno: Fakulta sportovních studií Masarykovy univerzity, [cit. 2019-07-18]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/fsps/e-learning/kineziologie/auth/index.html>

BRANČÍKOVÁ, Dagmar. *Fiziologie svalů* [přednáška]. Brno: Masarykova univerzita, Fakulta sportovních studií, 28. 4. 2006. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/js06/t025/Fyziologie_svalu.ppt

BRŮHOVÁ, L. 2002. Testování úchopu jako základ pro nácvik úchopových forem. *Rehabilitácia*, **39**(2), 102-104.

Co je to ergonomie. VÝZKUMNÝ ÚSTAV BEZPEČNOSTI PRÁCE. *VÚBP* [online]. Výzkumný ústav bezpečnosti práce, [cit. 2019-07-18]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/co-je-ergonomie>

ČEP, Robert. *Přímé měření sil a momentů* [přednáška]. Ostrava: VŠB, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 12. 12. 2011. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/EMO_kapitola_09.pdf

ČESKO. MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY. 2007. Nařízení vlády č. 361 ze dne 28. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 111, s. 5086-5236. ISSN 1211-1244.

DIMON, Theodore. 2017. *Anatomie těla v pohybu: základní kurz anatomie, kostí, svalů a kloubů*. 2. vyd. Praha: Euromedia. ISBN 978-80-7549-158-9.

DEMPSEY, P. G. et al. 2005. Isometric muscle strength and anthropometric characteristics of a Chinese sample. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **35**(7), 674-679.

DYLEVSKÝ, Ivan. 2007. *Obecná kineziologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1649-7.

- DYLEVSKÝ, Ivan. 2009. *Speciální kineziologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1648-0.
- ELIŠKA, Oldřich a Miloslava ELIŠKOVÁ. 2009. *Aplikovaná anatomie pro fyzioterapeuty a maséry*. Praha: Galén. ISBN 978-80-246-1716-9.
- GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK. 2002. *Ergonomie: optimalizace lidské činnosti*. Praha: Grada. ISBN 80-247-0226-6.
- HADRABA, I. 2002. *Úchop v protetice: 1. a 2. část* [online]. Praha: Univerzita Karlova, Katedra fyzioterapie. Dostupné z: <http://www.ortotikaprotetika.cz/oldweb/Wc2bfee47eea.htm>
- HAMILL, J., s K. M. KNUTZEN. 2009 *Biomechanical basis of human movement*. 3. vyd. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. ISBN 13: 978-0-7817-9128-1.
- HLÁVKOVÁ, Jana. *Základy ergonomie: teorie k úkolu hlavního hygienika k problematice ergonomie pracovišť a pracovních míst u prací montážního charakteru*. SZÚ [online]. Státní zdravotní ústav, [cit. 2019-07-18]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/Vzdelavaci_akce/CHPPL/Seminar_120913/Zaklady_ergonomie_1.pdf
- CHUNDELA, Lubor. 2015. *Ergonomie*. Praha: ČVÚT. ISBN: 978-80-01-05173-3.
- JANDAČKA, Daniel a Radim UHLÁŘ. 2011. *Základy biomechaniky sportu a tělesných cvičení*. Ostrava: Ostravská univerzita. ISBN 978-80-7368-944-5.
- JENSEN, J. S., B. Kristiansen a S. Solgaard. 1984. Evulation of instruments for measuring grip strength. *Acta Orthop Scand*, **55**(5), 569.
- KANAUCHI, Y et al. 2005. The Short-Term Reliability of Grip Strength Measurement and the Effects of Posture and Grip Span. *Journal of Hand Surgery*, **30**(3), 603 – 609.
- KŘÍŽ, Vladimír. 1986. *Rehabilitace a její uplatnění po úrazech a operacích*. Praha: Avicenum.
- KOUDELKA, M., R. ŽÁK a M. TALANDA. 1997. M. Griptester a hodnotenie úchopu ruky. *Rheumatologia*. **11**(2), 105-108.

MATHIOWETZ, Virgil. 1990. Effects of three trials on grip and pinch strength measurements. *Journal of Hand Therapy*, **3**(4), 195 – 198. dostupné z: [https://www.jhandtherapy.org/article/S0894-1130\(12\)80377-2/abstract](https://www.jhandtherapy.org/article/S0894-1130(12)80377-2/abstract)

MOUREK, Jindřich. 2012. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2.vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3918-2.

OTÁHLA, Stanislav. *Dynamometrie svalů* [přednáška]. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 8. 3. 2001. Dostupné z: <https://ftvs.cuni.cz/FTVS-890.html>

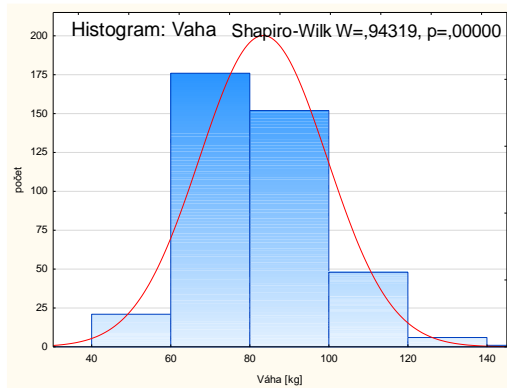
PILNÝ, Jaroslav a Igor ČIŽMÁŘ. 2006. *Chirurgie zápěstí*. Praha: Galén. ISBN 8072623761.

PILNÝ, Jaroslav a Roman SLODIČKA. 2017. *Chirurgie ruky*. 2. vyd. Praha: Grada Publish. ISBN 978-80-271-0180-1.

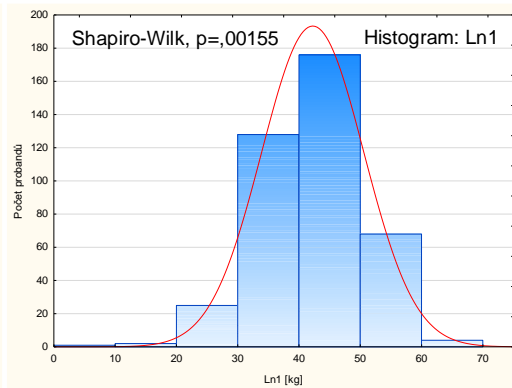
TROSSMAN Patricia B. a Ping-Wu Li. 1989. The Effect of the Duration of Intertrial Rest Periods on Isometric Grip Strength Performance in Young Adults. *The Occupational Therapy Journal of Research*, **9**(6), 362-378. Dostupné z: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/153944928900900604>

Seznam příloh

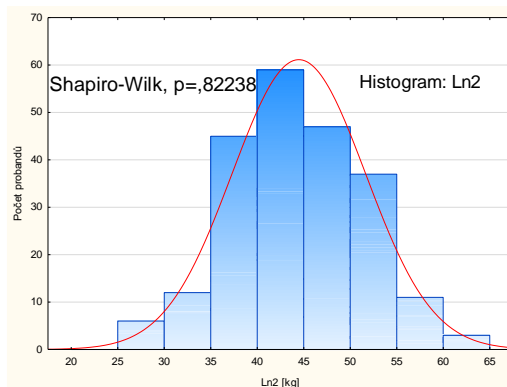
Příloha A	Shapiro – Wilk testy v histogramech (H)
Příloha B	Friedman ANOVA



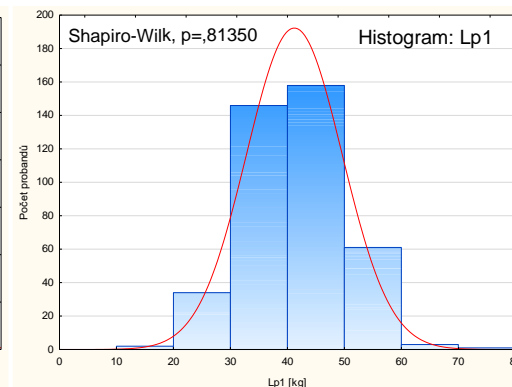
Graf 1 H:Vaha všech mužů (Zdroj:autor)



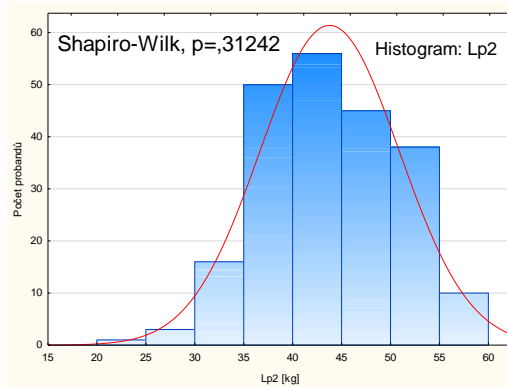
Graf 2 H:Ln1 všech mužů (Zdroj:autor)



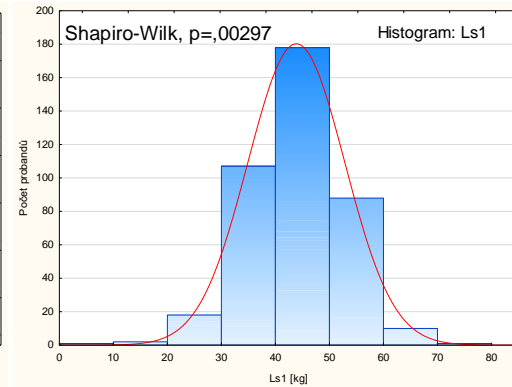
Graf 3 H:Ln2 všech mužů (Zdroj:autor)



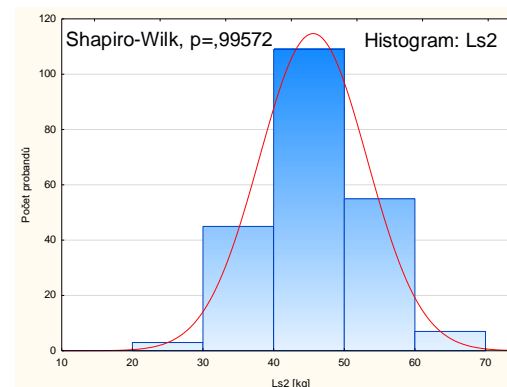
Graf 4 H:Lp1 všech mužů (Zdroj:autor)



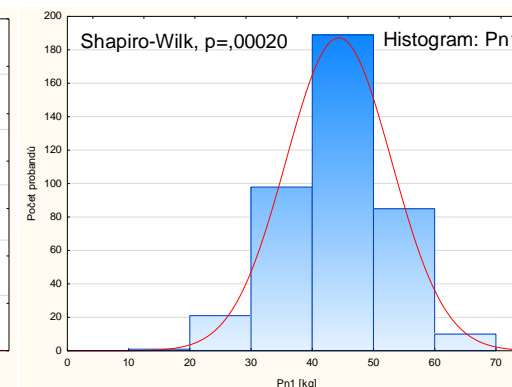
Graf 5 H:Lp2 všech mužů (Zdroj:autor)



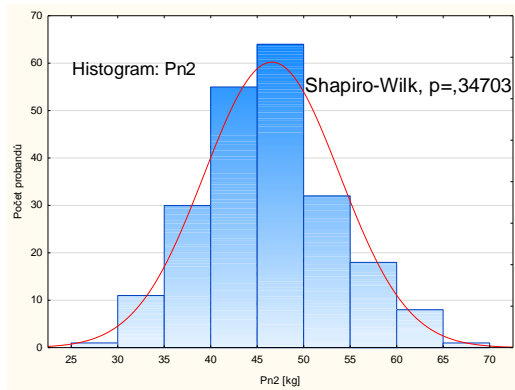
Graf 6 H:Ls1 všech mužů (Zdroj:autor)



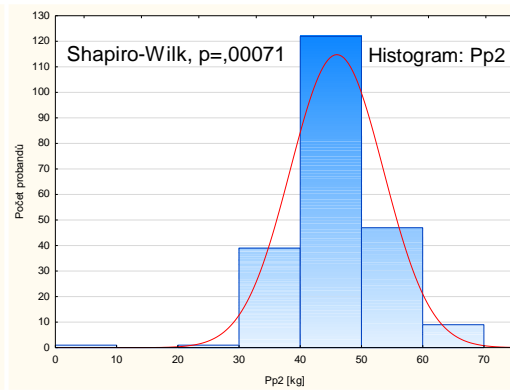
Graf 7 H:Ls2 všech mužů (Zdroj:autor)



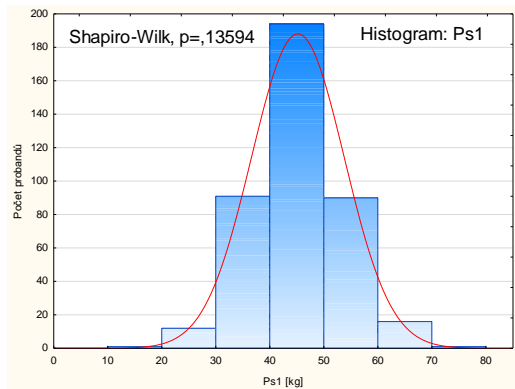
Graf 8 H:Pn1 všech mužů (Zdroj:autor)



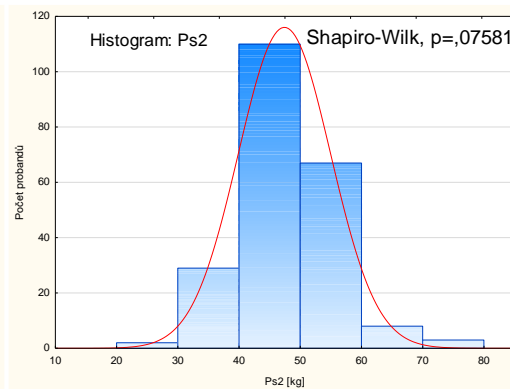
Graf 9 H:Pn2 všech mužů (Zdroj:autor)



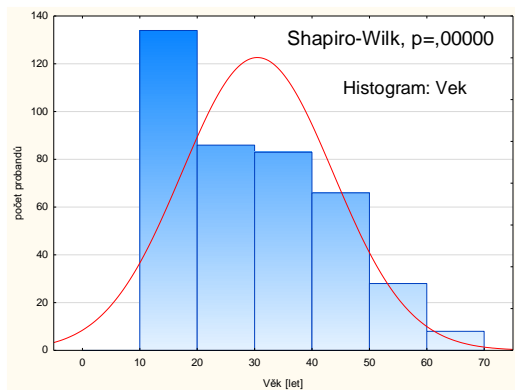
Graf 10 H:Pp2 všech mužů (Zdroj:autor)



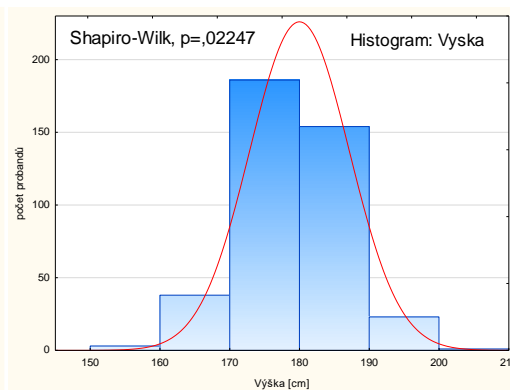
Graf 11 H:Ps1 všech mužů (Zdroj:autor)



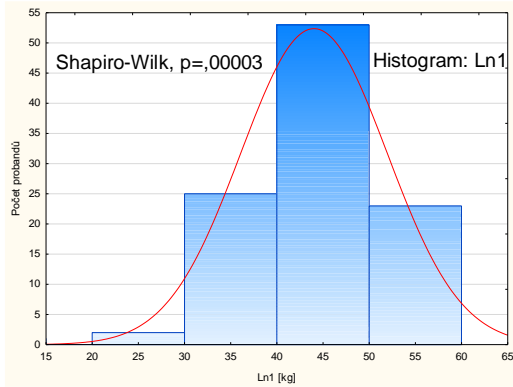
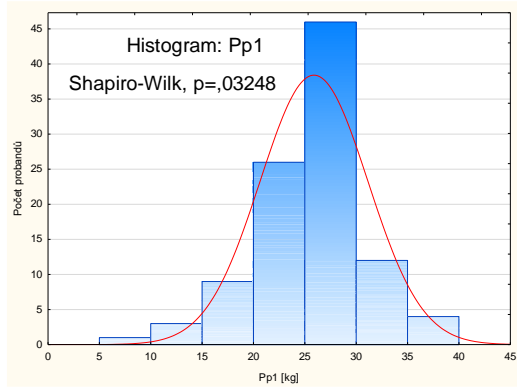
Graf 12 H:Ps2 všech mužů (Zdroj:autor)



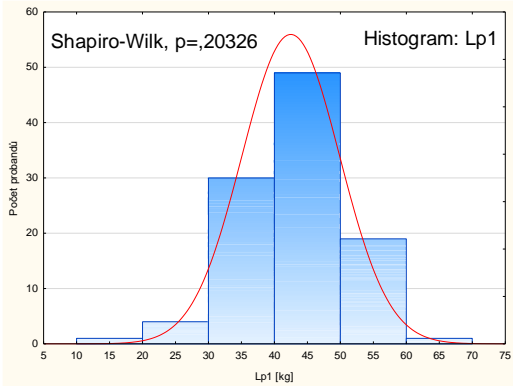
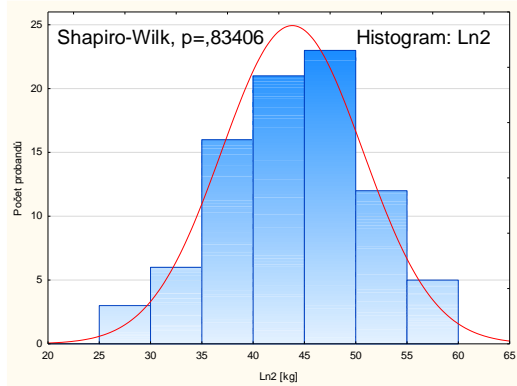
Graf 13 H:Věk všech mužů (Zdroj:autor)



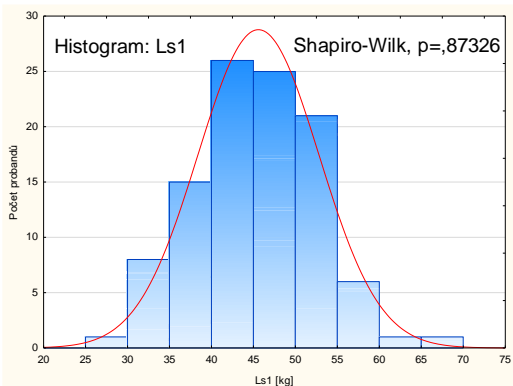
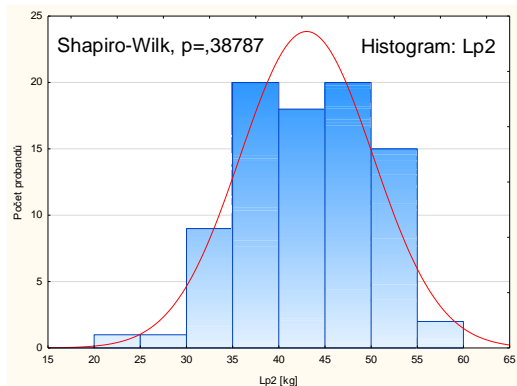
Graf 14 H:Výška všech mužů (Zdroj:autor)



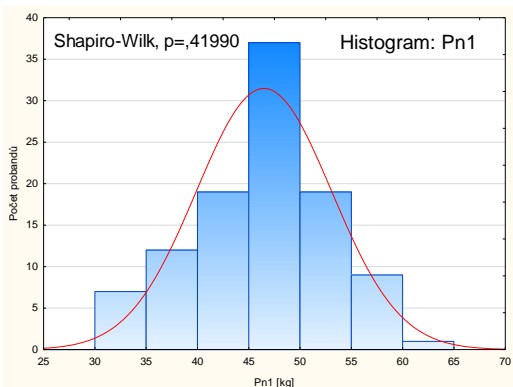
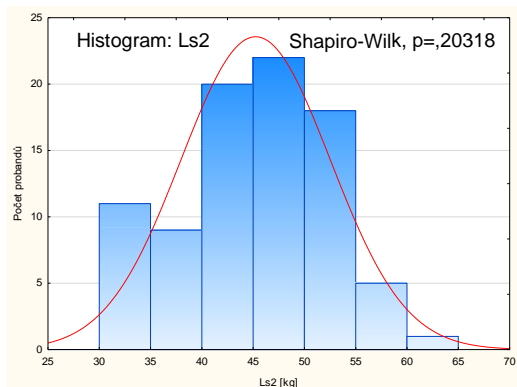
Graf 15 H:Váha všech mužů (Zdroj:autor) Graf 16:H Ln1 mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



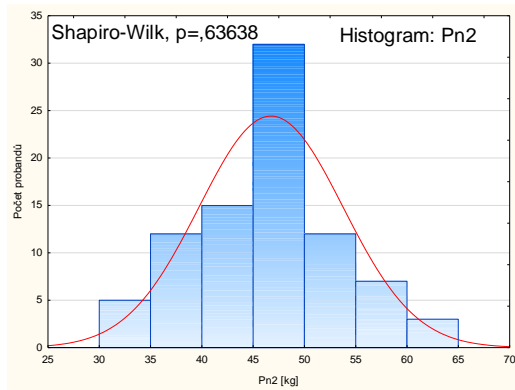
Graf 17 H:Ln2 mužů v kanceláři (Zdroj:autor) Graf 18 H:Lp1 mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



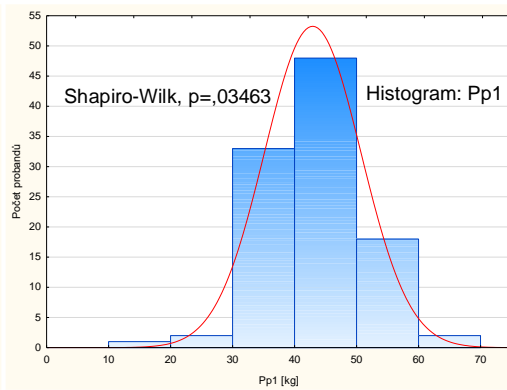
Graf 19 H:Lp2 mužů v kanceláři (Zdroj:autor) Graf 20 H:Ls1 mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



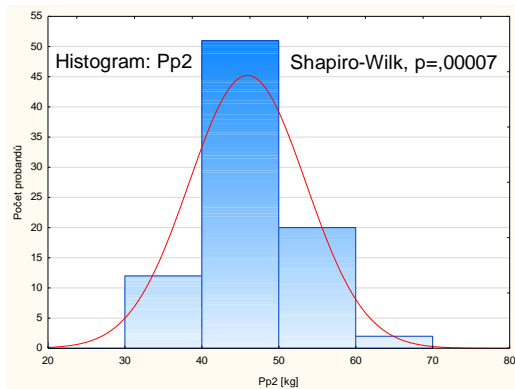
Graf 21 H:Ls2 mužů v kanceláři (Zdroj:autor) Graf 22 H:Pn1 mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



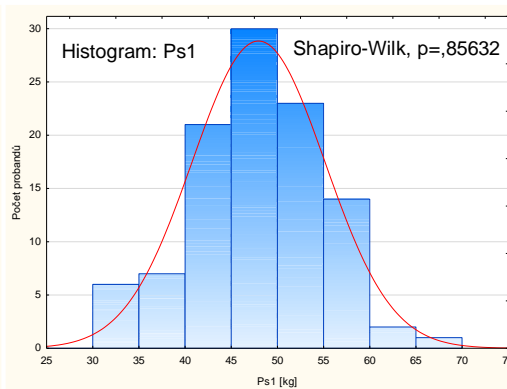
Graf 23 H:Pn2 mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



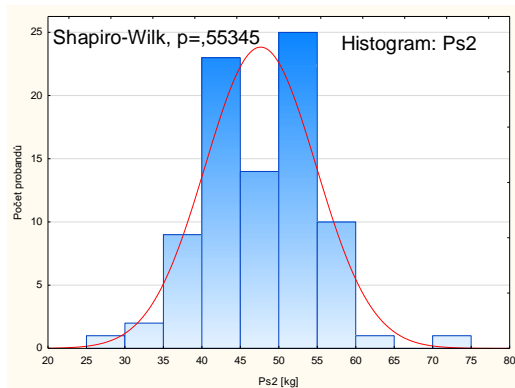
Graf 24 H:Pp1 mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



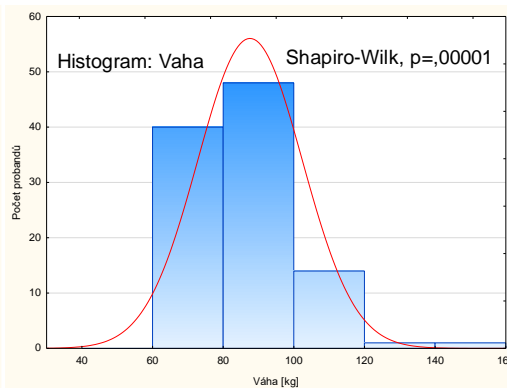
Graf 25 H:Pp2 mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



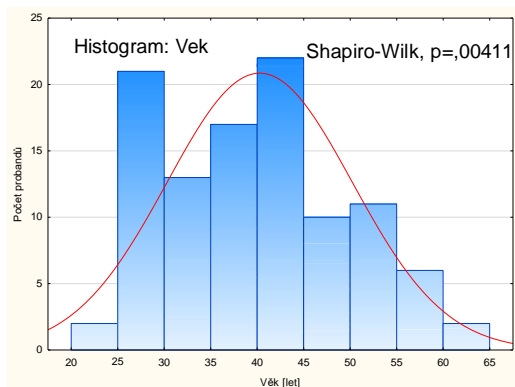
Graf 26 H:Ps1 mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



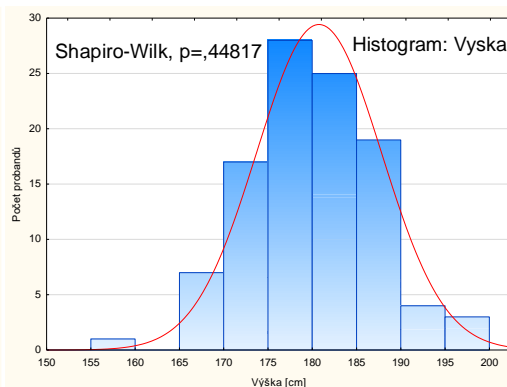
Graf 27 H:Ps2 mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



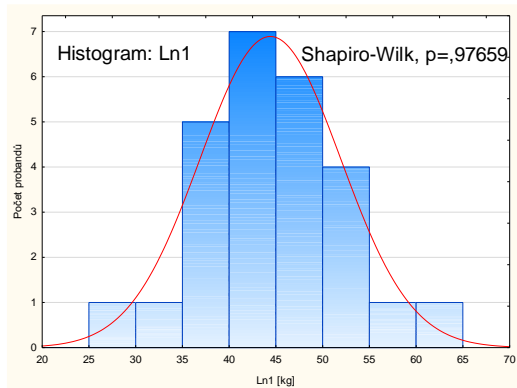
Graf 28 H:Vaha mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



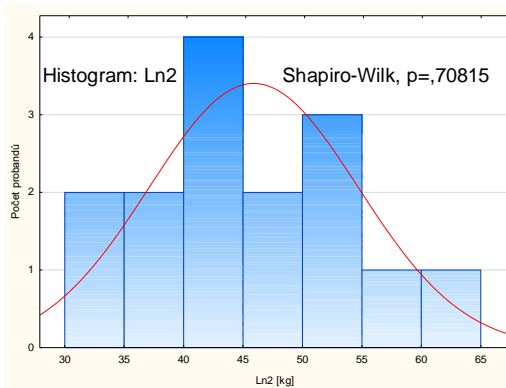
Graf 29 H:Věk mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



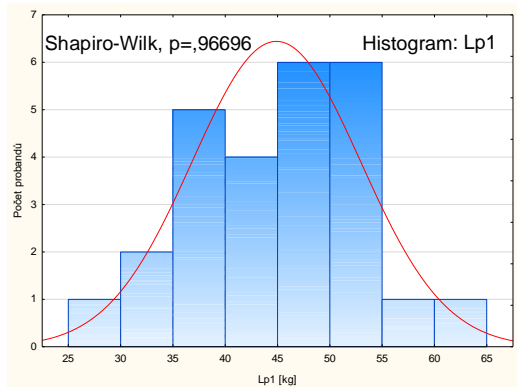
Graf 30 H:Výška mužů v kanceláři (Zdroj:autor)



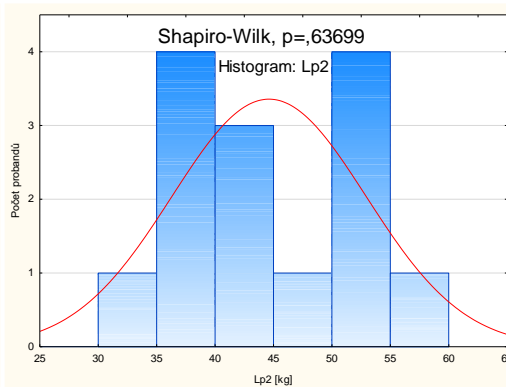
Graf 31 H:Ln1 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



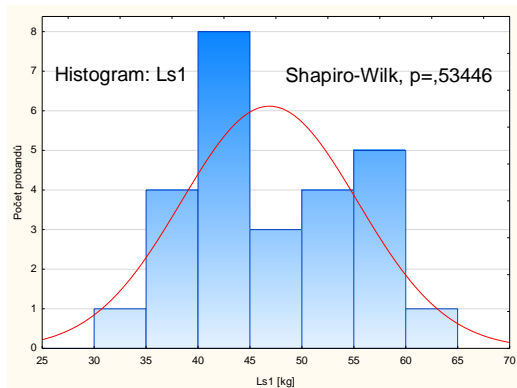
Graf 32 H:Ln2 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



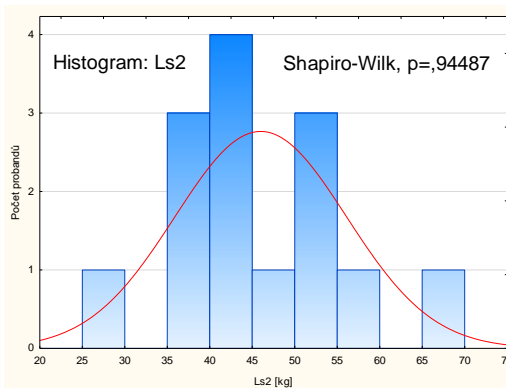
Graf 33 H:Lp1 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



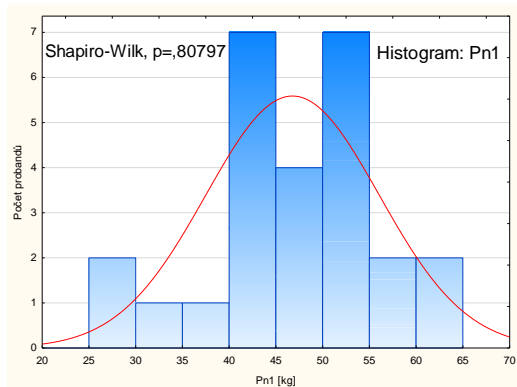
Graf 34 H:Lp2 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



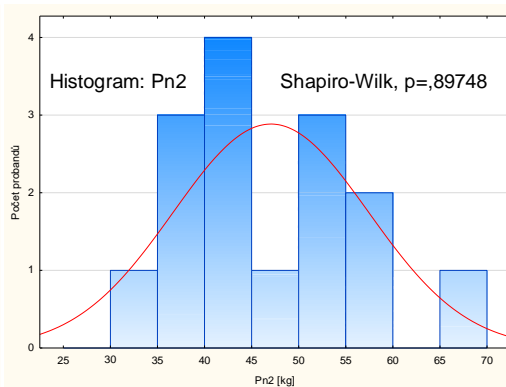
Graf 35 H:Ls1 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



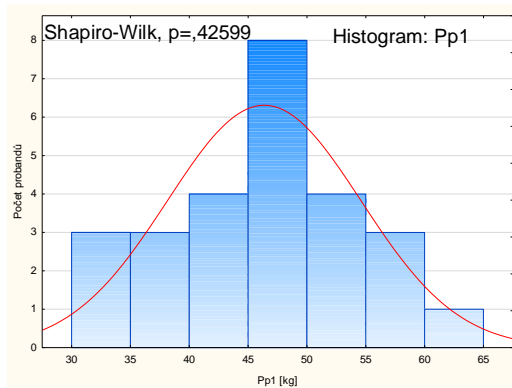
Graf 36 H:Ls2 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



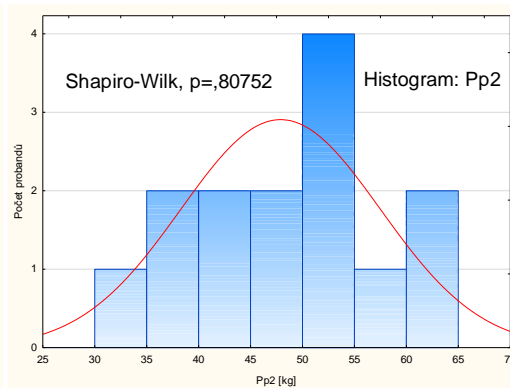
Graf 37 H:Pn1 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



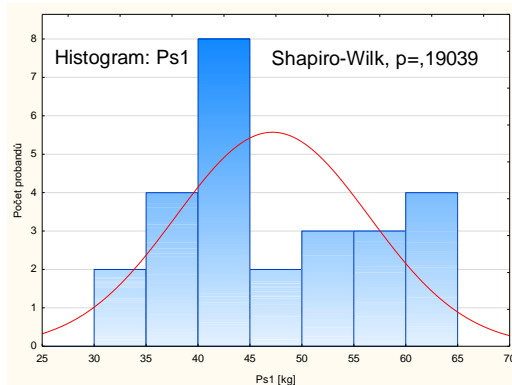
Graf 38 H:Pn2 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



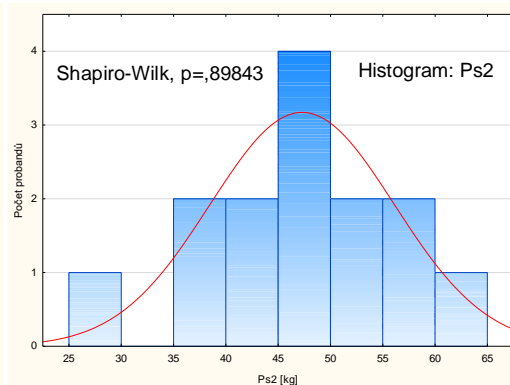
Graf 39 H:Pp1 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



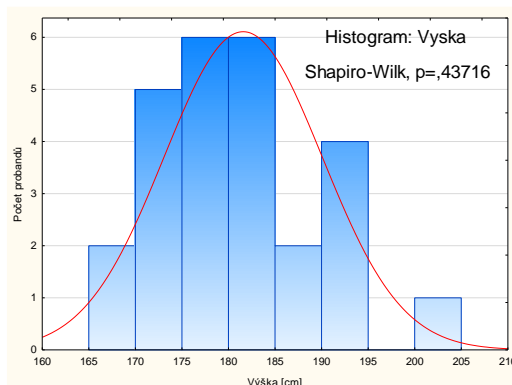
Graf 40 H:Pp2 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



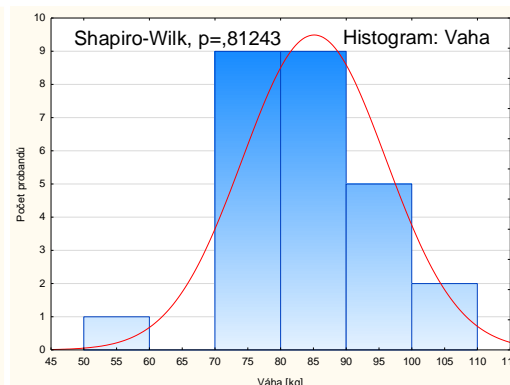
Graf 41 H:Ps1 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



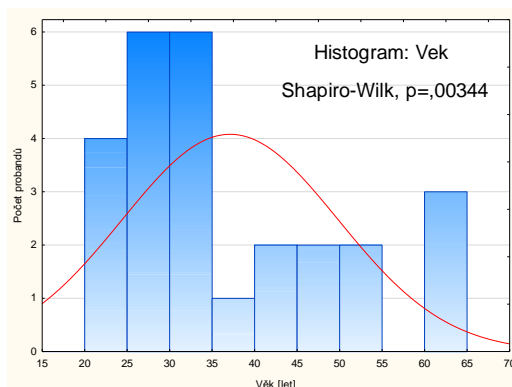
Graf 42 H:Ps2 mužů v kan/man (Zdroj:autor)



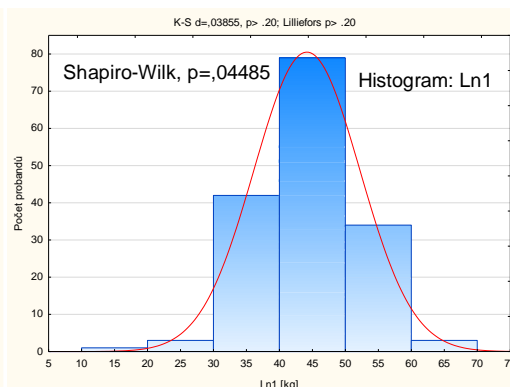
Graf 43 H:Výška mužů v kan/man (Zdroj:autor)



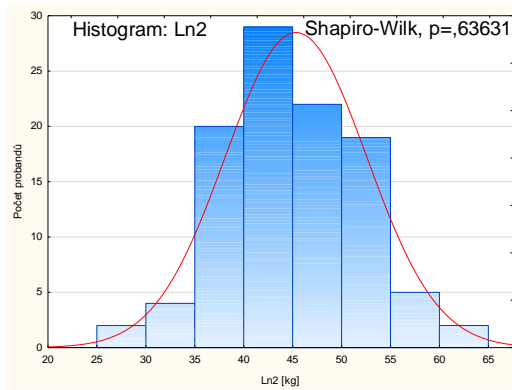
Graf 44 H:Váha mužů v kan/man (Zdroj:autor)



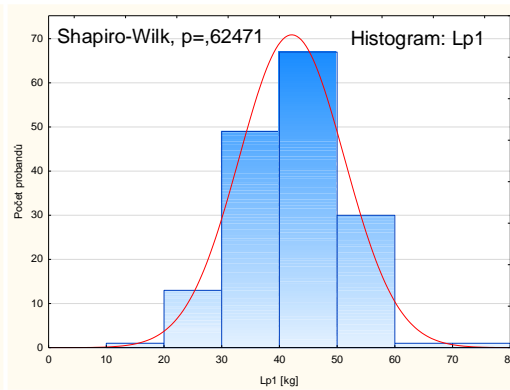
Graf 45 H:Věk mužů v kan/man (Zdroj:autor)



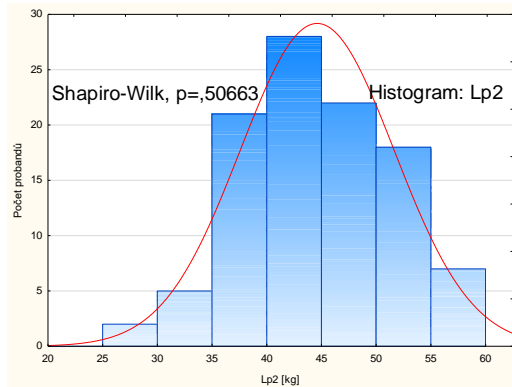
Graf 46 H:Ln1 mužů manuálně (Zdroj:autor)



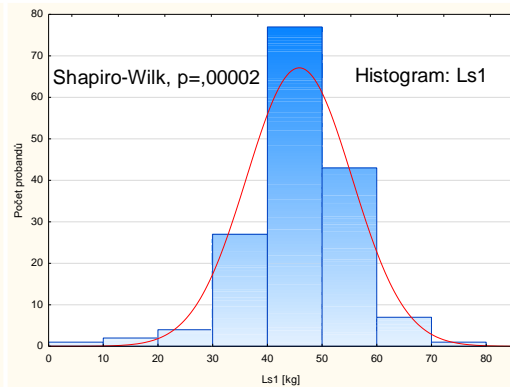
Graf 47 H:Ln2 mužů manuálně (Zdroj:autor)



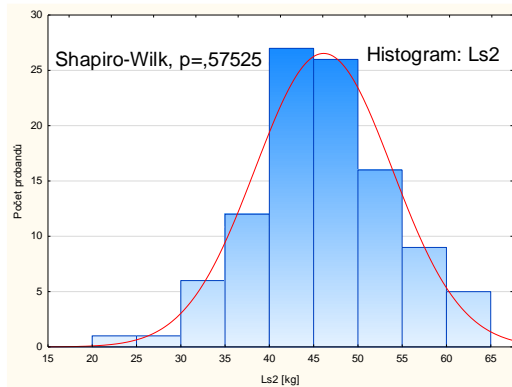
Graf 48 H:Lp1 mužů manuálně (Zdroj:autor)



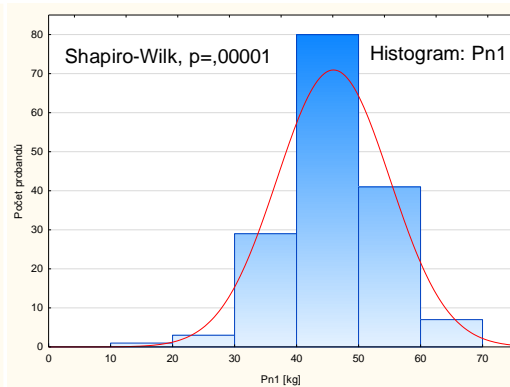
Graf 49 H:Lp2 mužů manuálně (Zdroj:autor)



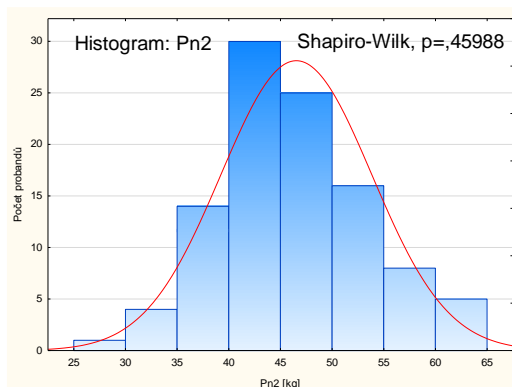
Graf 50 H:Ls1 mužů manuálně (Zdroj:autor)



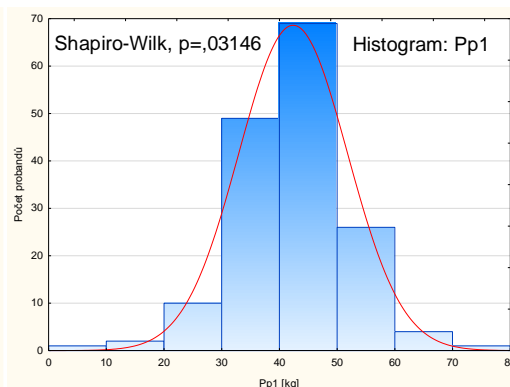
Graf 51 H:Ls2 mužů manuálně (Zdroj:autor)



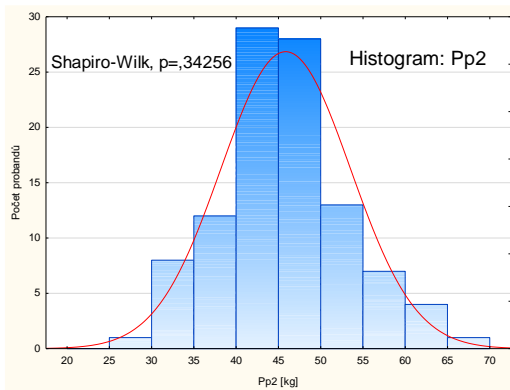
Graf 52 H:Pn1 mužů manuálně (Zdroj:autor)



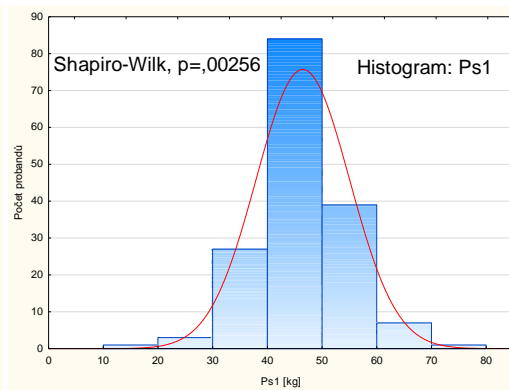
Graf 53 H:Pn2 mužů manuálně (Zdroj:autor)



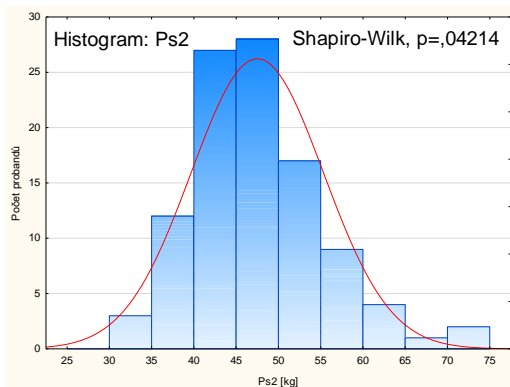
Graf 54 H:Pp1 mužů manuálně (Zdroj:autor)



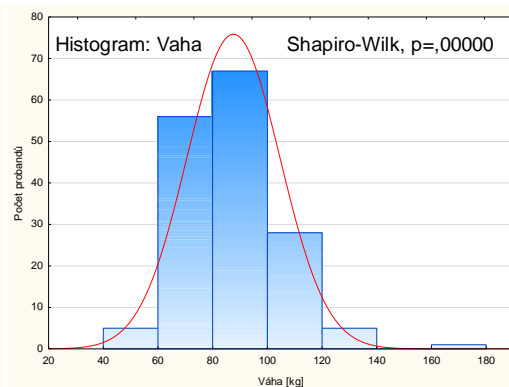
Graf 55 H:Pp2 mužů manuálně (Zdroj:autor)



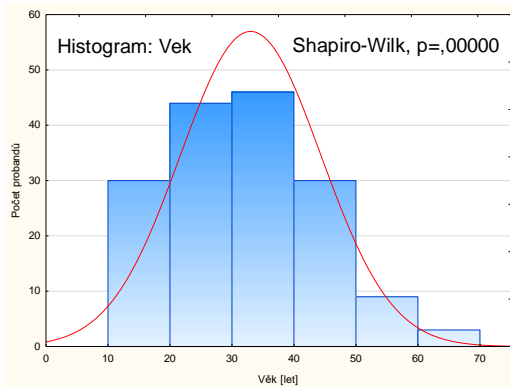
Graf 56 H:Ps1 mužů manuálně (Zdroj:autor)



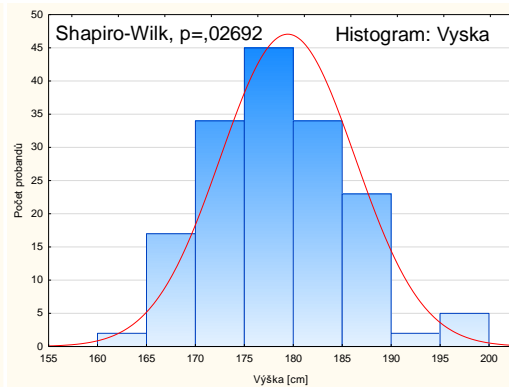
Graf 57 H:Ps2 mužů manuálně (Zdroj:autor)



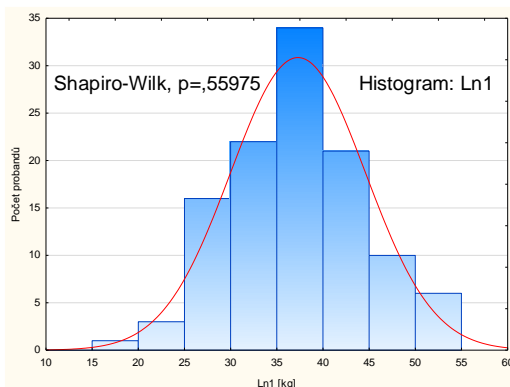
Graf 58 H:Váhs mužů manuálně (Zdroj:autor)



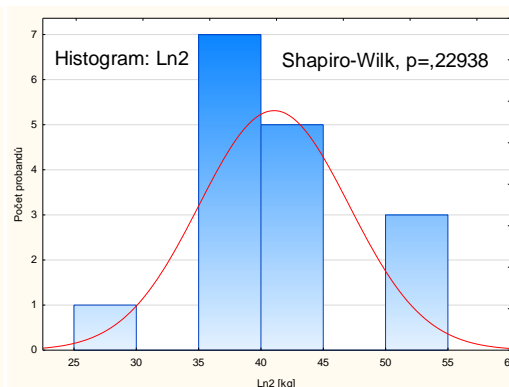
Graf 59 H:Věk mužů manuálně (Zdroj:autor)



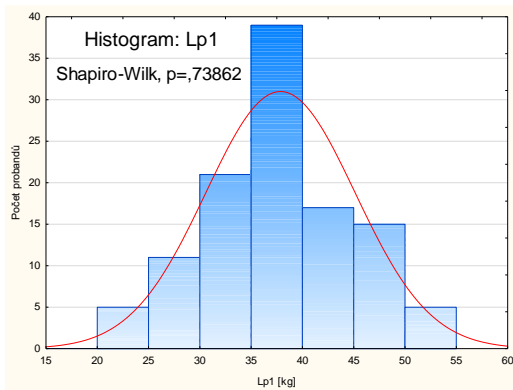
Graf 60 H:Výška mužů manuálně (Zdroj:autor)



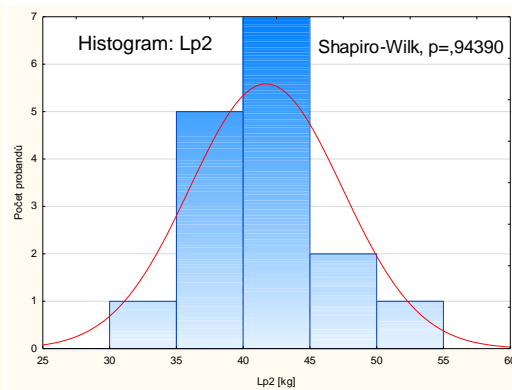
Graf 61 H:Ln1 studentů (Zdroj:autor)



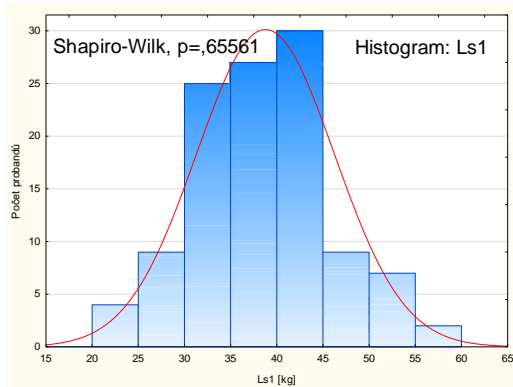
Graf 62 H:Ln2 studentů (Zdroj:autor)



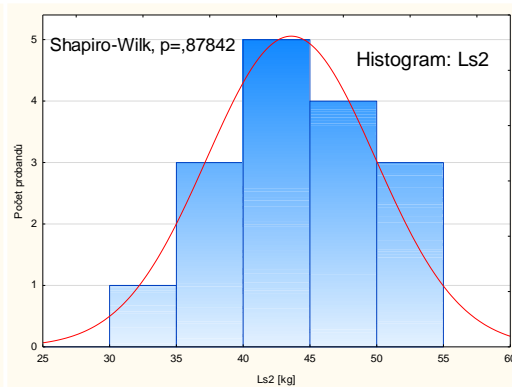
Graf 63 H:Lp1 studentů (Zdroj:autor)



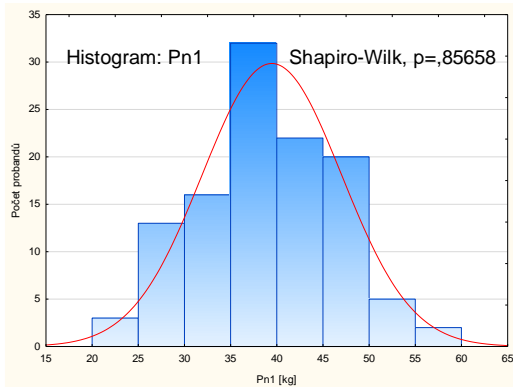
Graf 64 H:Lp2 studentů (Zdroj:autor)



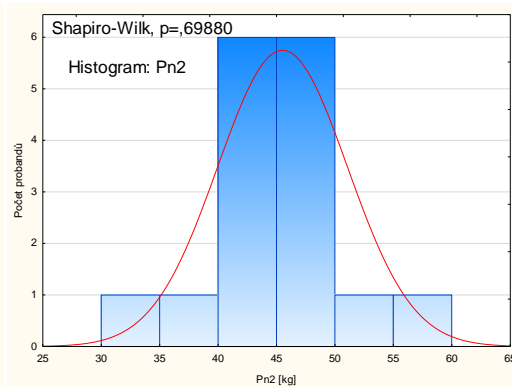
Graf 65 H:Ls1 studentů (Zdroj:autor)



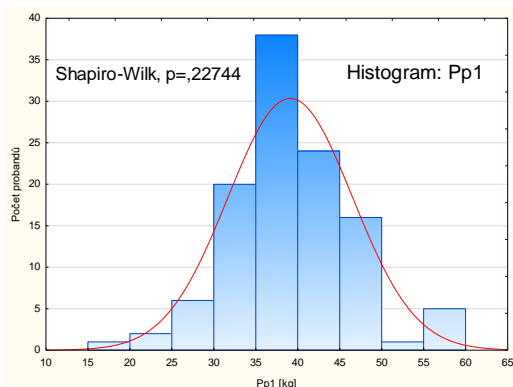
Graf 66 H:Ls2 studentů (Zdroj:autor)



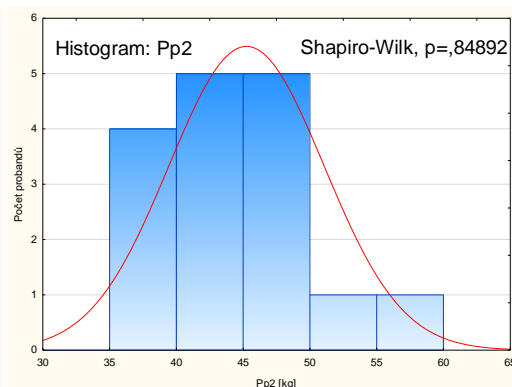
Graf 67 H:Pn1 studentů (Zdroj:autor)



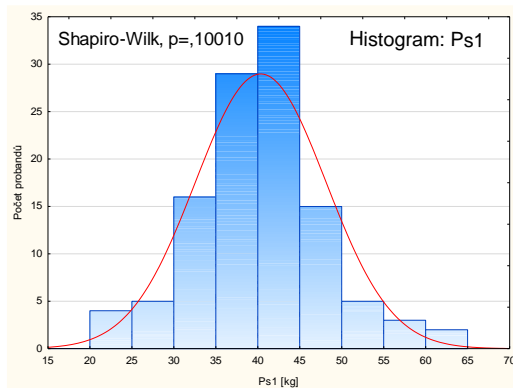
Graf 68 H:Pn2 studentů (Zdroj:autor)



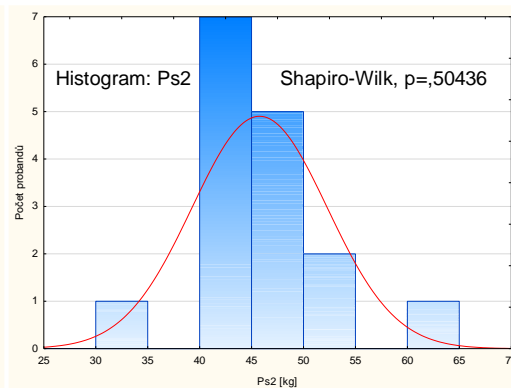
Graf 69 H:Pp1 studentů (Zdroj:autor)



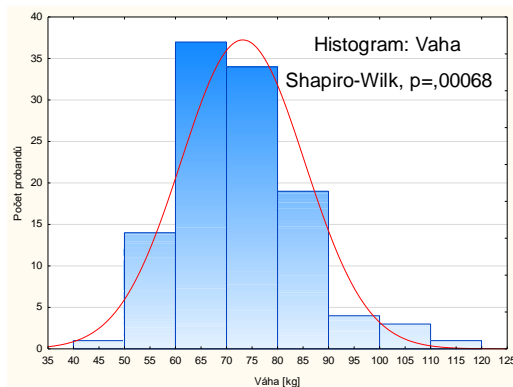
Graf 70 H:Pp2 studentů (Zdroj:autor)



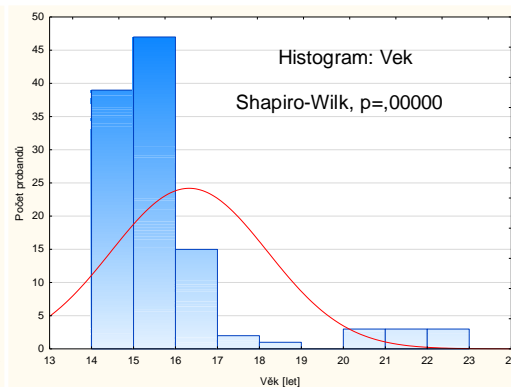
Graf 71 H:Ps1 studentů (Zdroj:autor)



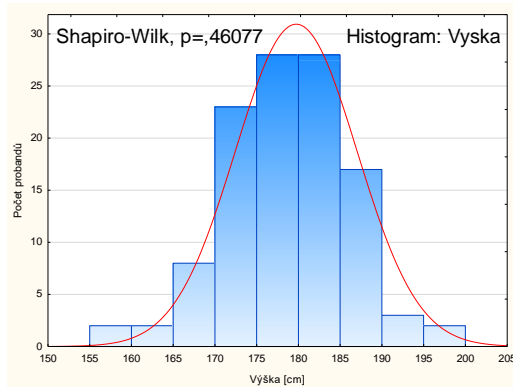
Graf 72 H:Ps2 studentů (Zdroj:autor)



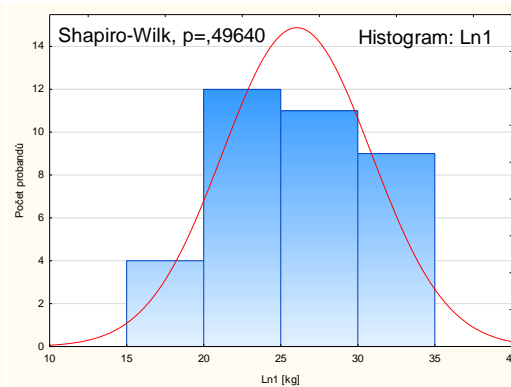
Graf 73 H:Váha studentů (Zdroj:autor)



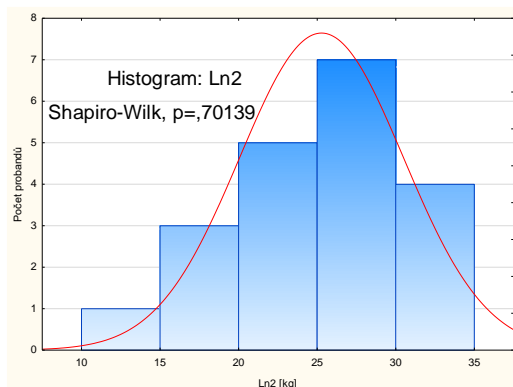
Graf 74 H:Věk studentů (Zdroj:autor)



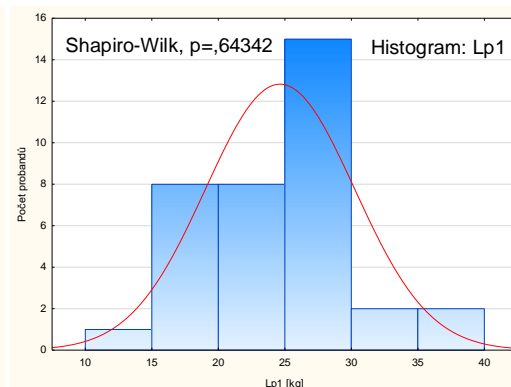
Graf 75 H:Výška studentů (Zdroj:autor)



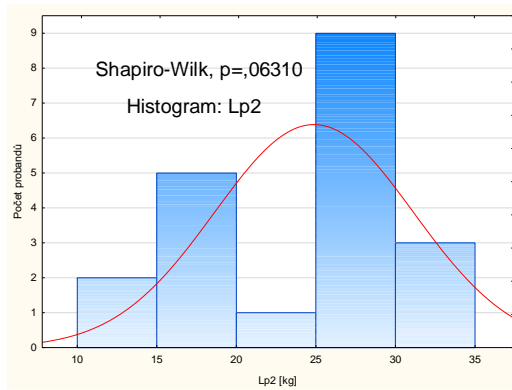
Graf 76 H:Ln1 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



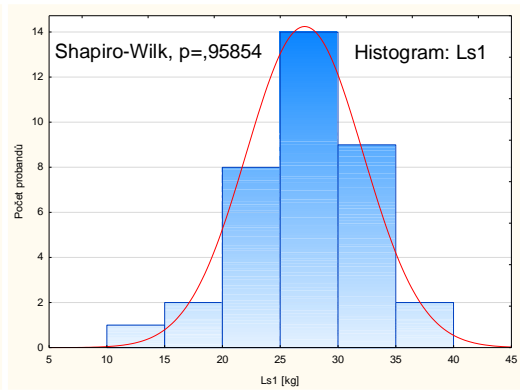
Graf 77 H:Ln2 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



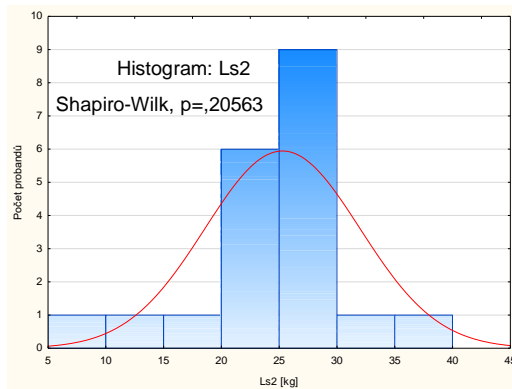
Graf 78 H:Lp1 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



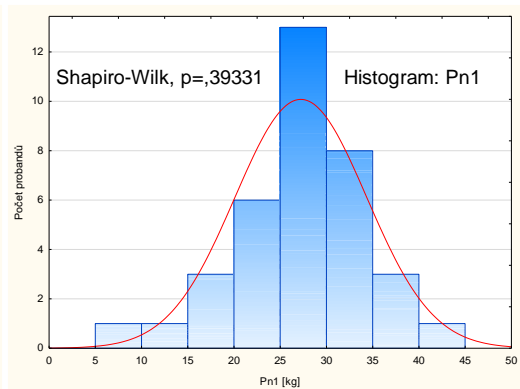
Graf 79 H:Lp2 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



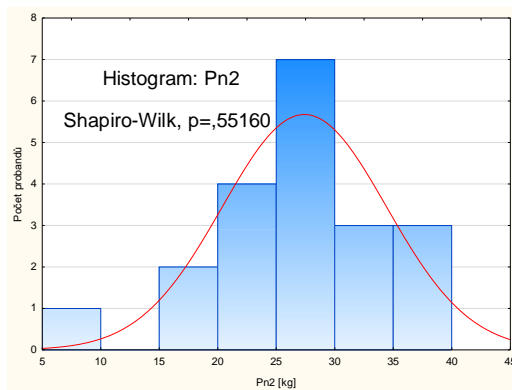
Graf 80 H:Ls1 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



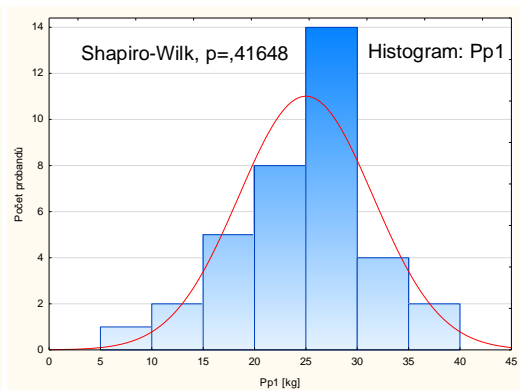
Graf 81 H:Ls2 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



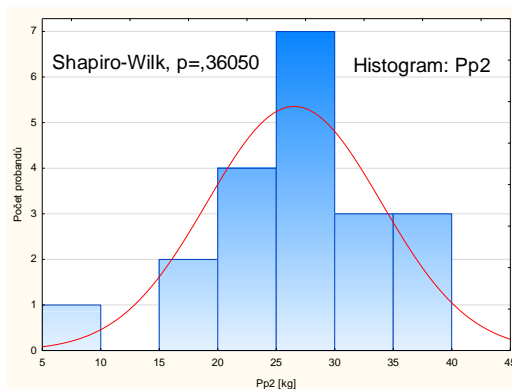
Graf 82 H:Pn1 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



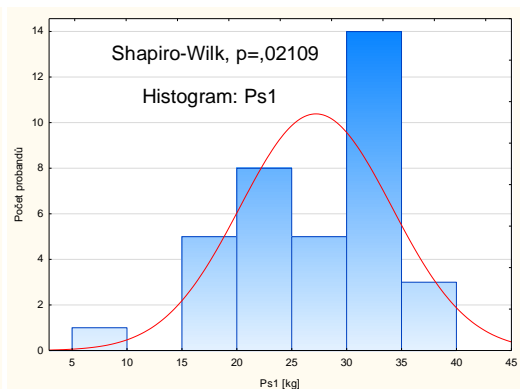
Graf 83 H:Pn2 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



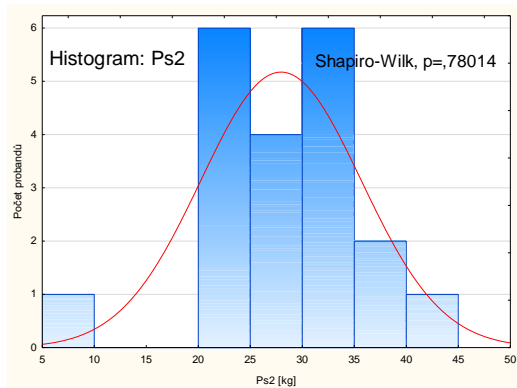
Graf 84 H:Pp1 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



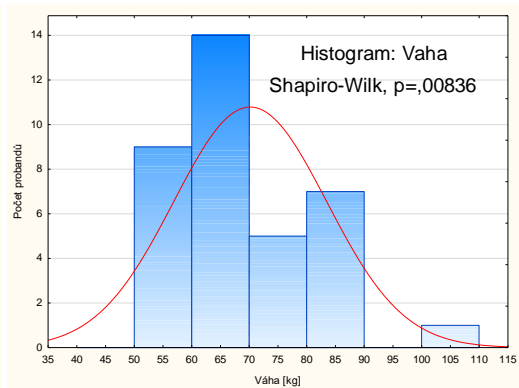
Graf 85 H:Pp2 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



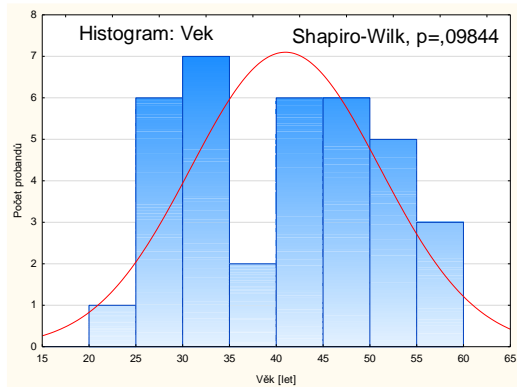
Graf 86 H:Ps1 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



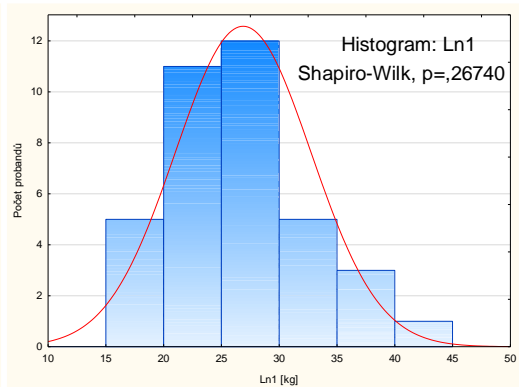
Graf 87 H:Ps2 žen v kanceláři (Zdroj:autor)



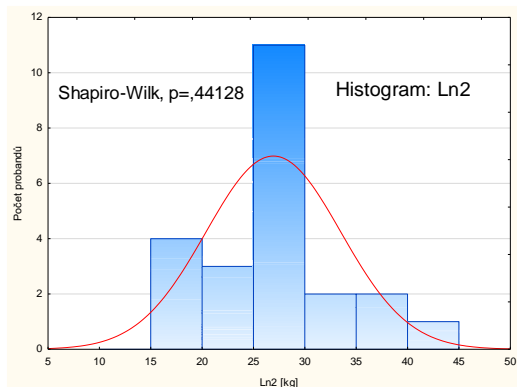
Graf 88 H:Váha žen v kanceláři (Zdroj:autor)



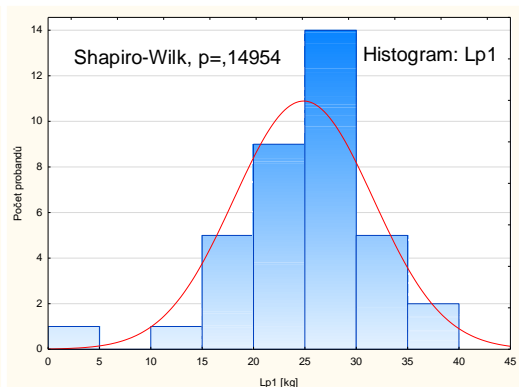
Graf 89 H:Věm žen v kanceláři (Zdroj:autor)



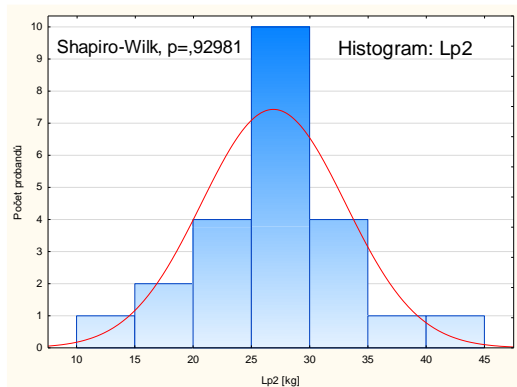
Graf 90 H:Ln1 žen manuál (Zdroj:autor)



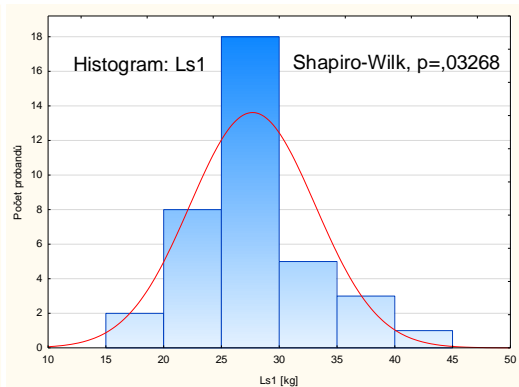
Graf 91 H:Ln2 žen manuál (Zdroj:autor)



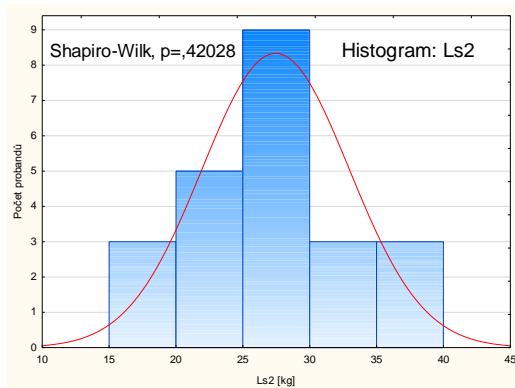
Graf 92 H:Lp1 žen manuál (Zdroj:autor)



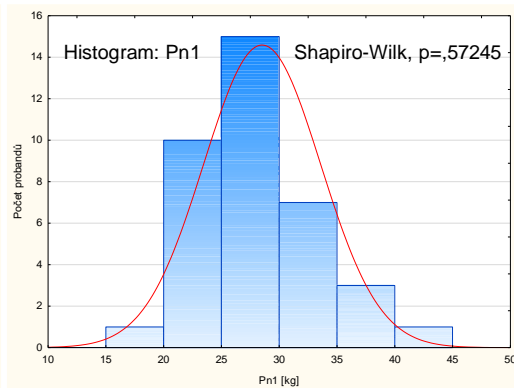
Graf 93 H:Lp2 žen manuál (Zdroj:autor)



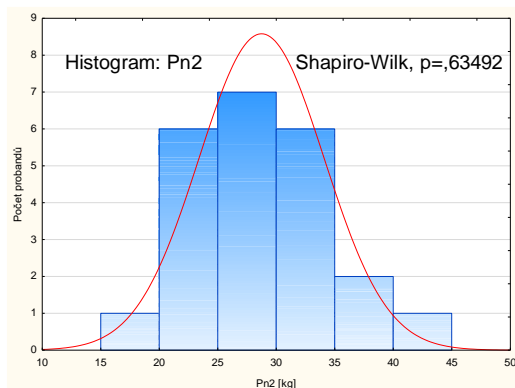
Graf 94 H:Ls1 žen manuál (Zdroj:autor)



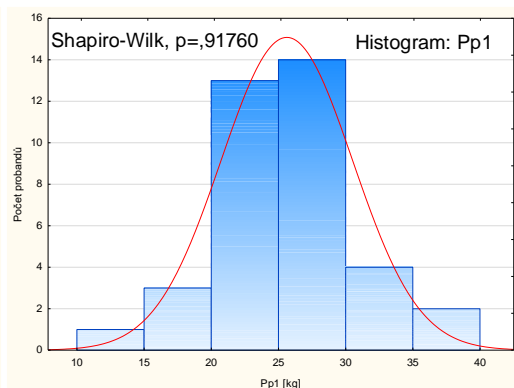
Graf 95 H:Ls2 žen manuál (Zdroj:autor)



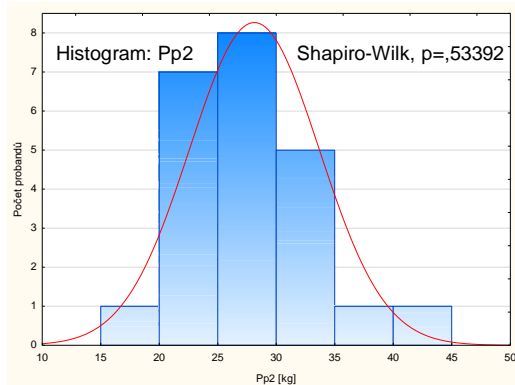
Graf 96 H:Pn1 žen manuál (Zdroj:autor)



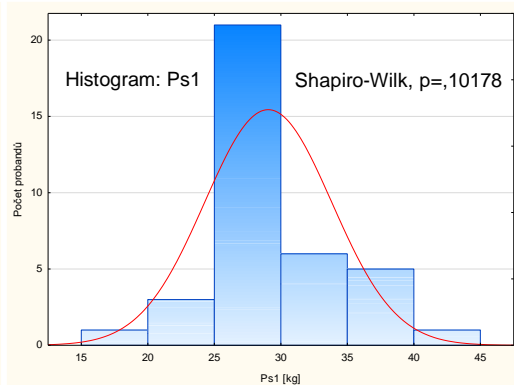
Graf 97 H:Pn2 žen manuál (Zdroj:autor)



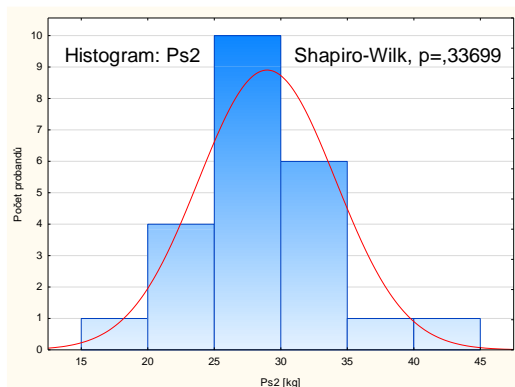
Graf 98 H:Pp1 žen manuál (Zdroj:autor)



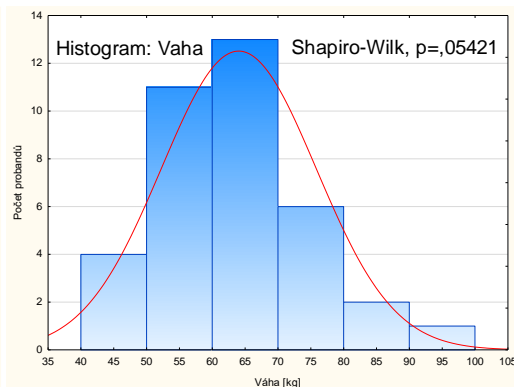
Graf 99 H:Pp2 žen manuál (Zdroj:autor)



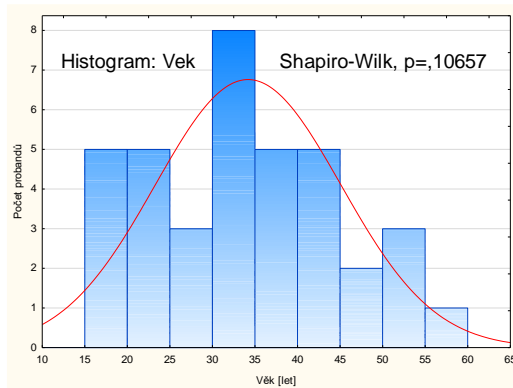
Graf 100 H:Ps1 žen manuál (Zdroj:autor)



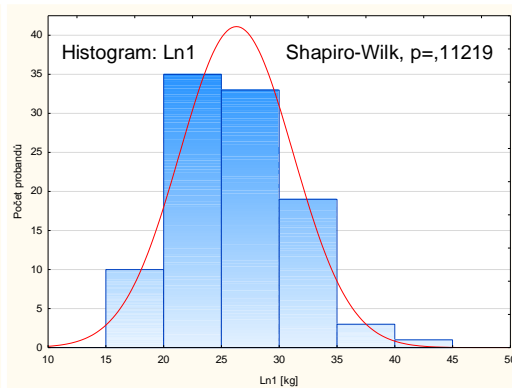
Graf 101 H:Ps2 žen manuál (Zdroj:autor)



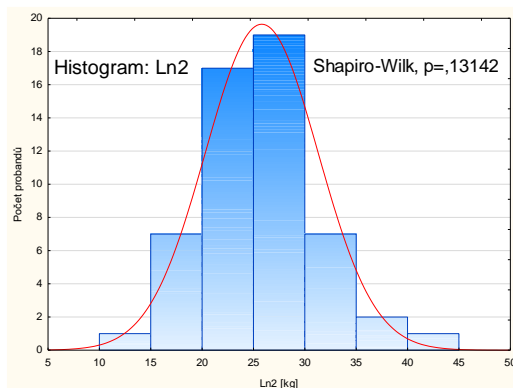
Graf 102 H:Váha žen manuál (Zdroj:autor)



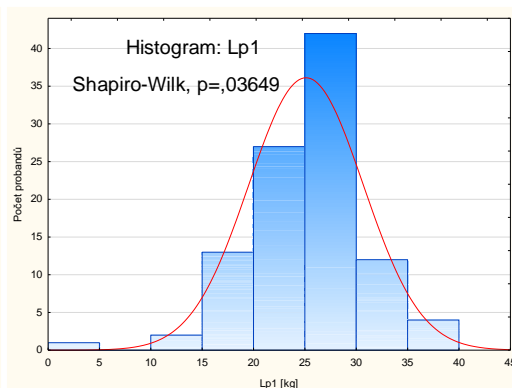
Graf 103 H:Věk žen manuál (Zdroj:autor)



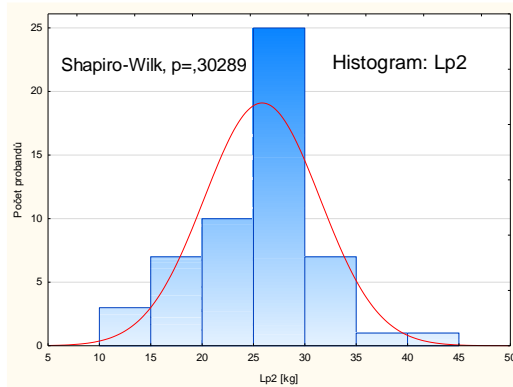
Graf 104 H:Ln1 všech žen (Zdroj:autor)



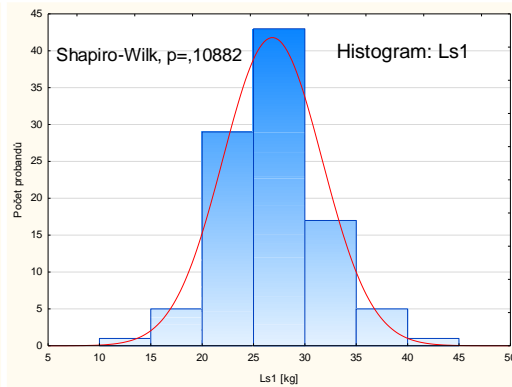
Graf 105 H:Ln2 všech žen (Zdroj:autor)



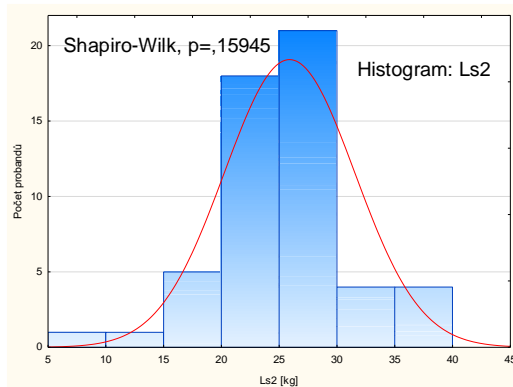
Graf 106 H:Lp1 všech žen (Zdroj:autor)



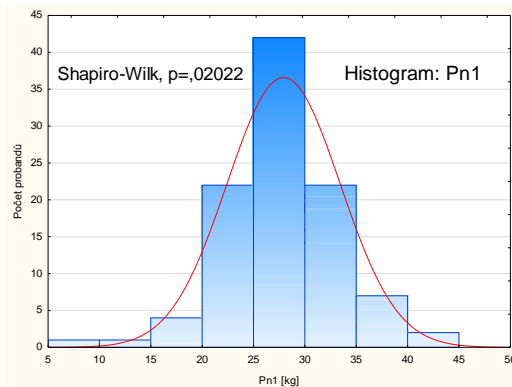
Graf 107 H:Lp2 všech žen (Zdroj:autor)



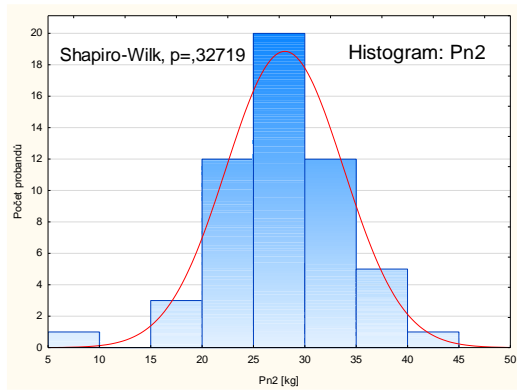
Graf 108 H:Ls1 všech žen (Zdroj:autor)



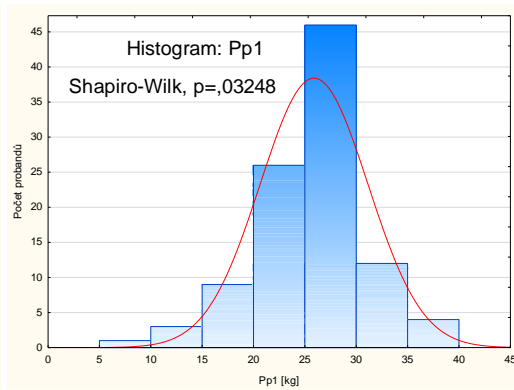
Graf 109 H:Ls2 všech žen (Zdroj:autor)



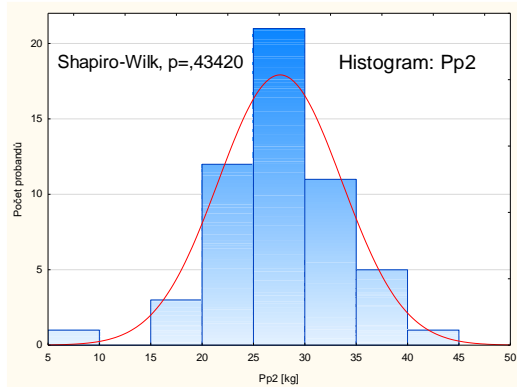
Graf 110 H:Pn1 všech žen (Zdroj:autor)



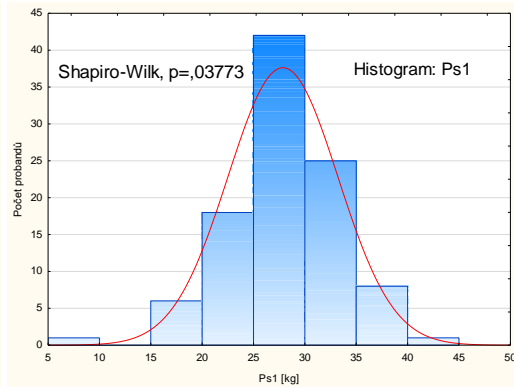
Graf 111 H:Pn2všech žen (Zdroj:autor)



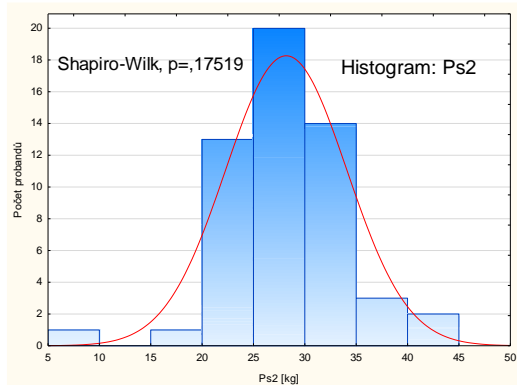
Graf 112 H:Pp1všech žen (Zdroj:autor)



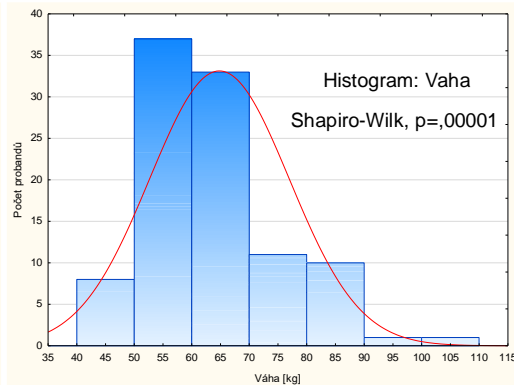
Graf 113 H:Pp2všech žen (Zdroj:autor)



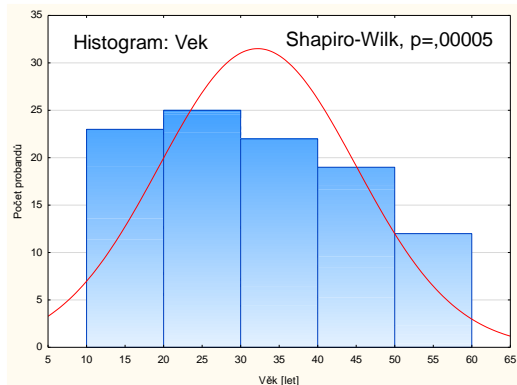
Graf 114 H:Ps1všech žen (Zdroj:autor)



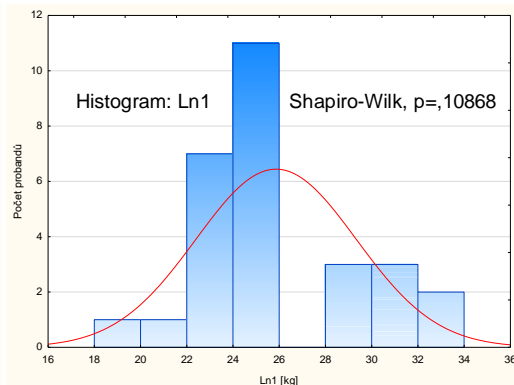
Graf 115 H:Ps2 všech žen (Zdroj:autor)



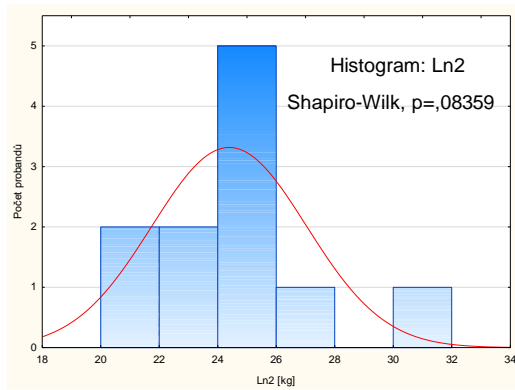
Graf 116 H:Váhavšech žen (Zdroj:autor)



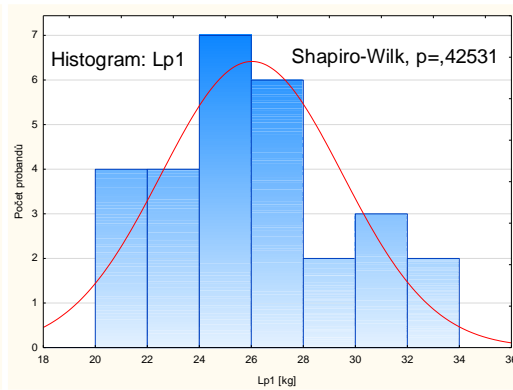
Graf 117 H:Věk všech žen (Zdroj:autor)



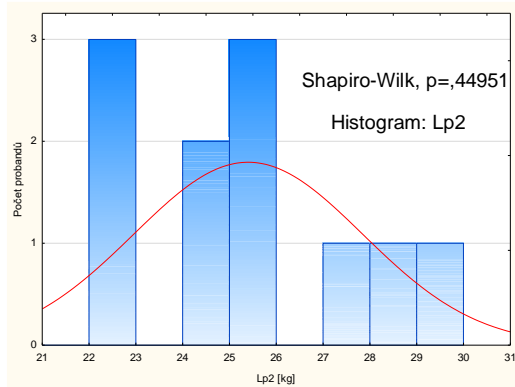
Graf 118 H:Ln1 studentek (Zdroj:autor)



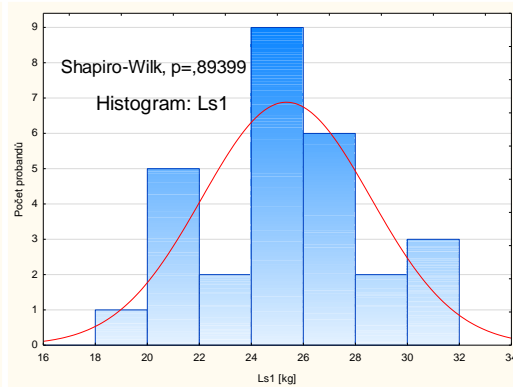
Graf 119 H:Ln2 studentek (Zdroj:autor)



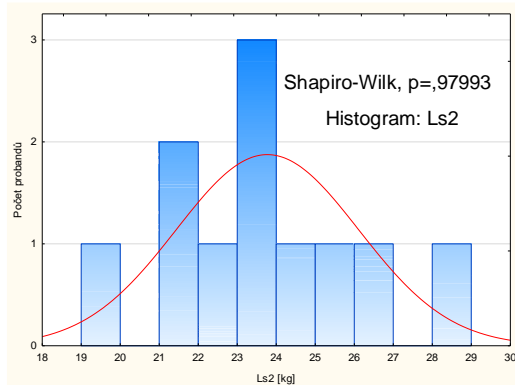
Graf 120 H:Lp1 studentek (Zdroj:autor)



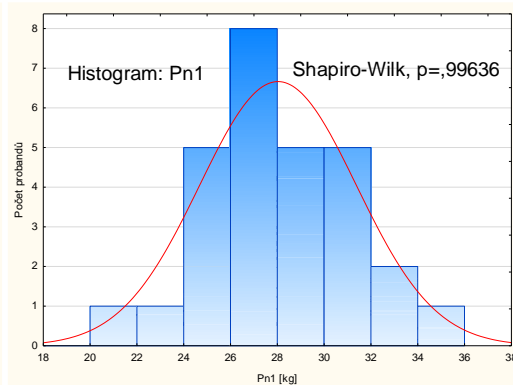
Graf 121 H:Lp2 studentek (Zdroj:autor)



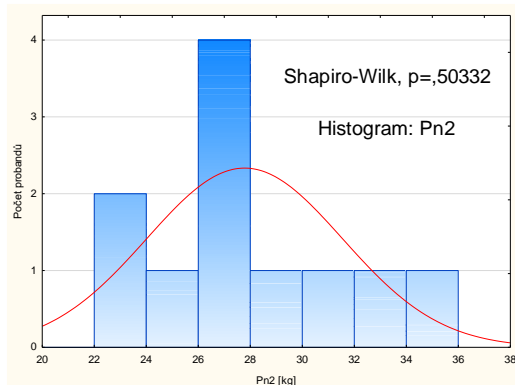
Graf 122 H:Ls1 studentek (Zdroj:autor)



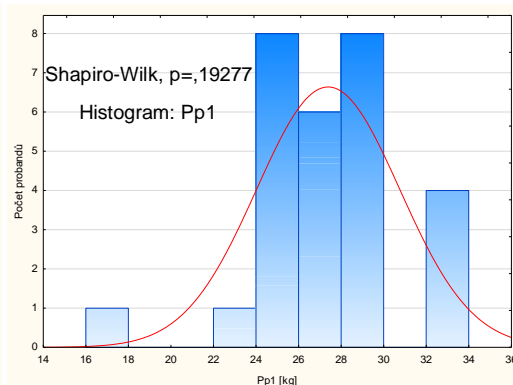
Graf 123 H:Ls2 studentek (Zdroj:autor)



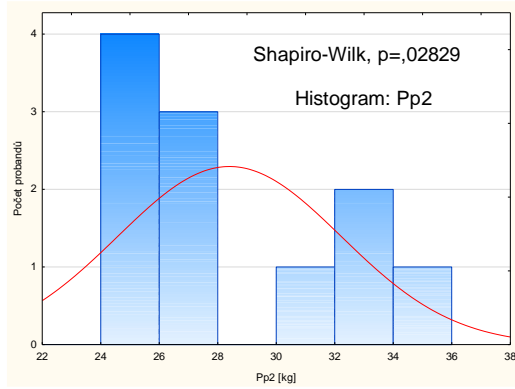
Graf 124 H:Pn1 studentek (Zdroj:autor)



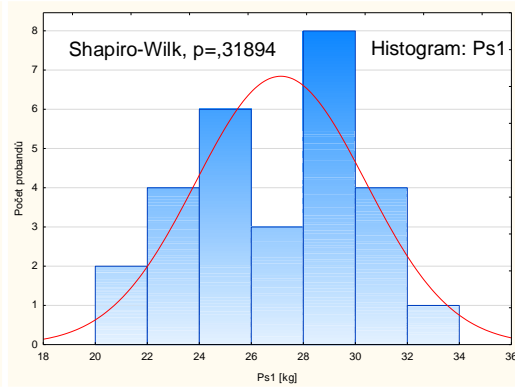
Graf 125 H:Pn2 studentek (Zdroj:autor)



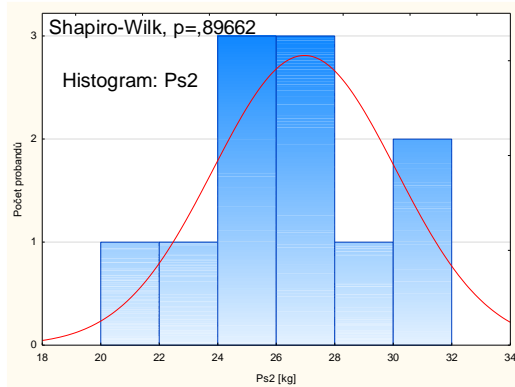
Graf 126 H:Pp1 studentek (Zdroj:autor)



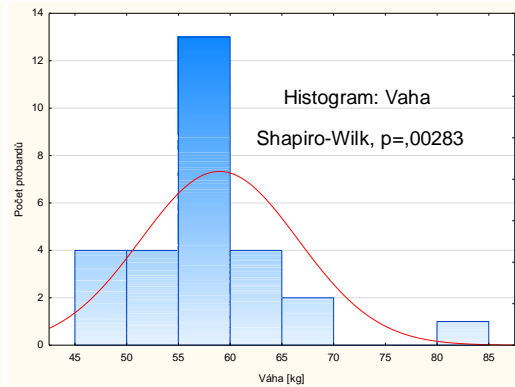
Graf 127 H:Pp2 studentek (Zdroj:autor)



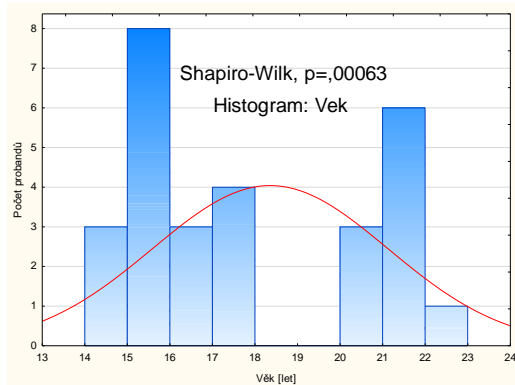
Graf 128 H:Ps1 studentek (Zdroj:autor)



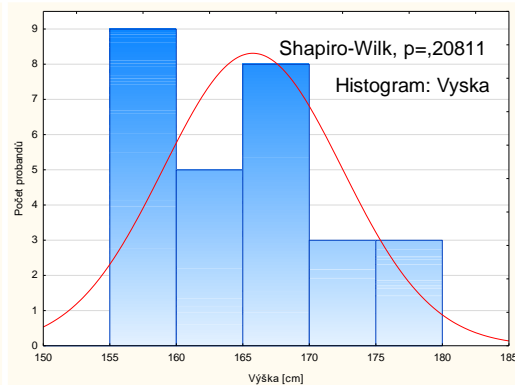
Graf 129 H:Ps2 studentek (Zdroj:autor)



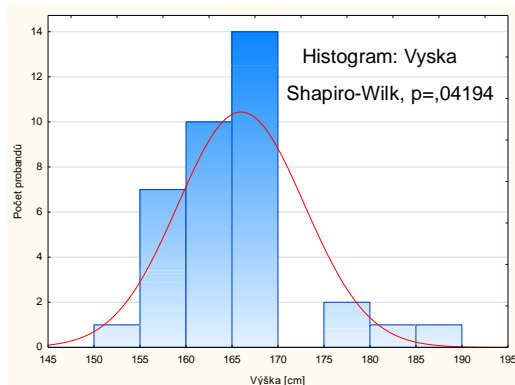
Graf 130 H:Váha studentek (Zdroj:autor)



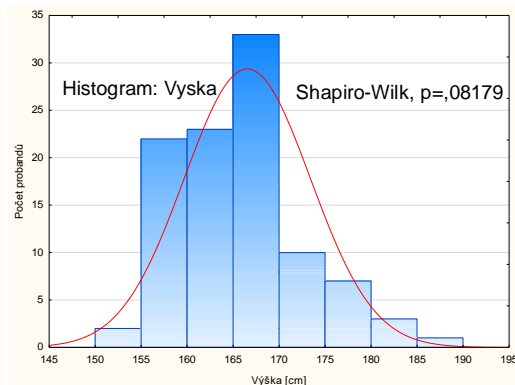
Graf 131 H:Vek studentek (Zdroj:autor)



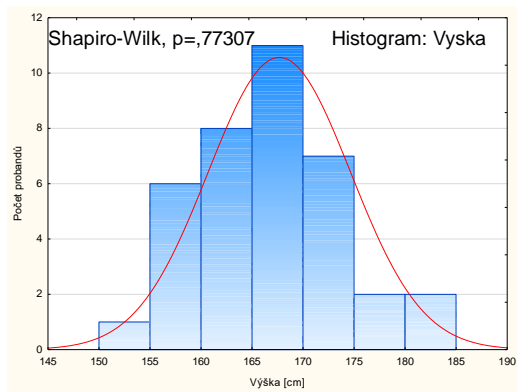
Graf 132 H:Výška studentek (Zdroj:autor)



Graf 133 H:výška žen v kan(Zdroj:autor)



Graf 134 H:Výška všech žen (Zdroj:autor)



Graf 135 H: Výška žen manuální (Zdroj: autor)

Příloha B Tabulky Freidman ANOVA

Tab. 16 Friedman ANOVA manuálně pracujících mužů

Porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>
Pp1 - Ps1 - Pn1	162	0	Pp1 - Ps1	162	0	Pp2 - Ps2	103	0,02938
Lp1 - Ls1 - Ln1	162	0	Pp1 - Pn1	162	0	Pp2 - Pn2	103	0,07471
Pp2 - Ps2 - Pn2	103	0,01827	Ps1 - Pn1	162	0,63095	Ps2 - Pn2	103	0,06119
Lp2 - Ls2 - Ln2	103	0,00711	Lp1 - Ls1	162	0	Lp2 - Ls2	103	0,00781
P1 - P2	309	0,00693	Lp1 - Ln1	162	0,0007	Lp2 - Ln2	103	0,4861
L1 - L2	309	0,01162	Ls1 - Ln1	162	0,00013	Ls2 - Ln2	103	0,01749
1 2	618	0,00022						
P1 - L1	486	0,00055						
P2 - L2	309	0,00001						

Legenda: viz. strana 41

Tab. 17 Friedman ANOVA mužů pracujících v kanceláři

Porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>
Pp1 - Ps1 - Pn1	104	0	Pp1 - Ps1	104	0	Pp2 - Ps2	86	0,07725
Lp1 - Ls1 - Ln1	104	0	Pp1 - Pn1	104	0	Pp2 - Pn2	86	0,44228
Pp2 - Ps2 - Pn2	86	0,02416	Ps1 - Pn1	104	0,00067	Ps2 - Pn2	86	0,01261
Lp2 - Ls2 - Ln2	86	0,00137	Lp1 - Ls1	104	0	Lp2 - Ls2	86	0,00122
P1 - P2	258	0,0011	Lp1 - Ln1	104	0,00056	Lp2 - Ln2	86	0,51763
L1 - L2	258	0,25872	Ls1 - Ln1	104	0,00225	Ls2 - Ln2	86	0,00965
1 2	516	0,0019						
P1 - L1	312	0,00001						
P2 - L2	258	0						

Legenda: viz. strana 41

Tab. 18 Friedman ANOVA studujících mužů

Porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>
Pp1 - Ps1 - Pn1	113	0,01373	Pp1 - Ps1	113	0,01318	Pp2 - Ps2	16	0,61708
Lp1 - Ls1 - Ln1	113	0,00136	Pp1 - Pn1	113	0,63509	Pp2 - Pn2	-	-
Pp2 - Ps2 - Pn2	16	0,82903	Ps1 - Pn1	113	0,02092	Ps2 - Pn2	16	0,61708
Lp2 - Ls2 - Ln2	16	0,04248	Lp1 - Ls1	113	0,13057	Lp2 - Ls2	16	0,13362
P1 - P2	48	0,77283	Lp1 - Ln1	113	0,34036	Lp2 - Ln2	16	0,31731
L1 - L2	48	0,37635	Ls1 - Ln1	113	0,0001	Ls2 - Ln2	16	0,02014
1 2	96	0,67992						
P1 - L1	339	0						
P2 - L2	48	0,00001						

Legenda: viz. strana 41

Tab. 19 Friedman ANOVA mužů pracujících v kanceláři i manuálně

Porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>
Pp1 - Ps1 - Pn1	26	0,76397	Pp1 - Ps1	26	0,43277	Pp2 - Ps2	14	0,78151
Lp1 - Ls1 - Ln1	26	0,05588	Pp1 - Pn1	26	0,69489	Pp2 - Pn2	14	0,28505
Pp2 - Ps2 - Pn2	14	0,68262	Ps1 - Pn1	26	0,69489	Ps2 - Pn2	-	-
Lp2 - Ls2 - Ln2	14	0,94596	Lp1 - Ls1	26	0,23932	Lp2 - Ls2	-	-
P1 - P2	43	0,53709	Lp1 - Ln1	26	0,43277	Lp2 - Ln2	14	0,78151
L1 - L2	43	0,44577	Ls1 - Ln1	26	0,00604	Ls2 - Ln2	14	0,78151
1 2	86	0,91363						
P1 - L1	78	0,00324						
P2 - L2	43	0,00203						

Legenda: viz. strana 41

Tab. 20 Friedman ANOVA manuálně pracujících žen

Porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>
Pp1 - Ps1 - Pn1	37	0,00015	Pp1 - Ps1	37	0,00016	Pp2 - Ps2	23	0,29715
Lp1 - Ls1 - Ln1	37	0,03104	Pp1 - Pn1	37	0,00519	Pp2 - Pn2	-	-
Pp2 - Ps2 - Pn2	23	0,59349	Ps1 - Pn1	37	0,24982	Ps2 - Pn2	23	0,83483
Lp2 - Ls2 - Ln2	23	0,92596	Lp1 - Ls1	37	0,00766	Lp2 - Ls2	23	0,66982
P1 - P2	69	0,08956	Lp1 - Ln1	37	0,24982	Lp2 - Ln2	23	0,83483
L1 - L2	-	-	Ls1 - Ln1	37	0,31731	Ls2 - Ln2	23	0,83483
1 2	138	0,2265						
P1 - L1	111	0,00174						
P2 - L2	69	0,0103						

Legenda: viz. strana 41

Tab. 21 Friedman ANOVA žen pracujících v kanceláři

Porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>
Pp1 - Ps1 - Pn1	36	0,17777	Pp1 - Ps1	36	0,0455	Pp2 - Ps2	20	0,17971
Lp1 - Ls1 - Ln1	36	0,00398	Pp1 - Pn1	36	0,39803	Pp2 - Pn2	20	0,02535
Pp2 - Ps2 - Pn2	20	0,09072	Ps1 - Pn1	36	0,73888	Ps2 - Pn2	20	0,65472
Lp2 - Ls2 - Ln2	20	0,70423	Lp1 - Ls1	36	0,0027	Lp2 - Ls2	20	0,4913
P1 - P2	60	0,12134	Lp1 - Ln1	36	0,31731	Lp2 - Ln2	-	-
L1 - L2	60	0,43858	Ls1 - Ln1	36	0,18242	Ls2 - Ln2	20	0,17971
1 2	120	0,10035						
P1 - L1	108	0,37978						
P2 - L2	60	0,03887						

Legenda: viz. strana 41

Tab. 22 Friedman ANOVA studujících žen

Porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>	porovnávané	N	<i>p-value</i>
Pp1 - Ps1 - Pn1	28	0,78059	Pp1 - Ps1	28	0,70546	Pp2 - Ps2	11	0,36571
Lp1 - Ls1 - Ln1	28	0,3452	Pp1 - Pn1	28	0,84148	Pp2 - Pn2	11	0,76302
Pp2 - Ps2 - Pn2	11	0,52921	Ps1 - Pn1	28	0,44969	Ps2 - Pn2	11	0,36571
Lp2 - Ls2 - Ln2	11	0,17777	Lp1 - Ls1	28	0,5637	Lp2 - Ls2	11	0,13187
P1 - P2	33	0,38409	Lp1 - Ln1	28	0,08327	Lp2 - Ln2	11	0,13167
L1 - L2	33	0,04819	Ls1 - Ln1	28	0,25684	Ls2 - Ln2	11	0,76302
1 2	66	0,0455						
P1 - L1	84	0,00005						
P2 - L2	33	0,00001						

Legenda: viz. strana 41