

Aplikace biomechaniky v kriminalistice

Application of Biomechanics in Criminalistics

Bc. Jiří Vlček

Diplomová práce
2013

 **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří VLČEK**
Osobní číslo: **A11710**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Aplikace biomechaniky v kriminalistice**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši zaměřenou na historii biomechaniky a její možnosti aplikace v podmínkách průmyslu komerční bezpečnosti.
2. Seznamte se s forezní biomechanikou a určete její význam.
3. Pojedejte o biomechanice extrémního dynamického zatížení těla.
4. Popište metodiku vyšetřování vražd s využitím biomechanických metod.
5. Vyberte zvláštnosti soudně lékařské expertízy ve vztahu k prvotním úkolům ze strany pracovníka bezpečnostní agentury.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. STRAUS, Jiří. Aplikace forenzní biomechaniky. Vyd. 1. Praha: Police History, 2001. 283 s. ISBN 80-86477-00-2.
2. ŠTEFAN, Jiří a kol. Soudní lékařství a jeho moderní trendy. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. 437 s. ISBN 978-80-247-3594-8.
3. ŠIMOVČEK, Ivan. Kriminalistika. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 405 s. ISBN 978-80-7380-343-8
4. PORADA, Viktor. Kriminalistika: (úvod, technika, taktika). Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2007, 309 s. ISBN 978-80-7380-038-3.
5. STRAUS, Jiří. Kriminalistická technika. 2., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008, 431 s. ISBN 978-80-7380-052-9.
6. MUSIL, Jan, Zdeněk KONRÁD a Jaroslav SUCHÁNEK. Kriminalistika. 2., přeprac. a dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2004, xxiii, 583 s. ISBN 80-7179-878-9.
7. STRAUS, Jiří. Kriminalistické, soudně-lékařské a soudně-inženýrské aplikace biomechaniky: mezinárodní konference, 13.11.2003, Praha: proceedings. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky, 2003. 295 s. ISBN 80-7251-143-2.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Skočík

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

8. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

3. června 2013

Ve Zlíně dne 8. února 2013

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan

L.S.

doc. RNDr. Vojtěch Kresálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je seznámit čtenáře s možností aplikace forenzní biomechaniky v kriminalistice. Práce se zabývá vymezením pojmu kriminalistika a její historií. Následuje popis rozdělení forenzní biomechaniky s podrobným pojednáním o biomechanice extrémního zatížení těla. V teoretické části práce shrnuje možnosti použití forenzní biomechaniky při vyšetřování trestných činů. Dále se věnuje vysvětlením základních pojmů v soudně-lékařských expertízách. Praktická část pak ověřuje platnost metody predikce výšky osoby z rozměrů obuvi osoby a metodu predikce hmotnosti osoby z rozměrů plantogramu bosé nohy v běžném prostředí.

Klíčová slova: Forenzní biomechanika, kriminalistika, extrémní zatížení těla, trestný čin, SBS.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to present the application of forensic biomechanics in criminology. The work defines the criminology with its history, and also describes how the forensic biomechanics is divided. Detailed focus is on the biomechanics in cases when the body is exposed to an extreme load. Theoretical part deals with usage of forensic biomechanics in cases of criminal investigation. Finally the thesis presents explanation of basic terms in expertises of forensic medicine. Practical part examines the validity of method of prediction of height of a person from shoe sizes and method of prediction of weight of a person from the plantogram of a bare foot in common environment.

Keywords: forensic biomechanics, criminology, extreme load on the body, the offense, private security service.

Tímto bych chtěl poděkovat zejména mému vedoucímu Ing. Petru Skočíkovi za odborné vedení, četné konzultace, připomínky a rady při psaní mé diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům, kteří mě morálně podporovali po celou dobu studia. Nakonec bych chtěl poděkovat také všem kamarádům, kteří asistovali při měření v praktické části práce.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
INTRODUCTION	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 KRIMINALISTIKA	12
1.1 HISTORIE KRIMINALISTIKY	12
1.1.1 Vývoj kriminalistiky ve světě	12
1.1.2 Vývoj kriminalistiky na území ČSR a ČR	14
1.2 POJEM KRIMINALISTIKA	14
2 BIOMECHANIKA	16
2.1 FORENZNÍ BIOMECHANIKA	16
2.1.1 Pojem a definice forenzní biomechaniky	16
2.1.2 Historie forenzní biomechaniky	17
2.2 TEORETICKY ZPRACOVANÉ SMĚRY FORENZNÍ BIOMECHANIKY	18
2.2.1 Biomechanický obsah trasologických stop	18
- Geometrické znaky biomechanického obsahu trasologických stop	18
- Kinematické znaky biomechanického obsahu trasologických stop	19
- Dynamické znaky biomechanického obsahu trasologických stop	20
2.2.2 Biomechanický obsah stop rukou	20
2.2.3 Biomechanická analýza chůze	21
2.2.4 Využití stochastické identifikace ve forenzní biomechanice	22
2.2.5 Biomechanický obsah stop ručního písma	22
- Identifikace osob podle biomechanického obsahu ručního písma	22
- Predikce osobních charakteristik pisatele	23
3 BIOMECHANIKA EXTRÉMNIHO DYNAMICKÉHO ZATÍŽENÍ TĚLA	24
3.1 TEORIE RÁZU	24
3.1.1 Ráz dvou hmotných těles	24
3.1.2 Rotační pohyb při rázu těles	25
3.1.3 Šikmý excentrický ráz	26
3.2 BIOMECHANICKÁ CHARAKTERISTIKA KOSTÍ LEBKY	27
3.3 TEORETICKÝ ROZBOR BIOMECHANIKY TUPÉHO PORANĚNÍ HLAVY	27
3.3.1 Biomechanika tupých traumatických dějů	28
3.3.2 Predikce extrémního dynamického zatížení hlavy	30
3.4 BIOMECHANIKA PORANĚNÍ KOSTÍ HLAVY A MĚKKÝCH TKÁNÍ PŘI ÚDERU NA TUPOU DESKU	33
3.4.1 Biomechanický model poranění hlavy při úderu na tupou desku	33
3.5 PREDIKCE VELIKOSTI SÍLY PŘI ZLOMENÍ KLENBY LEBNÍ	35
3.6 MECHANICKÉ VLASTNOSTI VYBRANÝCH LIDSKÝCH TKÁNÍ	37
3.6.1 Kostní tkáň	37
3.6.2 Kosterní svalstvo	38
3.6.3 Šlachy	38
4 METODIKA VYŠETŘOVÁNÍ VRAŽD S VYUŽITÍM BIOMECHANICKÝCH METOD	39

4.1	BIOMECHANIKA PÁDŮ	39
4.1.1	Základní rozdělení pádů	39
4.1.2	Zranění při pádu	43
4.2	BIOMECHANIKA EXTRÉMNIHO DYNAMICKÉHO ZATÍŽENÍ TĚLA	45
4.3	IDENTIFIKACE OSOBY PODLE CHŮZE	45
4.4	ANALÝZA STŘETNÉHO BOJE	46
5	SOUDNĚ LÉKAŘSKÉ EXPERTÍZY	47
5.1	HISTORIE SOUDNÍ LÉKAŘSTVÍ	47
5.2	POJEM SMRT	48
5.3	POJEM VRAŽDA	49
5.4	KRIMINALISTICKÁ STOPA	50
5.5	POUŽÍVANÉ FORENZNÍ VĚDY V SOUDNĚ LÉKAŘSKÝCH EXPERTÍZÁCH	50
II	PRAKTICKÁ ČÁST	52
6	APLIKACE BIOMECHANIKY A JEJÍ OVĚŘENÍ V PRAXI	53
6.1	PREDIKCE VÝŠKY OSOBY PODLE DÉLKY A ŠÍŘKY OBUVI	54
6.2	PREDIKCE HMOTNOSTI OSOBY NA ZÁKLADĚ PLANTOGRAMU BOSÉ NOHY	65
7	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	76
	ZÁVĚR	79
	CONCLUSION	81
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	83
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	84
	SEZNAM OBRÁZKŮ	85
	SEZNAM TABULEK	87
	SEZNAM GRAFŮ	88
	SEZNAM PŘÍLOH	89

ÚVOD

Tématem této diplomové práce je aplikace forenzní biomechaniky v kriminalistice. Forenzní biomechanika je velmi rychle rozvíjející se oblast kriminalistiky. Pomocí forenzní biomechaniky lze určit, např. zda osoba vypadla z okna nebo zda na její pád měla vliv jiná osoba. Dále díky forenzní biomechanice lze identifikovat osobu podle chůze nebo podle plantogramu chodidla. Forenzní biomechanika patří k nejmladším kriminalistickým vědám a jejím účelem je zkoumat biomechanický obsah kriminalistických stop. Biomechanický obsah trasologických stop, biomechanika pádů, extrémní dynamické zatěžování organismu, biomechanický obsah stop rukou, biomechanická analýza chůze a biomechanický obsah stop rukopisu patří mezi základní aplikace forenzní biomechaniky. Tato forenzní věda vychází hlavně ze znalecké praxe, která se opírá o poznatky ze soudně-lékařských posudků. Forenzní biomechanika také umožňuje predikci výšky a hmotnosti osoby z parametrů rukou nebo nohou. Predikcí výšky osoby z rozměru rukou jsem se věnoval ve své bakalářské práci a také jsem se seznámil se základním použitím forenzní biomechaniky v soukromých bezpečnostních složkách. Výsledkem mé bakalářské práce bylo zjištění, že v soukromých bezpečnostních službách se metody forenzní biomechaniky nepoužívají tak často jako například u Policie České republiky, dále již PČR. Právě proto jsem se rozhodl pokračovat v tomto velmi zajímavém tématu.

Nejvíce řešená oblast forenzní biomechaniky je podle mého názoru výzkum biomechaniky pádu. Toto zkoumání je však založeno na předpokladu úspěšné spolupráce s biomechanickou laboratoří, popřípadě s PČR. Další zajímavou oblastí, které se věnuje forenzní biomechanika je dle mého názoru např. predikce výšky a hmotnosti osoby z jednotlivých parametrů těla. V této souvislosti existuje řada vzorců s určitou přesností predikce, které se zabývají touto problematikou. Rozhodl jsem se ověřit platnost a přesnost těchto uváděných vzorců v běžně dostupných podmínkách. Touto problematikou se zabývá jen velmi málo lidí v rámci ČR. Za největšího současného průkopníka forenzní biomechaniky je považován Prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc.

INTRODUCTION

The aim of this thesis is the application of forensic biomechanics in criminology. Forensic biomechanics is rapidly developing area of criminology. Thanks to forensic biomechanics it is now possible to determine, for example, a person fell out of the window accidentally or someone else caused it. Furthermore it is possible to identify a person according to his way of walking or according to his plantogram of a foot. Forensic biomechanics is the youngest criminology science and its aim is to examine biomechanical content of criminology material. Biomechanical content of trace evidence, biomechanics of fall, extreme dynamic organism load, biomechanical content of hand prints, biomechanical analysis of walking and biomechanical content of handwriting are basic application of forensic biomechanics. This forensic science results mainly from the expert practice based on forensic medicine expertises. Forensic biomechanics enables prediction of height and weight of a person from parameters of hands or feet. I dealt with the basic usage of forensic biomechanics in private security services already in my bachelor thesis and the result was a fact that the methods of forensic biomechanics by private security services are not used as often as by the Police of the Czech Republic. My bachelor work drew my attention to prediction of height from hand proportion and I decided to develop this extremely interesting topic in my diploma work.

In my opinion, the biomechanics of fall is the most examined area of forensic biomechanics. Biomechanics of fall, however, is based on a successful cooperation with biomechanical laboratory, or with Police of the Czech Republic. Another interesting field of forensic biomechanics is prediction of height and weight of a person from particular body parameters. There are several formulas with a certain accuracy of prediction and I decided to verify the validity and accuracy of these formulas even in commonly available conditions. There are only a few people dealing with this problematic in the Czech Republic. Probably the greatest contemporary pioneer of forensic biomechanics is Prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KRIMINALISTIKA

1.1 Historie kriminalistiky

Kriminalistika a kriminalistické metody se používaly ve světě už odpradáвна. Za nejstarší používanou kriminalistickou metodu se považuje výslech, který byl prováděn už v dobách faraónů. V období starověkého Říma a Řecka jsou také známy zmínky o vyšetřování případů otrav a jiných násilných činů. Další počátky kriminalistických metod lze najít ve středověku, kde platilo pravidlo oko za oko, zlodějům byla useknuta ruka, natahování na skřípec a jiné drastické tresty. Boží soudy a procesy s čarodějnicemi nelze brát jako kriminalistické metody. Stejně jako v oněch dávných dobách i v dnešní době zůstává cílem kriminalistických metod objasnění trestné činnosti.

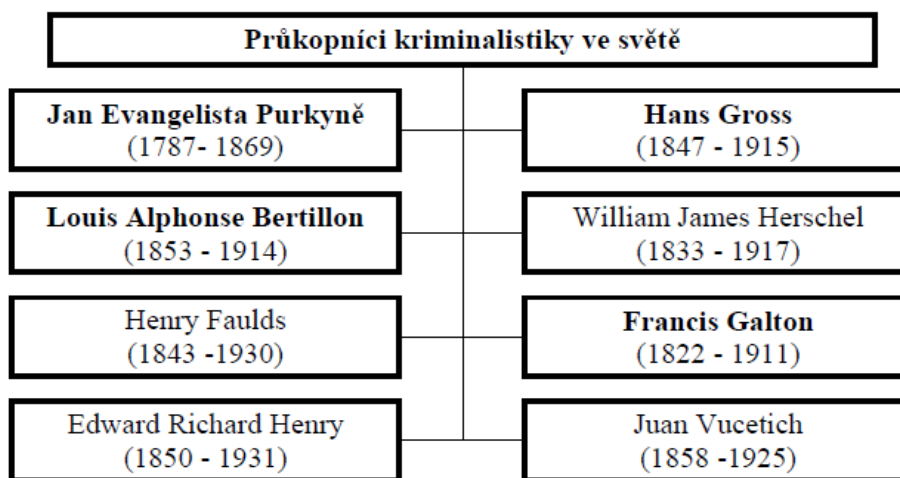
1.1.1 Vývoj kriminalistiky ve světě

V Číně okolo roku 650 byl jako identifikační prvek použit otisk prstu. Nejednalo se zde sice o kriminalistické použití, ale i tak už zde šlo o tušení jistých spojitostí. Od 16. století se ve Francii používaly grafické expertízy. Počátky toxikologie (soudní chemie) se objevují od 18. století. Za otce kriminalistiky v Evropě lze považovat Hanse Grosse. Velkým milníkem v kriminalistice je používání antropometrie. Antropometrie je první používaná identifikační metoda, která vychází z měření jednotlivých tělesných znaků. Zakladatelem je Alphonse Bertillon viz obr. 1, který ji poprvé představil v roce 1879. Tato metoda byla také nazývána jako bertillonáž, podle jejího zakladatele. [11], [4]



Obr. 1: *Hans Gross a Alphonse Bertillon* [4]

Nové kriminalistické metody vznikají od konce 19. století. V USA v roce 1879 vznikla například odontometrie, identifikace podle otisků zubů. Další novou metodou byla v roce 1896 kranioimetrie - identifikace osob podle rozměrů lebeční kosti. Lewinsohn v roce 1900 předvedl rentgenografickou antropometrii, ale nejpoužívanější a nejrozšířenější metodou byla bertillonáž. Mezi další významné osobnosti kriminalistiky patří Eugène Françoise Vidocqa. Ten v roce 1812 vytvořil nejslavnější policejní organizaci s názvem Sureté. Eugène Françoise Vidocqa v roce 1833 také založil první evropskou soukromou detektivní kancelář.



Obr. 2: Průkopníci kriminalistiky ve světě [9]

Britský právník, prozaik a dramatik Henry Fielding navrhl reformu britské policie a řadu zákonů, díky kterým se podařilo pochyvat velké množství zlodějů v Londýně. Tam také vznikla první detektivní organizace Bow Street Runners, později známá jako Scotland Yard.

Další průlom v kriminalistice nastal s příchodem daktyloskopie. Daktyloskopii jako první představil v roce 1888 sir Francis Galton. Daktyloskopii v té době zkoumali také W. J. Herschel, Henry Faulds nebo E. J. Henry, ale pouze Francis Galton založil první registrační systém. První federální vyšetřovací úřad byl v USA založen v roce 1905. První forenzní laboratoř byla založena v roce 1923 v Los Angeles a první laboratoř FBI byla založena v roce 1932. [11], [9]

Ve 20. století pak vznikají díky technice a pokroku nové kriminalistické metody, jako jsou například trasologie, balistika, kriminalistická biologie a později dochází k rozvíjení a zdokonalování stávajících metod identifikace. Velkým přelomem v identifikaci je pak identifikace osob podle DNA a nejmodernější způsob identifikace je identifikace podle

bipedální lokomoce. Kriminalistické metody a techniky se stále zdokonalují, využívají se nové metody a postupy díky rozvoji elektrotechniky nebo nanotechnologiím. [9]

1.1.2 Vývoj kriminalistiky na území ČSR a ČR

Vývoj na našem území lze rozdělit do několika etap. První etapa byla do roku 1918, tedy v době Rakousko-Uherska. Druhá etapa byla v době 1918-1945, tedy od vzniku Československé republiky až po druhou světovou válku. Třetí etapa 1945-1991, což je období po druhé světové válce až po vznik samostatné České republiky a poslední etapa je od roku 1991 až po současnost. Vývoj kriminalistiky probíhal stejně u nás i ve světě, rozhodně nebylo území ČSR nijak izolováno. Mezi nejvýznamnější průkopníky kriminalistiky u nás jistě patří vědec Jan Evangelista Purkyně, který položil svým badáním základy daktyloskopie nebo strážmistr Ladislav Havlíček, který přispěl svými poznatky v rozvoji mechanoskopie. Na pražském policejním ředitelství byla antropometrie založena v roce 1900. V roce 1908 bylo provedeno poslední 4252. antropometrické měření v Praze a identifikační metodu zcela nahradila daktyloskopie. První pachatelé byli daktyloskopováni už v roce 1891 Františkem Protiwenským. V roce 1903 byla založena první daktyloskopická sbírka a daktyloskopické oddělení, které patří mezi jedno z nejstarších v Evropě. V roce 1924 vzniká také první Kriminalistické muzeum. Období v letech 1919-1939 lze považovat za vznik československé kriminalistiky a nejvýznamnější osobou byl Rada Josef Vaňásek.



Obr. 3: Rada Josef Vaňásek [11]

1.2 Pojem kriminalistika

V současné době je kriminalistika vědním oborem, který je velmi dobře teoreticky zpracován a je ve velké míře aplikována v soudní, policejní a bezpečnostní oblasti. V soukromých bezpečnostních službách (dále již SBS) s jejími poznatky pracují hlavně

soukromí detektivové. Kriminalistiku lze rozdělit do dvou směrů. První směr zkoumá zákonitosti vzniku a zániku významných kriminalistických stop. Druhý směr zkoumá zákonitosti využívání a shromažďování důkazů a jiných stop, které slouží k odhalení trestné činnosti. Kriminalistika tedy zkoumá objektivní jevy reality. Mezi tyto jevy patří skutek trestného činu a osoba pachatele, dále stopy trestného činu a nositelé stop a také činnost policie, SBS, orgánů činných v trestním řízení, odborníků popřípadě znalců. [3], [11]

Obecná definice kriminalistiky zní takto:

„Kriminalistika je samostatný vědní obor sloužící ochraně občanů a států před trestnými činy tím, že objasňuje zákonitosti vzniku, trvání a zániku stop a zákonitosti vyhledávání, shromažďování a zkoumání stop a tím, že vypracovává podle potřeb trestního zákona a trestního řádu metody, postupy, prostředky a operace v zájmu úspěšného odhalování, vyšetřování a předcházení trestné činnosti.“ [4]

2 BIOMECHANIKA

Biomechanika je vědní disciplína, která vychází z několika oborů a je stará více než 110 let. Nejčastěji se biomechanické poznatky aplikují v různých oborech jako například v medicíně, sportu, rehabilitačních zařízeních nebo při náhradách svalově-kosterního aparátu a v neposlední řadě také v kriminalistice. Biomechanika jako taková se zabývá uplatňováním fyziky (mechaniky) v biologii. Pomocí biomechaniky analyzujeme chování lidského těla jako živého organismu. Abychom mohli pochopit biomechaniku, je zapotřebí znát Newtonovskou mechaniku, strukturální a funkční anatomii člověka a fyziologii člověka. [2]

Definice biomechaniky zní takto:

„Biomechanika je definována jako interdisciplinární věda, zabývající se především studiem mechanické struktury a mechanického chování živých systémů a jejich interakcí s okolím.“

[8]

2.1 Forezní biomechanika

2.1.1 Pojem a definice forezní biomechaniky

Forezní biomechanika, jak už z názvu vyplývá, je složena ze dvou hlavních věd, kriminalistiky a biomechaniky. V kriminalistice jsou to hlavně soudně lékařské posudky. Forezní biomechanika vychází ze znalecké praxe a nejvíce je teoreticky zpracována v kriminalistické trasologii.

Definice kriminalistické biomechaniky podle prof. PhDr. Vladimíra Karase z roku 1987 zní takto:

„Biomechanika je definována jako interdisciplinární věda, zabývající se především studiem mechanické struktury a mechanického chování živých systémů a jejich interakcí s okolím.“

[1]

Definice forenzní biomechaniky podle prof. PhDr. Jiřího Strause, DrSc. zní následovně:

„Forenzní biomechanika je vědní obor, který aplikuje biomechaniku a biomechanické metody na zkoumání kriminalistických stop s biomechanickým obsahem; dekóduje informace z kriminalisticky relevantní události, která vznikla v důsledku pohybové činnosti člověka a která souvisí s vyšetřovanou událostí. Forenzní biomechanika zkoumá a objasňuje ten okruh kriminalistických stop, které mají v sobě obsažený biomechanický obsah. Uvedené tedy aplikace podávají informaci o svalově-kosterním aparátu pachatele nebo jeho pohybovém chování.“ [1]

Aby bylo vůbec možné využívat biomechaniku v kriminalistické praxi, je zapotřebí, aby měla kriminalistická stopa biomechanický obsah. Pod pojmem biomechanický obsah se rozumí zakódované informace o svalově-kosterním aparátu a pohybovém chování člověka. Biomechanické stopy odráží funkční a dynamický projev člověka. Pomocí forenzní biomechaniky můžeme zjistit, jakými silovými účinky došlo k poranění osoby.

2.1.2 Historie forenzní biomechaniky

Forenzní biomechanika je velmi mladý podobor kriminalistiky. Vychází z biomechaniky, která je stará více jak 110 let. První aplikace forenzní biomechaniky se začínají objevovat už koncem 50. let. Forenzní biomechanika vznikla díky rozvoji kriminalistické techniky a dokáže řešit otázky, které jiná forenzní věda nedokáže vysvětlit.



Obr. 4: prof. PhDr. Vladimír Karas [11]

Za zakladatele forenzní biomechaniky v ČR je považován prof. PhDr. Vladimír Karas. V ČR můžeme rozdělit historii forenzní biomechaniky do tří etap. První etapu nazýváme

„Pravěk biomechanických aplikací“ a jde o období mezi lety 1889-1971. Bylo to období, kde se tušily možné souvislosti biomechanických vlastností člověka a využití těchto vlastností v trasologii. V tomto období se jen zřídka používala biomechanika k řešení kriminalistických případů. Druhé období forenzní biomechaniky bylo v letech 1971-1994. Zde se už začala forenzní biomechanika aplikovat v kriminalistické praxi pravidelněji. Velkou zásluhu na aplikaci biomechaniky mají zejména profesori Titlbach - Titlbachová, Porada, Karas a Straus, z policejní akademie. Posledním vývojovým prvkem forenzní biomechaniky je její konkrétní využívání od roku 1994 až po současnost. Mezi nejčastější aplikace forenzní biomechaniky patří biomechanika pádů, biomechanika extrémního dynamického zatěžování organismu a biomechanický obsah trasologických stop. Nejmladší pak používanou metodou forenzní biomechaniky je identifikace osob podle chůze. [1], [9]

2.2 Teoreticky zpracované směry forenzní biomechaniky

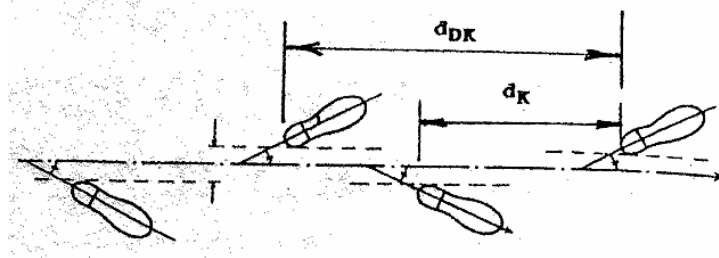
Do této kategorie ještě spadá biomechanika pádů a biomechanika extrémního zatížení těla. Těmto dvěma kapitolám se budu věnovat podrobněji v dalších částech mé práce.

2.2.1 Biomechanický obsah trasologických stop

Pod tímto pojmem si lze přestavit tři skupiny znaků s biomechanickým obsahem trasologických stop. Trasologické stopy s biomechanickým obsahem mohou mít geometrické, dynamické nebo kinematické znaky. V následujících kapitolách jsou stručně popsány jednotlivé skupiny znaků. Podrobnější popis pak můžete najít v mé bakalářské práci [12], kde jsou uvedeny i potřebné vzorce pro predikci výšky nebo hmotnosti.

- *Geometrické znaky biomechanického obsahu trasologických stop*

Mezi geometrické znaky biomechanického obsahu trasologických stop lze zařadit veškeré soubory stop v materiálu půdy, podlahy apod. Soubor stop má tyto vlastnosti: určitou délku, šířku, plochu a hloubku (objem). Díky geometrickým znakům pak lze určit pravděpodobnou výšku pachatele, a to zejména z délky a šířky obuvi a z délky a šířky bosé nohy (plantogramu). Mezi další geometrické znaky biomechanického obsahu pak lze zařadit délku kroku pravé a levé nohy, délku pravého a levého dvojkroku nebo úhel stopy levé a pravé nohy, které jsou opět nedílnou součástí predikce výšky pachatele. Na následujícím obrázku lze vidět délka kroku a dvojkroku lokomoce. [1]



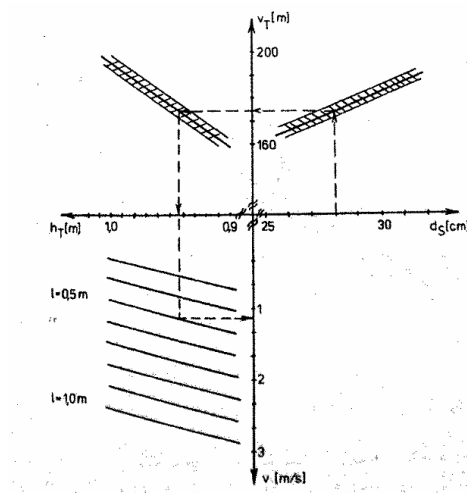
Obr. 5: Pěšinka lokomoce - souvisle řazené trasologické stopy chůze [1]

Kde je d_{DK} - délka dvojkroku, d_K - délka kroku, α - úhel stopy

Výšku pachatele také lze vypočítat z délky kroku a dvojkroku běhu, zde se ovšem musí měřit vzdálenost od špičky po špičku, protože při běhu se pata nedotýká podložky.

- **Kinematické znaky biomechanického obsahu trasologických stop**

Pomocí kinematických znaků biomechanického obsahu trasologických stop lze určit rychlost lokomoce. Predikce lokomoce je možná jen na horizontální, tuhé a rovné podložce. Pro predikci rychlosti lokomoce se ve vzorcích používá kromě délky kroku a dvojkroku i délka dolní končetiny, z čehož lze vypočítat rychlost chůze a rychlost běhu. Velký vliv na predikci rychlosti má zdravotní a fyzický stav, popřípadě trénovanost osoby. Na následujícím obrázku lze vidět závislost délky dolní končetiny a rychlosti lokomoce.

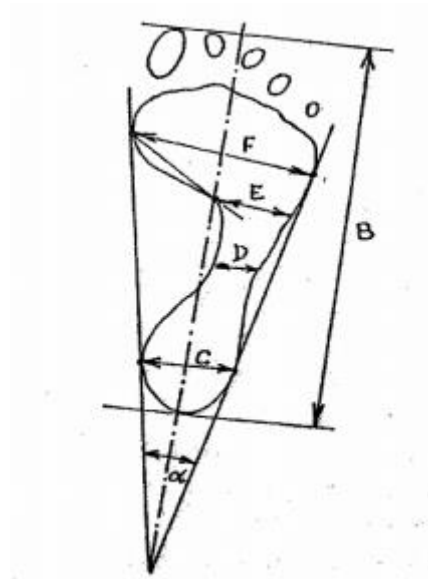


Obr. 6: Závislost rychlosti chůze na délce stopy (d_s), délce dolní končetiny (h_T) a délce kroku (l) [1]

Dále pak lze určit rychlost lokomoce také z frekvence kroku a dvojkroku nebo z délky kroku a dvojkroku. Predikce rychlosti lokomoce se může lišit od skutečné rychlosti lokomoce o $\pm 0,35 \text{ km/h}$. [1]

- *Dynamické znaky biomechanického obsahu trasologických stop*

Do poslední kategorie znaků biomechanického obsahu trasologický stop patří znaky dynamické. Ty se většinou vztahují na plantogram bosé nohy, což je otisk chodidla. Tento otisk má význam nejen z daktyloskopického hlediska, ale také z biomechanického hlediska. Daktyloskopie zkoumá markanty papilárních linií a biomechanika stavbu klenby, popřípadě další anomálie chodidla.



Obr. 7: Plantogram bosé nohy a vyznačení měřených parametrů [1]

Podle plantogramu bosé nohy lze identifikovat pachatele, ovšem měření plantogramu musí být velmi přesné. Přesnost měření se uvádí 0,5 mm a měřené parametry jsou vyznačeny na obrázku výše. Z plantogramu bosé nohy jsme také schopni predikovat hmotnost osoby. [1]

2.2.2 Biomechanický obsah stop rukou

Ruka jako taková může opět obsahovat daktyloskopické markanty, podle kterých lze jednoznačně identifikovat osobu, ale také obsahuje biomechanické stopy. Pokud chceme identifikovat osobu podle velikosti rukou, musíme dodržet věkovou hranici, která je 17 let věku osoby. Pravá a levá ruka nejsou úplně totožné, ale na identifikaci tato odchylka nemá vliv. Z rozměrů na vnitřní straně ruky pak můžeme vypočítat výšku osoby. Na následujícím obrázku lze vidět rozměrové parametry, kde d_{DR} je délka stopy ruky, d_{SR} je šířka stopy ruky a d_{p1} - d_{p5} jsou délky stop jednotlivých prstů. Čím více rozměrů použijeme, tím přesnější je predikce výšky osoby. [1]



Obr. 8: *Rozměrové parametry na vnitřní straně ruky [1]*

Podrobnější popis pak můžete najít v mé bakalářské práci [12], kde jsou uvedeny i potřebné vzorce pro predikci výšky.

2.2.3 Biomechanická analýza chůze

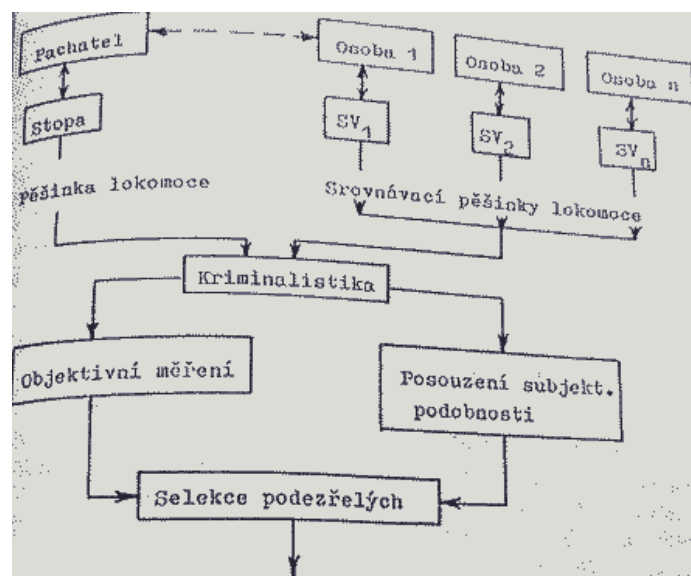
Biomechanická analýza chůze neboli bipedální lokomoce je velmi zajímavou oblastí biomechaniky. Určitě jste někdy podle chůze poznali na ulici svého známého, aniž byste mu viděli do obličeje. První aplikace identifikace podle stereotypu chůze se v kriminalistice objevují na přelomu 80. a 90. let. V dnešní době je o tuto problematiku velký zájem a vývoj probíhá jak u nás tak ve světě. Momentálně největším odborníkem na forenzní biomechaniku a bipedální lokomoci v ČR je prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc. Výhoda této metody spočívá v tom, že objekt může být nahráván kamerou s relativně nízkým rozlišením nebo z větší vzdálenosti, tudíž bez povšimnutí. Ze záznam se pak pomocí analýzy určí geometrie a křivky těžiště těla a pohybu kloubů. Kolem 7. roku života se dynamický stereotyp stabilizuje. Tento dynamický stereotyp je jedinečný a na jeho základě jsme schopni s velkou pravděpodobností identifikovat osobu. Na rozbor bipedální lokomoce má také vliv to, zda osoba nese na zádech nějakou zátěž, má dočasné zranění kloubů nebo zda se jedná o chůzi do kopce apod. [5]

2.2.4 Využití stochastické identifikace ve forenzní biomechanice

Stochastická identifikace sice neumožňuje jednoznačně identifikovat danou osobu, ale umožňuje nám zúžit okruh podezřelých. Čím více máme informací, tím lepší je predikce daných vlastností pachatele. V rozhodovacím procesu pak existují dva typy kritérií:

- absolutní
- relativní

Snahou je vytvořit stochastický model pachatele, který když pak srovnáváme s podezřelými osobami, sedí pouze na jednu osobu. Tento postup lze vidět na následujícím obrázku.



Obr. 9: Schéma stochastické identifikace. [1]

2.2.5 Biomechanický obsah stop ručního písma

- *Identifikace osob podle biomechanického obsahu ručního písma*

Ruční písmo stejně jako bipedální lokomoce obsahuje určité dynamické vlastnosti. Psaní můžeme definovat jako určitou dovednost, která je vědomým výcvikem osvojena a slouží k písmenému projevu myšlenky. Ruční písmo je tedy dynamický stereotyp, neboli automatizovaný, ustálený systém reakcí organismu na podmínky. Ruční písmo nám dokáže prozradit mnohé na konkrétní osobu. Ruční projev se může měnit na základě rychlosti, střídavosti, duševního rozpoložení dokonce i na zdravotním stavu. V písmu také můžeme najít určité skupiny patologických poruch například myšlenkové a estetické uspořádání nebo koordinaci psacích pohybů. Na grafický projev ručního písma mají v kriminalistice

vliv dva faktory - vnitřní a vnější. Motivace, cíl psaní a anatomicko-fyziologické vlastnosti osoby patří mezi vnitřní faktory a prostředí, v němž daná osoba píše, patří do vnějších faktorů.

Definice biomechanického obsahu ručního písma podle prof. PhDr. Jiřího Strause, DrSc zní takto:

„Biomechanickým obsahem ručního písma, vytvořeném při spontánním psaním, budeme rozumět ty znaky, které odrážejí biologické vlastnosti pisatele, funkční a psychický stav osoby a vliv vnitřních a vnějších podmínek na pisatele a stav jeho organismu.“ [1]

V biomechanickém obsahu ručního písma může být sledováno několik rozdílných markantů. Při psaní je zapojeno okolo 500 svalů, což způsobuje, že písmo každé osoby je jedinečné. Sledovat lze biologické vlastnosti pisatele a stav jeho organismu. Dále pak lze posuzovat rychlost písma a charakter tlaku nebo tahu písma, což jsou dynamické a kinematické vlastnosti. Díky těmto vlastnostem lze například provádět identifikaci osob. Tvar písma lze napodobit, ale dynamiku přítlaku nebo rychlost podpisu nelze. Pod pojmem funkční a dynamický stav organismu se rozumí, zda je člověk pod vlivem drog, alkoholu nebo zda je nevyspaný nebo jinak psychicky vyčerpaný. Posledním činitelem na pisatele je také vliv prostředí, čímž může být myšlen sociální, fyzikální nebo geografický vliv.

- *Predikce osobních charakteristik pisatele*

Pokud chceme určit osobní vlastnosti pachatele, musí se aplikovat různé metody. Nejčastěji jde o metody kvantitativní a kvalitativní. Do kvalitativních metod pak patří metody grafologické, intuitivní, srovnávací, patografická, grafometrická, funkcionální a analytická, která je považována za předpoklad zkoumání písma a jeho psaní. Druhou skupinu tvoří metody kvantitativní. Zde jde hlavně o statistické metody porovnávající větší počet znaků.

Prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc dokonce uvádí experimentálně odvozené vzorce pro predikci výšky pachatele z výšky nápisu na svislé stěně. Rozdíl písma je také prokázán mezi ženským písmem a mužským písmem. Upravenější písmo mají většinou ženy, ale například pravděpodobnost určení, zda jde o ženské písmo je 27-57 %. Více rozdílů mezi ženským a mužským písmem naleznete v mé bakalářské práci. [12],[1]

3 BIOMECHANIKA EXTRÉMNIHO DYNAMICKÉHO ZATÍŽENÍ TĚLA

3.1 Teorie rázu

3.1.1 Ráz dvou hmotných těles

Pokud se dvě hmotná tělesa pohybují translačně, tak při rázu těchto těles většinou dochází k trvalé deformaci. Ve chvíli, kdy se dvě tělesa srazí, změna hybnosti je velmi velká a naopak kontakt těchto těles je velmi krátký.

Platí zde Newtonův zákon síly [1]:

$$F = \frac{d(m \cdot v)}{dt} \quad [N] \quad (1)$$

Pokud je hybnost konstantní, platí [1]:

$$F \cdot dt = m \cdot dv \quad [-] \quad (2)$$

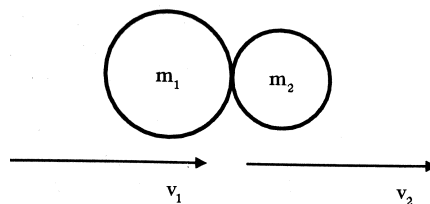
A pro lineární změnu rychlosti v závislosti na čase platí [1]:

$$F(t_2 - t_1) = m(v_2 - v_1) \quad [-] \quad (3)$$

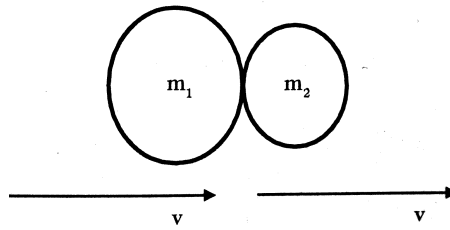
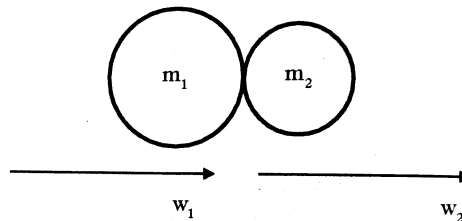
v_1 - rychlost v čase t_1

v_2 - rychlost v čase t_2

Ráz dvou hmotných těles lze rozdělit do dvou časových úseků: komprese a restituce neboli obnova. Komprese vzniká v okamžiku kontaktu dvou těles a zaniká v okamžiku dosažení maxima růstu rázové síly a zároveň dochází k maximální plastické nebo pružné deformaci. Na konci komprese jsou rychlosti obou těles vyrovnané. Restituce je časový úsek, který nastává po kompresi. Rázová síla spojitě klesá až do okamžiku, kde se tělesa přestanou dotýkat. V tento moment končí i restituce. [1]



Obr. 10: Začátek komprese [1]

Obr. 11: *Začátek restituce* [1]Obr. 12: *Konec rázu - restituce* [1]

3.1.2 Rotační pohyb při rázu těles

Rotační pohyb lze opět odvodit z Newtonova zákona síly. Pro rotační účinky platí následující vzorec [1]:

$$M = \frac{d(I\omega)}{dt} \quad [Nm] \quad (4)$$

M – moment síly

I - moment setrvačnosti

ω - úhlová rychlost

Moment síly můžeme také vyjádřit jako vektorový součin [1]:

$$M = r \times F \quad [Nm] \quad (5)$$

r – polohový vektor

Pro konstantní moment setrvačnosti můžeme napsat vztah [1] :

$$r \times P = I(\omega - \omega) \quad [-] \quad (6)$$

Moment impulzu $r \times P$ je vyjádření impulzu síly při translačním pohybu a moment hybnosti je vyjádřen vztahem $I(\omega - \omega)$. Vzorec č. 6 lze také zapsat jako druhou impulzovou větu, kde G je moment hybnosti [1]:

$$\int_0^t M dt = G_2 - G_1 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7)$$

3.1.3 Šikmý excentrický ráz

Šikmý excentrický ráz je ráz, jak už z názvu vyplývá, při kterém neleží těžiště těles v rázové normále. Pro těleso 1 platí tato rovnice pro translační pohyb [1]:

$$H_1 - H_1 = m_1 v_1 - m_1 v_1 = -P \quad [-] \quad (8)$$

Pro těleso 2 platí obdobná rovnice [1]:

$$H_2 - H_2 = m_2 v_2 - m_2 v_2 = P \quad [-] \quad (9)$$

Dále pak lze rovnicemi vyjádřit rotační složku tělesa 1 [1]:

$$G_{S1} - G_{S1} = I_{S1} \omega_1 - I_{S1} \omega_1 = r_{SB1} \times (-P) \quad [-] \quad (10)$$

a pro těleso 2 [1]:

$$G_{S2} - G_{S2} = I_{S2} \omega_2 - I_{S2} \omega_2 = r_{SB2} \times (+P) \quad [-] \quad (11)$$

H- hybnost těles

G- moment hybnosti těles

P- impulz síly

I_s - moment setrvačnosti vzhledem k těžišti

3.2 Biomechanická charakteristika kostí lebky

Tato kapitola se bude zabývat mechanickými vlastnostmi lebečních kostí při úderu tupým předmětem. Bohužel k této problematice je málo publikací a výzkumů. Struktura kostní tkáň určuje mechanické vlastnosti kostí, respektive jejich pevnost. Kosti pohybového aparátu nemají stejnou mikrostrukturu a můžeme najít rozdíly jak v jednotlivých místech pohybového aparátu, tak v samostatné jediné kosti. Pokud se mění struktura kosti, mění se i její mechanické vlastnosti. Za současného stavu znalostí není možná teoretická predikce mechanického chování kosti na základě její stavby. Tah a tlak jsou nejdůležitější vlastnosti kostí při extrémním zatěžování kostí lebečních. První použitelné výsledky měření namáhání kostí lebečních, uvádí Gromov (1979) a Karsakov (1977).

Jejich výzkum lze empiricky vyjádřit tímto vztahem [1]:

$$\sigma = 1355 - 178 \cdot V_i \quad [-] \quad (12)$$

V_i - kód pro jednotlivé věkové skupiny, $V_i - 1, 2, 3$ začíná rokem 25 a interval je 20 let.

Mezi modulem podélné pružnosti kostí lebky a věkem byla také empiricky zjištěna závislost, určitá logaritmická funkce, která se mění s věkem (Karsakov 1977) [1]:

$$E = (0,566 \log V - 0,003) \cdot 10^5 \quad [kg \cdot cm^{-2}] \quad (13)$$

E - modul pružnosti

V - věk

3.3 Teoretický rozbor biomechaniky tupého poranění hlavy

Jedním nejčastějším poranění v kriminalistice je poranění hlavy tupým předmětem. Při biomechanické analýze tupého poranění hlavy je potřeba si uvědomit, že zlomenina lebeční kosti nemusí vždy znamenat smrt, a naopak pokud člověk nemá porušenou lebku, může dojít ke smrtelnému úrazu hlavy. Hovoří-li se o tupém poranění hlavy, jsou na mysli všechny úrazy, které nejsou sečné, střelné nebo bodné. Nejčastěji jde o úder plochou tupého předmětu. Jakmile dojde k porušení celistvosti jakékoliv lebeční kosti, jedná se o zlomeninu. Ta může být způsobena tvrdým předmětem nebo nárazem hlavy na předmět násilím.

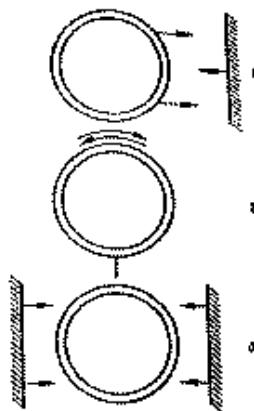
Rozsah a druh zlomenin závisí na těchto činitelích:

- 1) Na hmotnosti, tvaru, rozměrech, konzistenci a elasticitě předmětu
- 2) Na rychlosti, směru i místě násilí
- 3) Na elasticitě lebky
- 4) Na možnosti pohybu hlavy po nárazu

Zlomeniny lebky pak lze rozdělit na přímé a nepřímé. Nepřímé vznikají v místě, kde působí největší tlak na kost. Přímé pak přímo tam, kde byla kost zasažena předmětem. [1]

3.3.1 Biomechanika tupých traumatických dějů

Za všemi traumatologickými jevy v oblasti poranění hlavy jsou vždy mechanické faktory. Pro biomechanické posouzení je potřeba schematicky určit všechny aspekty celého děje, a to je většinou velmi náročné. Při poranění hlavy vzniká vzrůst nitrolebečního tlaku, mechanický efekt na lebce a v měkkých tkáních nebo deformace mozku. Základními mechanickými veličinami, které se vyskytují u poranění hlavy, mohou mít kinematický nebo dynamický charakter. Mezi kinematické parametry se řadí rychlost a zrychlení předmětu, který naráží na lebku. U dynamických vlastností jsou důležité parametry síly v okamžiku úderu, viz obr. 13.



Obr. 13: Schéma mechanismu poranění hlavy.

1) úderné působení, 2) impulsní působení, 3) kompresní působení [1]

Vnější poškozující faktor je poměr doby trvání mechanického zatížení na lebku a doby k délce chvění tkáně (vibrace) a můžeme ho vyjádřit tímto vztahem (Straus 1999) [1]:

$$I = \frac{t_z}{t_v} \quad [-] \quad (14)$$

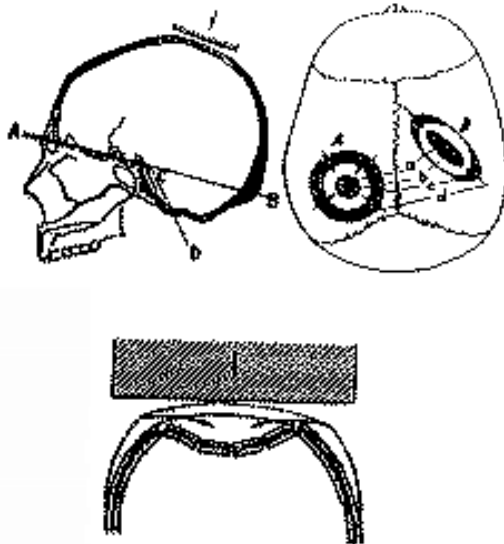
Kde t_z je doba mechanického zatížení na lebku a t_v je doba chvění tkáně.

Pokud je vnější poškozující faktor $I < 0$, vzrůstá nitrolebeční tlak a mechanické působení je velmi krátké. Mozek tak nepoškodí silové působení, ale právě nitrolebeční tlak. Pokud ovšem je $I > 1$, na mozek působí dlouhou dobu přiložená síla a rychlost působící síly je bezvýznamná. Přiložená síla má význam na deformaci mozku pouze v případě když $I = 1$.

Mechanické poškození mozku lze rozdělit do tří skupin viz obr. 13. První skupinu tvoří úderné působení. Pod tímto pojmem si lze představit veškeré napadení hlavy tvrdým předmětem nebo úder hlavy o tvrdý předmět. Doba kontaktní síly je menší jak 50 ms.

Impulsní působení na lebku je typické při autonehodách, délka působení bývá většinou 50-200 ms. Jako poslední je skupina kompresních působení. Jak lze na obrázku vidět, jde o tlak na hlavu ve dvou protilehlých místech zároveň. Mechanické působení na lebku je delší více jak 200 ms. S tímto poraněním se lze setkat u zřícených domů nebo přejetí hlavy pneumatikou.

Určení druhu traumatu lebky je velmi složitá záležitost. Je zapotřebí vycházet z anatomického rozdělení lebky a zároveň zahrnout i biomechanické pozice. Podle anatomie můžeme lebku rozdělit na tři části: klenba, základ a lící oddíl. Rozdíl mezi anatomickou a biomechanickou hranicí lze vidět na obr. 14. Dále na tomto obrázku lze vidět projekci kontaktních ploch poranění při úderu plochým nebo sférickým předmětem (A) a poranění lebky cylindrickým předmětem (B). Zóny pak lze rozdělit do čtyř skupin: a - zóna maximálního tlaku, b - zóna maximálního namáhání, c - zóna maximálního napětí (napětí na tah), d - prasky ve směru maximálního namáhání. [1]

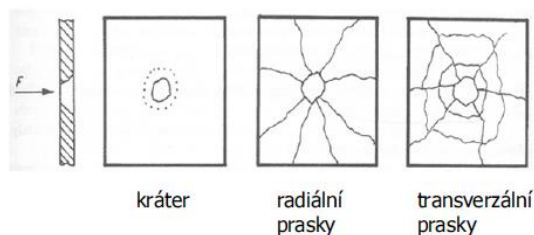


Obr. 14: Anatomická (AB) a biomechanická hranice (ACD) traumatu lebky. [1]

3.3.2 Predikce extrémního dynamického zatížení hlavy

Predikce extrémního dynamického zatížení hlavy slouží k tomu, aby bylo možné určit toleranci snášenlivosti organismu na určité druhy poranění. Podle této tolerance lze určit, zda zranění je slučitelné se životem, tudíž člověk dokáže přežít, anebo zda jde o smrtelné zranění. Tolerance jsou ovšem dosti individuální a široké, a proto je nezbytná dynamická a kinematická analýza. Z hlediska forenzní biomechaniky se tento přístup používá při soudním vyšetřování trestních činů. V roce 1984 Mogutov provedl experiment na mrtvolách, jehož výsledkem byla závislost síly úderu na traumatu. Z jeho výsledků lze charakter traumatu rozdělit do čtyř skupin. Tyto skupiny popisují fragmentaci lebky po úderu. Do první skupiny patří bodné poranění, které v lebce zanechá pouze jeden bod vstupu. Lebka u tohoto poranění nepraskne. Druhá skupina obsahuje poranění sférickým předmětem, po kterém zůstane v lebce kráter, ale lebka nepraskne a je stále v celku. U třetí skupiny lze také nalézt v lebce kráter po předmětu, který lze snadno změřit, ale oproti druhé skupině, na lebce lze pozorovat u prohlubně i radiální prasky. Čtvrtá skupina obsahuje nejen radiální ale i transversální prasky.

Fragmentace

Obr. 15: *Fragmentace lebky po úderu.* [10]

U druhé a třetí skupiny traumatu lze v lebce pozorovat kráter, který lze poměrně přesně změřit. Z experimentů, které provedl Mogutov, lze vidět souvislost mezi sférickým předmětem a fragmentací lebky, viz tabulka 1 níže.

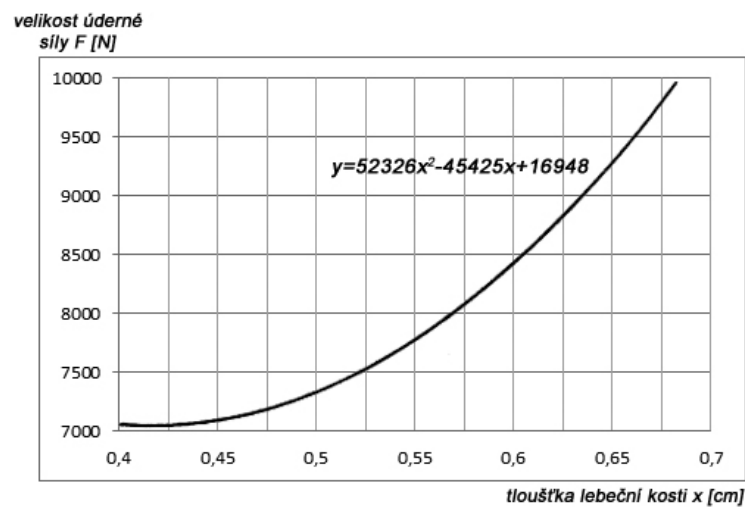
Poloměr sférického předmětu [cm]	Druhá skupina traumatu		Třetí skupina traumatu	
	Min. [cm]	Max. [cm]	Min. [cm]	Max. [cm]
3	1,8	2,2	2,3	2,5
6	2,5	2,6	3,0	3,4
8	2,8	3,0	3,4	3,8

Tabulka 1: *Vztah mezi poloměrem sférického předmětu a rozměry kráteru.* [1]

Třetí a čtvrtou skupinu traumatu tvoří prasky kosti lebeční. Z předešlých experimentů pak lze vyjádřit vztah (15) mezi tloušťkou lebeční kosti x a velikost potřebné síly aby vznikla prasklina lebky. [1]

$$F = 52326x^2 - 45425x + 16948 \quad [N] \quad (15)$$

Tuto závislost pak lze vidět graficky na následujícím obrázku.



Obr. 16: Závislost úderné síly na tloušťce lebeční kosti. [1]

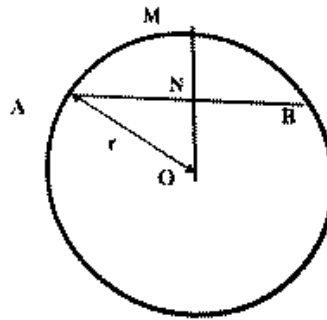
Z obrázku je patrné, že velikost úderné síly není přímo úměrná poranění lebky při úderu tupým předmětem. Dále lze určit destrukční sílu, která je v rozmezí 7000-10000 N, při tloušťce lebečních kostí 0,42 – 0,66 cm.

Pokud je potřeba získat poloměr r nebo průměr d sférického předmětu, kterým byla lebka poraněna, používají se následující vzorce [1]:

$$r = \frac{c^2 + 4 \cdot h^2}{8 \cdot h} \quad [cm] \quad (16)$$

$$d = \frac{c^2}{4 \cdot h} + h \quad [cm] \quad (17)$$

Rozměr c určuje úsečka AB a rozměr h určuje úsečka MN , viz obrázek níže. Oba tyto parametry se měří přímo v místě poranění.



Obr. 17: Schéma kráteru v lebce a parametry výpočet poloměru sférického předmětu. [1]

Na závěr tohoto bloku lze tedy vyjmenovat všechny důležité faktory, které vedou k traumatickému poškození lebky. Prvním důležitým faktorem je velikost úderné síly předmětu. Druhý důležitý faktor je tvar a rozměr úderné plochy. Tloušťka lebeční kosti je třetím faktorem. Čtvrtým faktorem je pak místo úderu, kde obličejová část je náchylnější na fraktury kostí. Posledním významným faktorem je destrukční doba úderu. [1]

3.4 Biomechanika poranění kostí hlavy a měkkých tkání při úderu na tupou desku

3.4.1 Biomechanický model poranění hlavy při úderu na tupou desku

Biomechanický model poranění hlavy při úderu na tupou desku slouží k bližšímu poznání všech dějů, které při tomto poranění vznikají. Při experimentech se používají biomechanické figuríny s parametry živého těla nebo mrtvoly. Z mechanického hlediska lze při silovém kontaktu tupého předmětu s hlavou člověka odvodit tři fáze. První fáze se nazývá vnější dynamika a popisuje pohyb hlavy nebo tupého předmětu před úderem nebo kontaktem. Druhou fází nazýváme vlastní úder, jak už z názvu vyplývá, jde o kontakt tupého předmětu s hlavou, přenos sil mezi nimi a deformaci energie. Poslední fáze se jmenuje následná fáze. Tato fáze popisuje následný pohyb hlavy nebo předmětu po kontaktu. energii tupého předmětu pak můžeme vyjádřit následujícím vzorcem, kde jsou uvedeny všechny energie, které při úderu vznikají. [1]

$$E_p = \Delta E + E_{p_0} + E_H \quad [J] \quad (18)$$

Kde E_p je kinetická energie pohybujícího se tupého předmětu, ΔE je energie spotřebovaná na deformaci lebeční kosti nebo měkkých tkání, E_{p_0} je potenciální energie spotřebovaná na deformaci tkáně šíjí a E_H je kinetická energie pohybu hlavy po úderu nebo kontaktu.

Jelikož úderný předmět je většinou tvrdší než tkáně na hlavě člověka, část energie se spotřebuje právě deformací těchto tkání. Ztrátu energie ΔE lze vyjádřit vztahem [1]:

$$\Delta E = (1 - k^2) \frac{m_1 \cdot m_2}{2(m_1 + m_2)} (v_1 + v_2)^2 \quad [J] \quad (19)$$

ΔE -energie spotřebovaná na deformaci lebeční kosti nebo měkkých tkání,

k -koeficient obnovy $k \in \langle 0,1 \rangle$,

m_1 -hmotnost pohybujícího se předmětu,

m_2 -hmotnost hlavy,

v_1 -rychlost předmětu bezprostředně před kontaktem,

v_2 -rychlost hlavy před kontaktem.

Pokud je ovšem hlava osoby v klidu $v_2=0$, pak můžeme výše napsaný vzorec (18) zjednodušit do tvaru:

$$\Delta E = (1 - k^2) \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \cdot E_p \quad [J] \quad (20)$$

Z této rovnice tedy lze odvodit čtyři hlavní proměnné, které ovlivňují deformační energii spotřebovanou při deformaci měkkých tkání. Pokud známe dostatečné množství vstupních proměnných, lze vypočítat deformační energii. Jsou to tyto proměnné: k , m_1 , m_2 a E_p . Koeficient návratu k lze zjednodušeně vyjádřit tímto vzorcem (21), pokud je hlava osoby v klidu před kontaktem s předmětem. [1]

$$k = \frac{u}{v} \quad [-] \quad (21)$$

u -rychlost hlavy po kontaktu (úderu)

v -rychlost předmětu před kontaktem

Hmotnost hlavy osoby m_2 lze vypočítat podle zjednodušeného vzorce (Zaciorského-Selujanova 1978) [1]:

$$m_2 = 1,296 + 0,0171m_T + 0,0143v_T \quad [\text{kg}] \quad (22)$$

m_2 -hmotnost hlavy osoby

m_T -hmotnost těla

v_T -tělesná výška osoby

Základní parametry extrémního dynamického zatěžování organismu lze vyjádřit matematicky takto [1]:

$$F = (1 + k) \frac{m_2 \cdot v_x}{t_i} \quad [\text{N}] \quad (23)$$

F -velikost úderné síly, k -koeficient návratu, m_2 -hmotnost hlavy osoby, v_x -kolmá složka dopadové rychlosti, $v_x = v_0 \cdot \sin a$, v_0 -velikost vektoru dopadové oblasti, a -úhel dopadu hlavy, t_i -destrukční interval

3.5 Predikce velikosti síly při zlomení klenby lebni

Predikce velikosti síly, která způsobí fragmentaci lebky, vychází z biomechaniky úderu tupým předmětem. Tuto sílu úderu lze rozdělit do následujících čtyř skupin (Kapustin 1999):

1. Malá síla úderu - do 160N
2. Značná síla úderu - od 160N do 1960N
3. Velká síla úderu - od 1960N do 4900N
4. Velmi velká síla úderu – více jak 4900N

V předcházejících kapitolách bylo rovněž uvedeno, že traumatické poškození lebky je závislé nejen na velikosti síly úderu, ale rovněž na tloušťce lebeční kosti, tvaru a rozměru tělesa nebo jeho rychlosti. Experimentálně byl zjištěn vzorec, který vyjadřuje sílu úderu při pádu člověka ze stoje na zem. [1]

$$F = \frac{m_1}{g \cdot \tau} \sqrt{\frac{3 \cdot m}{\rho}} \quad [\text{N}] \quad (24)$$

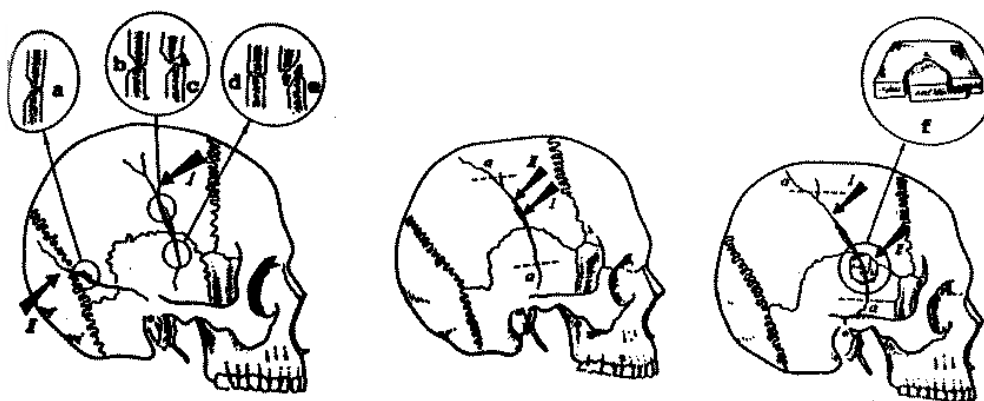
F je střední síla úderu do týlní části hlavy, m_1 je hmotnost hlavy osoby, g je gravitační konstanta, τ je čas destrukce, m je hmotnost těla osoby, ρ je konstanta označená jako střední hustota těla. Výhodou tohoto vzorce je to, že výpočet je založen na fyzikálních vlastnostech člověka. Nevýhodou je však to, že se musí co nejpřesněji empiricky odhadnout střední hustotu těla a destrukční čas nebo ho zjistit pomocí tenzometrů.

Experimentálním měřením na mrtvolách byla zjištěna biomechanika lebečních kostí. Mozek člověka je chráněn před mechanickými vlivy a silami lebeční kostí. Tato kost má tvar vypuklé sférické plochy. Kritická vnější síla je důležitá pro biomechaniku tupého poranění hlavy. Při této síle ztrácí lebeční klenba pevnost a praská. Vnější kritické napětí nám pak určuje nejmenší hodnotu vnější síly, při které lebeční kost praská. Empirickým vztahem, lze vyjádřit vnější napětí takto [1] :

$$R_e = \frac{2 \cdot E \cdot \sigma^2 \cdot N}{\sqrt{3 \cdot (1 - \mu^2)}} \quad [-] \quad (25)$$

Kde R_e je vnější kritické napětí, při kterém praská lebeční kost, E je modul pružnosti, σ je tloušťka kosti lebky, N je Gaussova křivka, μ je Poissonův koeficient.

Z tohoto vzorce jasně vyplývá, že vnější kritické napětí závisí na mechanických vlastnostech kostí a to zejména na jejich tloušťce, pevnosti a pružnosti.



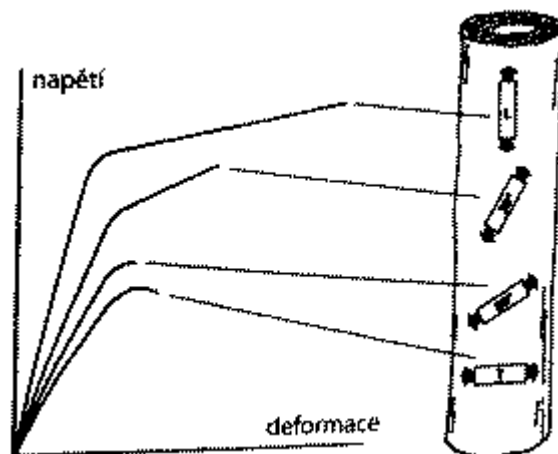
Obr. 18: Mechanismus traumatu lebky po sekundárním traumatické úderu. [1]

Kde I . ukazuje směr prvního úderu, II . je směr druhého úderu, a, b - charakter a tvar lomu při vnější úderné síle, c - tvar lomové plochy při druhém úderu, d - charakter lomu při prvním úderu vně místa úderu, e - charakter lomu při druhém úderu vně místa úderu, f - vznik zlomeniny a „kšiltový“ tvar zlomeniny při druhém úderu. [1]

3.6 Mechanické vlastnosti vybraných lidských tkání

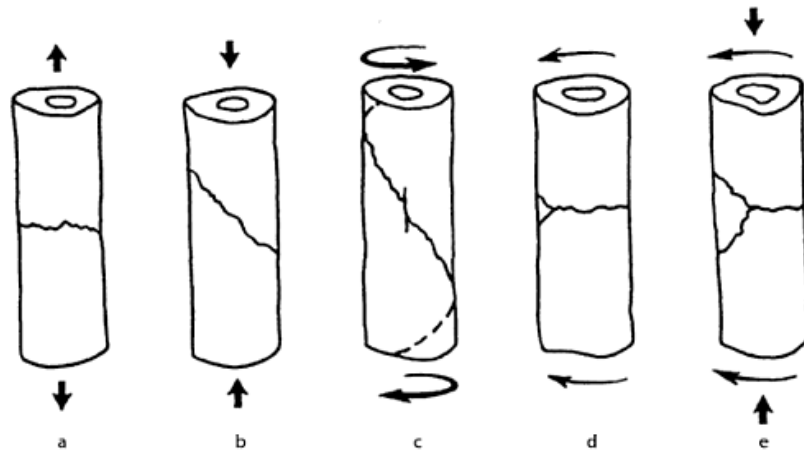
3.6.1 Kostní tkáň

Kosti jsou nehomogenní anizotropní biomateriál, který je složen z minerální a organické složky. Kostru lidského těla můžeme klasifikovat jako pasivní pohybový aparát, který zajišťuje podpůrný systém těla pro přenos svalových sil a chrání člověka před vnějšími silami. Vliv prostředí má souvislost se strukturou kosti. Na povrchu je kost zvrásněná, v místě, kde se propojují šlachy a kost, je většinou kost hustší. Mechanické vlastnosti kostí jsou například elastický modul pružnosti, mez pevnosti a maximální deformace. Na následujícím obrázku 19 lze vidět, jak se mění napětí a deformace při různém směru zatěžování kostí. Dále lze vidět i čtyři směry tahu, a to tah v podélném a příčném směru, tah 30° a 60° natočení kosti. Nejméně pevná je dlouhá kost pokud na ni působíme ve směru kolmém na podélnou osu, a naopak nejpevnější je ve směru podélné osy.



Obr. 19: Závislost napětí a deformace kosti. [2]

Ke zlomenině kostí - fragmentaci kostí dochází vlivem zatěžování kosti tahem (*a*), tlakového namáhání (*b*), namáháním krutem (*c*), ohybovým porušením kosti (*d*) anebo kombinací ohybu a tlaku (*e*). Příklady zlomenin a tvar deformace lze vidět na následujícím obrázku 20. [2]



Obr. 20: Příklady zlomenin kostí. [2]

3.6.2 Kosterní svalstvo

Nejdříve je zapotřebí si objasnit základní pojmy. Kontrakce neboli stah svalu je základní funkce svalu a je vyvolána nervovým podmětem. Kontrakce lze rozdělit do dvou skupin. Do první skupiny patří kontrakce izotonické. Při izotonické kontrakci svalu se mění délka svalu, ale vnitřní napětí svalu je stejné. Do druhé skupiny patří kontrakce izometrické. Při izometrických kontrakcích svalu se naopak nemění délka svalu, ale mění se vnitřní napětí svalu. Mezi další důležitý pojem patří síla svalu, která nám určuje, jakou hmotnost sval zdvihne. Při praktických měření většinou není možné měřit přímo sílu konkrétního svalu. Svalovou sílu mohou ovlivnit tyto faktory: okamžitá rychlost koncentrace, dále to může být okamžitá délka svalu a v neposlední řadě také stupeň aktivace svalu. Důležitá je také koordinace svalů. [2]

3.6.3 Šlachy

Další důležitou částí lidského těla jsou vazy a šlachy. Hlavním úkolem šlachy je přenášet vygenerovanou sílu svalů do kostí. Šlachy mají různou velikost, záleží jaký sval a jakou kost k sobě připojují. Dlouhý bílý provazec je většinou typický tvar šlachy a má viskoelastický charakter. Šlachy lze rozdělit na vnitřní a vnější. Mez pevnosti je jedna z nejdůležitějších mechanických vlastností šlach. Tyto vlastnosti se zkoumají většinou na mrtvolách, protože jinak to z fyziologického hlediska není možné. Deformace šlachy může být trvalá nebo vratná. Ve šlaše lze také pozorovat biomechanické změny, například při vytrvalém tréninku se zvyšuje množství kolagenu. [2]

4 METODIKA VYŠETŘOVÁNÍ VRAŽD S VYUŽITÍM BIOMECHANICKÝCH METOD

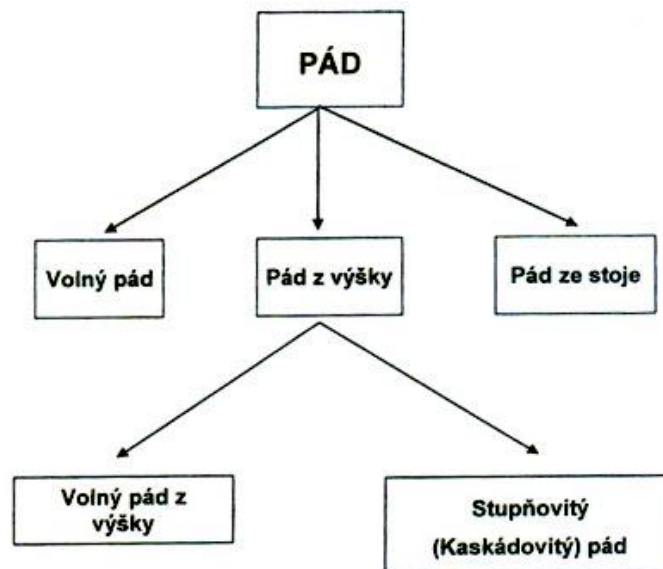
4.1 Biomechanika pádů

Nejčastěji v praxi používaná metoda vyšetřování, zda oběť spáchala sebevraždu nebo zda šlo o nehodu, popřípadě o vraždu, je právě biomechanika pádů. Biomechanika pádů z výšky tvoří 43% veškeré použití biomechaniky v kriminalistice. 15% případů pak tvoří pády ze schodů, což také patří do úseku pádů. Ročně spáchá sebevraždu pádem z výšky asi 100-150 lidí. Díky biomechanice jsme schopni s jistotou říci, zda tělo spadlo samovolně nebo zda před pádem dostalo silový impulz. Pokud pád nezaviní jiná osoba, jedná se o pád způsobený objektivní příčinou. Vlastnosti, které se považují za objektivní příčinu pádu, jsou například: nepozornost, únava, špatný kotevní bod, silný vítr nebo námraza. Subjektivní vlastností je pak panický strach z výšek. Pády můžeme zkoumat pomocí experimentů, zde se využívají figuríny s reálnými parametry, anebo pokusy provádí osoby padající do bazénu. Druhou možností jak zkoumat biomechaniku pádů jsou matematické modely. V dnešní době se používají počítačové simulace, které dokáží pracovat s 2D a 3D modely.

4.1.1 Základní rozdělení pádů

Základní rozdělení pádu podle výšky:

1. Pád ze stoje
2. Pád z výšky
3. Volný pád

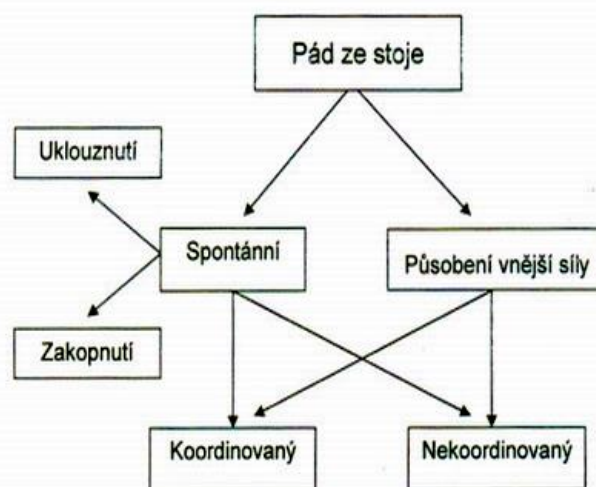


Obr. 21: Klasifikace pádů [8]

Definice první skupiny pádů ze stoje zní takto:

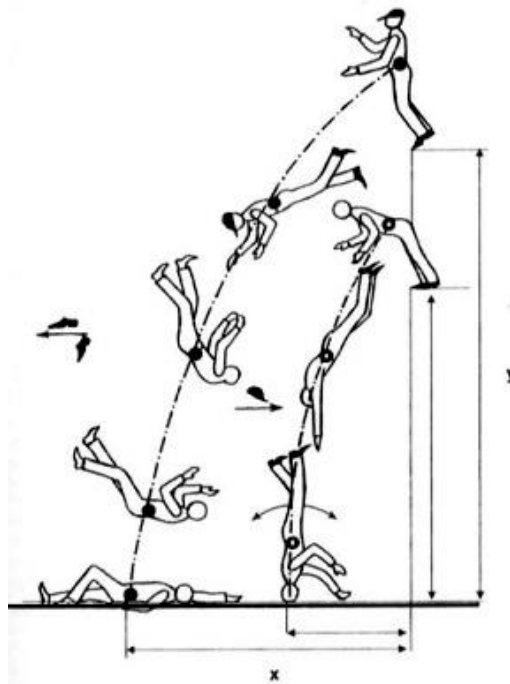
„Pád ze stoje vzniká při překlopení těla kolem překlopné hrany, kterou tvoří přímka procházející plochou opory chodidel.“

Nejčastějším zraněním u tohoto druhu pádu je poranění hlavy. Tělo padá na plochu břicha nebo zad. Klopýtnutí, uklouznutí a zakopnutí s následkem pádu jsou tři základní příčiny pádu při chůzi. U starších lidí je to následkem špatné koordinace pohybů a u teenagerů je nejčastější příčinou jízda na kolečkových bruslích a skateboardech. Na následujícím obrázku lze vidět rozdělení pádů ze stoje. Základní rozdělení je na pády spontánní a pády s působením vnější síly, které mohou být koordinované nebo nekoordinované.



Obr. 22: Schéma pádu z polohy stoj na podložku [8]

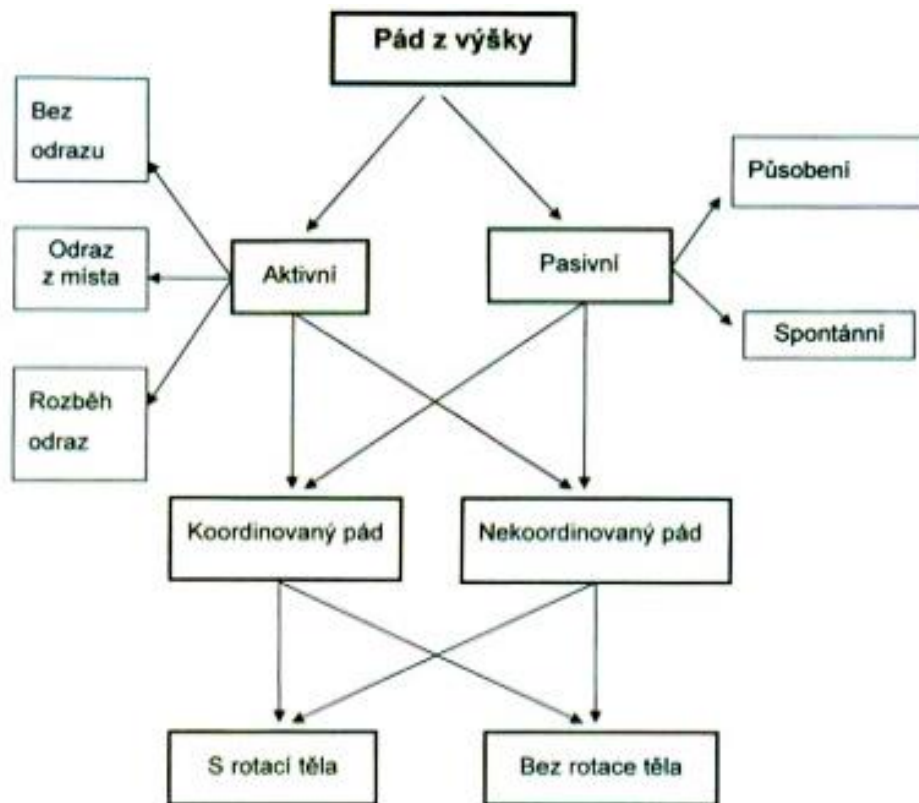
Druhá skupina pádů se jmenuje pád z výšky. Oproti první skupině pádů, je zde podmínka, že člověk se musí nacházet na zvýšené podložce. K pádu dochází ve chvíli, kdy se tělo překlopí přes překlopnou hranu (viz obr. 23). Tělo se při pádu pohybuje rovnoměrně zrychleným pohybem, je urychlováno tíhovou konstantou, odpor vzduchu je zanedbatelný a těžiště těla se pohybuje po parabole nebo po vertikále. Nejčastějším pádem z výšky je pád z okna budovy. Na následujícím obrázku lze vidět trajektorie těžiště lidského těla při pádu. [1]



Obr. 23: Schéma pádu z výšky a trajektorie těžiště [6]

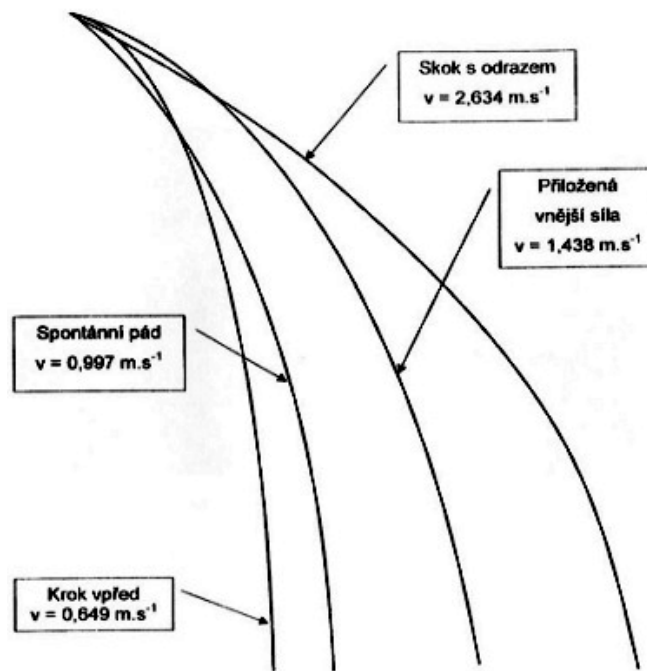
Třetí a poslední skupinou pádů je volný pád. Pokud člověk padá z velmi vysoké výšky např. z letadla nebo z velmi vysoké výškové budovy, dochází k rovnoměrně zrychlenému pohybu, v momentě kdy se odpor vzduchu rovná tíhové síle se člověk začne pohybovat konstantní rychlostí.

Dále pak lze pády rozdělit na aktivní a pasivní nebo na pády s rotací a bez rotace jak lze vidět na následujícím obrázku. [8]



Obr. 24: Obecné schéma pádu z hlediska forenzní biomechaniky [8]

Aktivní pády jsou všechny pády, při kterých je člověk před pádem v pohybu nebo pokud je tělo zrychleno přiloženými silami. Aktivní pády lze dále rozdělit typu odrazu: bez odrazu, s odrazem z místa a odraz s rozběhem. Pasivní pády jsou buď to spontánní, anebo s působením přiložených sil. Aktivní i pasivní pády pak mohou být s rotací nebo bez rotace a koordinované nebo bez koordinace. Experimenty byly zjištěny následující trajektorie pohybu těžiště těla při skoku s odrazem, při spontánním pádu, při pádu z kroku vpřed a při pádu s vnější přiloženou silou. Graficky tyto trajektorie lze vidět na následujícím obrázku. Pokud tělo padá z výšky do 150 m, jeho pohyb je vždy po parabole.



Obr. 25: Trajektorie těla při pádu [8]

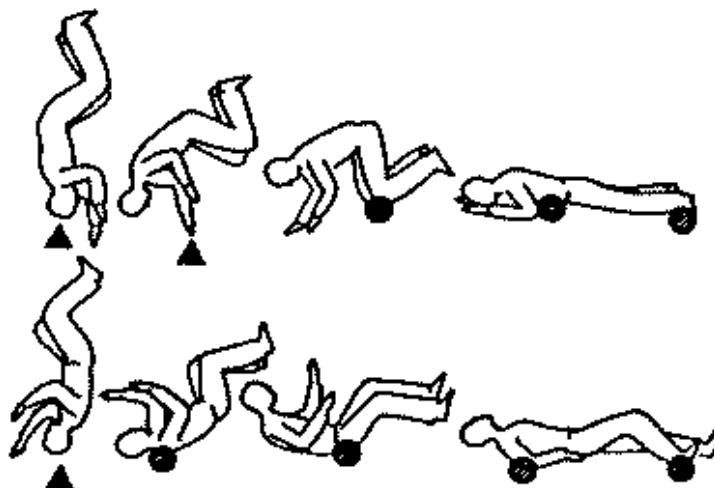
4.1.2 Zranění při pádu

Ke zranění dochází v momentu, kdy tělo dopadne na podložku. Při pádu může tělo padat vertikálně nebo horizontálně. Při vertikální poloze padá člověk hlavou dolů a dopadá na nohy, oblast kolen, hlavu, sedací část nebo nohama dolů. Při horizontální poloze tělo letí břichem dolů nebo zády dolů a většinou na tyto části i dopadá. Většinou se při dopadu kombinují různé možnosti dopadu. Dále lze pády rozdělit na dva základní dopady těla, primární dopad a sekundární dopad těla.

Primární dopad lze popsat takto:

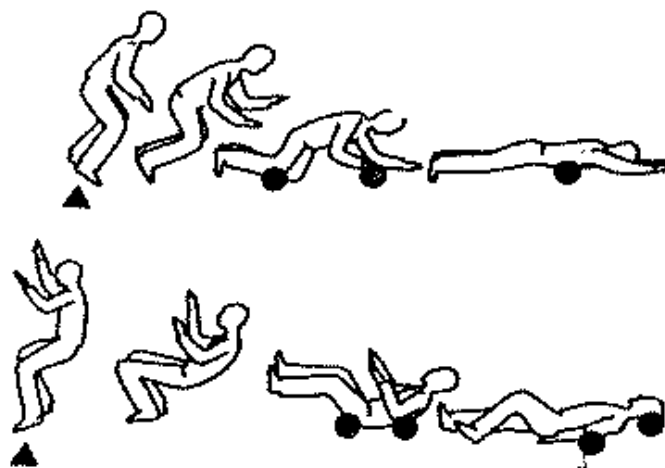
„Vzniká v prvním kontaktu těla s podložkou v okamžiku dopadu (interakce), v tomto místě působí zpravidla velmi vysoká dynamická složka vektoru síly, která je dána dopadovou rychlostí, hmotností těla (dopadající hmoty) a mechanickými podmínkami dopadové plochy (velikosti impaktu).“ [8]

Sekundární dopad těla pak vzniká odrazem po primárním dopadu. Při sekundárním dopadu na lidské tělo malé dynamické rázové složky síly.

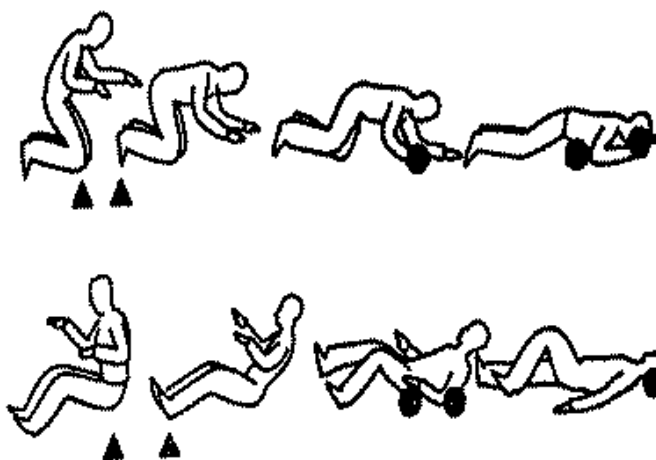


Obr. 26: Místa primárního a sekundárního dopadu při pádu z výšky s dopadem na hlavu.

[8]



Obr. 27: Místa primárního a sekundárního dopadu při pádu na nohy. [8]



Obr. 28: Místa primárního a sekundárního dopadu při pádu na kolena nebo sedací část.

[8]

Rozsah zranění při pádu je závislý na několika základních faktorech. Prvním důležitým faktorem je rychlost těla v okamžiku dopadu, dalším faktorem je kontaktní plocha těla a podložky. Charakteristika a tvar dopadové plochy je taky důležitá při posuzování pádů. Úhel dopadu má také vliv na charakter poškození tkání.

Destrukční síla, která působí v okamžiku dopadu je přímo závislá na hmotnosti a rychlosti těla při dopadu. Hybnost těla těsně před dopadem pak můžeme určit podle vzorce [8]:

$$p = m \cdot v \quad [kg \cdot m \cdot s^{-1}] \quad (26)$$

Pokud tělo rotuje, tak musíme ještě k vzorci 26 připočítat moment hybnosti ($L = J \cdot \omega$). [8]

Přetížení G vzniká při dopadu, když se získaná rychlost těla snižuje až na nulovou hodnotu. Přetížení G se vyjadřuje v násobcích gravitačního zrychlení g . Toto zpomalení a lze matematicky vyjádřit [8]:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad [-] \quad (27)$$

Pro příklad při přetížení $20G$ dochází k fragmentaci obratlům. Při pádech z výšky často dochází k otřesům mozku, zlomeninám, vnitřním zraněním, přetrhnutí vazů, prasknutí vnitřních orgánů nebo může dojít dokonce k utržení srdce od aorty. [1]

4.2 Biomechanika extrémního dynamického zatížení těla

Biomechanika extrémního dynamického zatížení těla je druhou nejčastěji používanou metodou používanou metodou v kriminalistice. 24 % soudně-lékařských posudků se zabývá právě touto částí forenzní biomechaniky. Podrobněji je toto téma popsáno v předchozí kapitole. Základní směry zkoumání v tomto směru jsou: teorie rázu, biomechanická charakteristika kostí lebky, biomechanika tupého poranění hlavy, predikce velikosti síly zlomení klenby lební a biomechanika poranění hlavy a měkkých tkání při úderu na tupou desku.

4.3 Identifikace osoby podle chůze

Identifikace osob podle chůze je jednou z nejmladších aplikací forenzní biomechaniky v praxi. První zmínka o možnosti této identifikace v ČR pochází z 90. let. Prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc. je největším žijícím průkopníkem forenzní biomechaniky a identifikace podle chůze u nás. Stereotyp chůze neboli bipedální lokomoce má rozhodně velký význam. S rozšiřujícím technickým zdokonalováním CCTV systémů a bezpečnostních kamer se

stále zvětšuje možnost identifikace lidí podle záznamu z kamer. Princip je velmi jednoduchý. Identifikační znaky bipedální lokomoce jsou založeny na zkoumání kinematiky pohybu a geometrie těla. Způsob této metody je neinvazivní, takže osoba nemusí ani vědět, že je natáčena. Obrovským přínosem je pak identifikace osob při přepadení obchodů a bank. Zločinec má sice kuklu a rukavice, ale díky kamerovému záběru muže být identifikován. Momentálně se provádí takováto identifikace ručně, každý snímek se musí analyzovat zvlášť. V nejbližší době by tuto velmi náročnou a zdlouhavou práci měl nahradit počítačový program a to by mělo mít za následek ještě větší uplatnění této metody v praxi. [9]

4.4 Analýza střetného boje

Analýza střetného boje je disciplína, která spadá rovněž pod forenzní biomechaniku. Z celkového počtu případů použití biomechaniky zaujímá analýza střetného boje asi 4%. Jde vlastně o soudně-lékařský posudek, ve kterém se zkoumají výpovědi napadeného a útočníka, pokud oba popisují fyzický útok rozlišně. Posuzují se reakční doby pohybového chování. Dále se zkoumá rychlost úderu útočníka a rychlost obranných reakcí napadeného. Velký vliv v těchto případech má také to, zda je útočník nebo napadený trénovaný. Zkoumá se také situace napadení, zda střet byl s přípravou, bez přípravy, v afektu nebo zda byl útok veden ze střežové pozice. [9]

5 SOUDNĚ LÉKAŘSKÉ EXPERTÍZY

5.1 Historie soudní lékařství

Definice soudního lékařství podle Prof. Josefa Reinsberga z roku 1896 zní takto:

„Soudní lékařství jest nauka o použití neboli vynaložení vědomostí a zkušeností lékařských k účelům soudním.“ [2]

Historie soudního lékařství, potažmo vývoj medicíny celkově, se píše už od pradávna. V době prvních kmenů a společností to nejdříve byli různí šamani a léčitelé. Později to byli Egypťané, kteří byli opravdu vyspělí. Existují důkazy nejen o tom, že před více jak 7 tisíci lety dokázali balzamovat těla, ale taky dobře znali základy anatomie a prováděli i pitvy na lékařské škole v Heliopolisu. Tzv. *Ebers Papyrus* je nejstarší lékařský spis a pochází právě z této lékařské školy. Další známky o soudním lékařství lze také najít v Bibli a Talmudu v období před Kristem. Ve starověkém Řecku se v Homérových zápisech objevují anatomické informace, které nemohl získat jinak než pitvou. Před 3 tisíci lety př. n. l. Řek Hierofilus pitval za živa zločince. Dále se pak soudní lékařství šířilo z Řecka do Říma. Nejstarší spis, který se zabývá přímo soudním lékařstvím a právem pochází z Číny z období okolo 13. století našeho letopočtu.

Novodobá soudně lékařská problematika se uvádí od 15. století. Tématem těchto spisů byla většinou otrava. V období od 16. století byli lékaři zváni k případům zabítí, omylu při léčení a vraždě. Největší rozmach pak byl ve Francii na dvoře krále Ludvíka XIV. V Čechách se povolával lékař jako znalec k soudu až od 16. století, do té doby se u nás praktikovali tzv. „boží soudy“, které se praktikovali až do 17. století než je zakázal Karel IV. První písemně doložená pitva je z roku 1561 a první soudní pitva byla v Čechách provedena v roce 1600 Janem Jeseninem. Dalším milníkem soudního lékařství u nás bylo založení oboru „státní lékařství“ na pražské fakultě za vlády císaře Josefa II. Od roku 1786 se začalo soudní lékařství vyučovat systematicky a to jak soudní, tak policejní lékařství. Mezi nejznámější lektory soudního lékařství v dějinách patří: František Karel Fiedler, Jan Dionýz John, Vojtěch Carda, Josef Bernt, Matěj Popel. Za zakladatele moderního soudního lékařství je považován Edvard Hofman, který vytvořil osmi dílnou učebnici *Lehrbuch der gerichtlichen Medizin*. Až v roce 1919 byl na Slovensku založen první ústav soudního lékařství. [2]

5.2 Pojem smrt

Věda, která se zabývá smrtí a umíráním se jmenuje thanatologie.

Smrt můžeme definovat takto:

„Smrt je ireverzibilní zástava dechu a srdeční činnosti.“

Biologická smrt je stav organismu, jehož obnovení všech životních funkcí, už není možné. Umírání je proces, který může být velmi rychlý nebo naopak může trvat velmi dlouho. Například při autonehodách dochází k několika násobným poraněním těla neslučitelných se životem a smrt je velmi rychlá a většinou bezbolestná. Naopak při otravách je umírání velmi zdoluhavé a člověk může umírat víc jak rok v nesnesitelných bolestech.

Určit je-li člověk živý nebo mrtvý není vždy jednoduché. Pokud je člověk pod vlivem hypnotik, silně podchlazený nebo zasažen elektrickým proudem nastává tzv. zdánlivá smrt. Při této smrti člověk sice nedýchá, ale může mít velmi malý srdeční rytmus, který není slyšitelný, ale lékařskou technikou lze zjistit. Proto pokud záchraňující má pochybnost o nezvratné smrti, musí vždy začít s resuscitací. Tu provádí, pokud má sílu nebo pokud nedojde ke změně zdravotního stavu. Srdeční činnost kontrolujeme dvěma prsty zatlačením karotických arterií. Když nastane neodvratná smrt, začínají odumírat buňky a buněčné systémy. Pokud odumře poslední buňka, jedná se o totální smrt. V tomto supravitálním období ještě dochází několik hodin po smrti k svalovým křečím, pohybům střev nebo reakcí zornic.

Známky smrti můžeme rozdělit na jisté a nejisté. Mezi nejisté známky smrti můžeme zařadit všechny nespolehlivé metody. Mezi nejznámější patří Tonelliho příznak, což je posmrtná deformace tvaru zornice při tlaku na oko. Tato deformace, může nastat několik minut po smrti, ale také klidně až za 2 hodiny. U utopených nebo oběšených lidí nelze vyvolat deformaci vůbec. Za jisté známky smrti považujeme posmrtnou ztuhlost, posmrtné skvrny a hnilobné změny. Pokud smrt prokážeme lékařskými přístroji, nemusí se vyčkávat na posmrtné změny k určení smrti. [2]

5.3 Pojem vražda

Vražda je pojem, který úzce souvisí se smrtí člověka. Vražda je trestní čin a najdeme ho tedy v trestním zákoníku pod § 140.

Definice vraždy pak může znít takto:

„Trestný čin vraždy je trestným činem úmyslným.“ [2]

Vždy je spojen pouze s útokem na živou osobu. Hlavním znakem trestného činu vraždy je usmrcení člověka. Úmysl vraždy může být přímý nebo nepřímý. Pokud je člověku navrácen život lékařským způsobem, jedná se o pokus o vraždu. Eutanázie, neboli usmrcení z přání pacienta je také trestný čin vraždy.

Prohlídka místa činu a ohledání zavražděného je nejdůležitější úkon při vraždě. Prohlídku těla provádí příslušný praktický lékař, který stanoví smrt, zranění patrné na těle oběti, pravděpodobnou dobu a příčinu smrti. Lékař musí vyplnit „List o prohlídce mrtvého“. Pokud má lékař podezření, že osoba byla zabita úmyslně, musí co nejrychleji zavolat policii. Dále by měl postupovat tak, aby neznehodnotil biologické a jiné stopy trestného činu nebo naopak nevytvořil stopy nové. Do příjezdu policie je potřeba uzavřít místo činu. První věc co policie musí udělat na místě činu je fotodokumentace. Nejdříve se vyfotografuje poloha zavražděné osoby a poté všechny kriminalistické stopy. Po základní dokumentaci místa činu se přechází k ohledání mrtvého. Dále se zajišťují biologické stopy a různé předměty na místě činu. Tělo je pak převezeno na pitvu a tam se teprve určí přesná příčina smrti.

S vraždou také úzce souvisejí i další paragrafy trestního práva, které mají za následek smrt člověka a to zejména: § 141 - zabití, § 142 - vražda novorozeného dítěte matkou, § 143 - usmrcení z nedbalosti, § 144 - účast na sebevraždě. Sebevražda je způsob připravit o život pouze sám sebe. Z lékařského hlediska je velmi jednoduché určit, zda šlo o vraždu, ovšem určit, zda šlo o sebevraždu, je mnohem komplikovanější. Sebevrah většinou zanechá dopis na rozloučenou, kde je vysvětlen motiv jeho činu. [2]

5.4 Kriminalistická stopa

Aby se dal vymezit pojem kriminalistická stopa, je nutné vysvětlit, co stopa je, a jak vlastně vzniká. Pokud na sebe vzájemně působí dva a více objektů, dochází k vzájemnému předávání informací o vlastnostech objektů. Při tomto působení dochází k různým změnám v živých i neživých látkách v přírodě. Nás samozřejmě budou zajímat pouze změny, které mají spojitost s kriminalisticky relevantní událostí - trestným činem, sebevraždou nebo náhlým úmrtím. Kriminalisticky významné změny vznikají pouze v reálném prostředí. Kriminalistické stopy jsou náchylné na různé vlivy a mohou zanikat. Nejčastějším důvodem zničení stopy je úmyslné zakrytí stopy pachatelem, působením přírodních vlivů nebo neúmyslné zničení stop pracovníky policie nebo soukromých bezpečnostních služeb. Pokud pracovník bezpečnostní agentury dorazí první na místo trestného činu, měl by provést veškeré opatření, aby se zabránilo poškození všech kriminalistických stop. Pokud se jedná o kriminalistickou stopu, musí být dekodovatelná současnými kriminalistickými postupy a metodami. Nás tedy nejvíce budou zajímat stopy s biomechanickým obsahem, na kterých lze uplatnit znalosti z vyšších kapitol této práce. [4]

5.5 Používané forenzní vědy v soudně lékařských expertízách

Mezi nejčastější používané forenzní vědy v oboru soudního lékařství patří například tyto vědy. Forenzní thanatologie se zabývá úmrtím, posmrtnými změnami a pitvami. Forenzní traumatologie zkoumá poranění jak nástroji, tak kousnutím, střelnou zbraní, dušením, explozí nebo poranění vzniklá velmi vysokou a nízkou teplotou ale i zářením, elektrickým proudem, hladověním, popřípadě pracovními a mimopracovními úrazy. Další forenzní vědou je toxikologie. Ta zkoumá reakci mezi biologickými systémy a chemickými látkami. Velmi významná je taky forenzní antropologie, která pomáhá k identifikaci osob, protože zkoumá biologickou podstatu člověka. Forenzní antropologie je součástí fyzické biologické antropologie. Soudně lékařské expertízy také obsahují forenzní biologii. Zde se zkoumá všechny biologický materiál rostlinného, živočišného i lidského původu. Tato věda v sobě obsahuje ještě dvě forenzní vědy. Trichologie, což je zkoumání zvířecích a lidských chlupů a vlasů. Druhá věda se nazývá forenzní entomologie, a ta má za úkol zkoumat jednotlivé řády hmyzu, převážně mrchožrouty. Forenzní genetika je spojena hned s několika vědními obory, jako jsou enzymologie, biochemie, molekulární biologie a samozřejmě genetika. Jednou z nejmladších soudně lékařských expertíz je právě forenzní

biomechanika. Zde se pak nejčastěji jedná o zkoumání biomechanických vlastnostech poranění lebečních kostí na živých nebo mrtvých obětech. [2]

V SBS mohou znalosti forenzní biomechaniky využívat pouze soukromí detektivové nebo soukromí soudní znalci. Pátý bod zadání je tedy podrobněji popsán v následující kapitole, na základě rozhovoru s kriminalistickým technikem.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 APLIKACE BIOMECHANIKY A JEJÍ OVĚŘENÍ V PRAXI

Jedním z cílů praktické části této práce mělo být ověření biomechaniky pádu s biomechanickou figurínou. Základem tohoto měření měla být spolupráce s Biomechanickou laboratoří v Praze, která je součástí Policejní akademie. Další laboratoř, která se zabývá biomechanikou, se jmenuje Laboratoř biomechaniky člověka a je součástí ČVUT v Praze. Bohužel spolupráce s jakoukoliv biomechanickou laboratoří se nepodařila uskutečnit. Obě zmíněné laboratoře poslaly pouze vysvětlení, že laboratoře jsou příliš časově vytížené a jakákoliv externí spolupráce je tudíž z těchto důvodů nemožná. Z Policejní akademie dokonce přímo napsali, že studentům z jiných fakult vůbec není umožněn přístup do těchto laboratoří, že jsou výhradně určeny pro studenty PA. Kontakt u Policie České republiky ve Zlínském kraji také nebyl přínosem pro tuto práci. První úspěšnější komunikace s PČR byla až v Olomouckém kraji. Byl jsem odkázán přímo na jednoho nejmenovaného kriminalistického technika z územního odboru Přerov. Jeho jméno z bezpečnostních důvodů a na základě jeho požadavku v této práci nebude nikde uvedeno. Bohužel ani v silách daného odboru v Přerově nebylo možné zajistit speciální figurínu upravenou na biomechanické simulace a tudíž nebylo možné provést sérii pokusů zaměřených na biomechaniku pádu.

Nicméně z provedených konzultací s výše uvedeným kriminalistickým technikem bylo potvrzeno, že nejčastěji používanou aplikací biomechaniky v kriminalistické praxi je biomechanika pádu, jak již vyplynulo i z poznatků uvedených v teoretické části této práce. Dále byl zjištěn řádný postup činností při zajišťování stop na místě činu. Jako příklad je níže uvedena situace pro případ pádu osoby z okna.

Pro výše uvedený případ, se vždy jako první na místo události volá zdravotnická záchranná služba. K místu je také automaticky přivolána nejbližší hlídka PČR, Městské nebo Obecní policie, za účelem uzavření místa činu. V případě, že přivolaný lékař konstatuje smrt, je přivolán na místo činu i kriminalistický technik. Jeho úkolem je co nejpřesněji zdokumentovat místo činu, to znamená, vytvořit fotodokumentaci a video záznam místnosti, odkud tělo vypadlo, místa dopadu a polohu těla. Dále pak musí zaměřit veškeré vzdálenosti, jako například vzdálenost těla od budovy, výšku okna, ze kterého osoba vypadla, výšku od podlahy a rozměry okna v místnosti. Součástí fotodokumentace je také poloha nábytku a jiné podezřelé předměty, které mohou mít vliv na pád osoby. Proveďte také sběr podezřelých předmětů. Ve chvíli, kdy má vše zdokumentováno a naměřeno, tak se teprve může přemístit tělo na pitevnu, pokud je to potřeba. Zde se tělo měří, zjišťuje se

jeho hmotnost nebo toxikologie. Kriminalistický technik pak sepíše protokol, ve kterém jsou uvedeny všechny fakta a naměřené veličiny z místa činu a předá ho hlavnímu vyšetřovateli. Ten tento protokol včetně veškeré dokumentace předá soudnímu znalci. Znalec na základě těchto údajů rozhodne, zda osoba vypadla vlastním nebo cizím zaviněním a předá výsledek jeho měření opět hlavnímu vyšetřovateli. Z rozhovoru tedy jasně vyplývá, že forenzní biomechanikou se zabývají u PČR pouze soudní znalci.

V případě SBS se forenzní biomechanikou mohou zabývat soukromí detektivové nebo soukromí soudní znalci. Bohužel jejich pravomoce jsou značně omezené. Pokud by se dostal pracovník SBS jako první na místo činu, jeho prvotním úkolem by bylo zavolat zdravotnickou záchrannou službu, PČR a mohl by se pokusit zajistit místo činu, aby uchránil veškeré kriminalistické stopy. Pokud by se ovšem rozhodl sbírat důkazní materiál, tento materiál by bylo velmi těžké pak prosadit u trestního řízení, protože nebyl zaevidován podle příslušných protokolů PČR.

Z uvedených předpokladů a zjištění na začátku této kapitoly jsem se nechal inspirovat pro experimentální část televizní debatou, zaměřenou na téma forenzní biomechanika uvedenou v pořadu Hyde Park civilizace. Jedná se o pořad vysílaný na televizním kanálu ČT24. Hostem debaty byl právě prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc působící na Policejní akademii (dále již PA) České republiky v Praze. Na základě výše uvedeného pořadu jsem se, po konzultaci s vedoucím práce, rozhodl ověřit, ve mě dostupných podmínkách, platnost teorie zaměřenou na predikci výšky osoby podle délky a šířky obuvi a predikci hmotnosti osoby. Za cílovou skupinu jsem si zvolil osoby ve věku 17-41 let.

6.1 Predikce výšky osoby podle délky a šířky obuvi

Problematika predikce výšky osoby podle délky a šířky obuvi a její řešení, bylo již částečně naznačeno v mé bakalářské práci na téma Aplikace biomechaniky v SBS. [12] V bakalářské práci jsem se pokusil provést pouze na ukázkou sérii měření na své osobě. Provedené měření na jedné osobě a získané výsledky nebyly však z pohledu aplikace biomechaniky dostačující, protože z jednoho měření nelze jednoznačně říci, že použitím těchto vzorců, budou výsledky shodné s teorií. Zvolená metoda měření vyžadovala určitá vylepšení, ale jak již bylo řečeno, jednalo se pouze o ukázkou další možné aplikace prezentovaného měření. Ve své diplomové práci jsem se po konzultaci s vedoucím práce rozhodl vhodnějším způsobem techniky měření navázat na bakalářskou práci.

Následná kapitola se tedy bude zabývat ověřením predikce výšky osoby z délky a šířky obuvi a následným vyhodnocením dat získaných při měření na souboru osob různého pohlaví.

Pro predikci výšky osoby bylo osloveno a následně změřeno 30 mužů a 25 žen. Nejdříve bylo potřeba změřit výšku každé osoby. Výška byla měřena na tvrdé rovné podložce. Osoba musela 10krát přistoupit k dřevěnému rozkládacímu metru, který lze vidět na obr. 29. Měření bylo provedeno 10krát z důvodu určení co nejpřesnějších parametrů osoby.



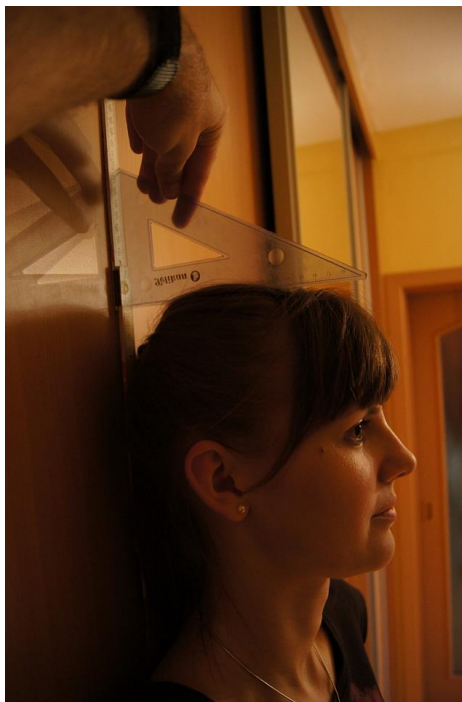
Obr. 29: Dřevěný skládací metr - délka 2m

Metr byl rozložen do maximální délky a postaven u kolmé stěny. Výška osoby V_m byla odečtena pomocí pravoúhlého pravítka, které lze vidět na obr. 30.



Obr. 30: Pravoúhlé pravítko

Princip odečítání hodnot lze vidět na obr. 31. Naměřené hodnoty výšky osoby byly zaneseny do tabulek, které lze vidět v příloze P1 a P2. Z těchto hodnot se určili statistické údaje - průměr, směrodatná odchylka, minimum a maximum naměřených hodnot.



Obr. 31: *Detail měření výšky osoby*

Další parametry, které se měřily, byly šířka boty \check{s}_b a délka boty d_b osoby. Šířka boty byla měřena posuvným měřítkem, které má přesnost měření 0,05 mm. Posuvné měřítko je zobrazeno na obr. 32.



Obr. 32: *Posuvné měřítko – délka 22 cm*

Bota byla opět 10 krát měřena ze spodní strany v nejširším místě podrážky. Princip měření je znázorněn na obr. 34. Veškeré naměřené hodnoty byly opět zaneseny do tabulek v příloze P1 a P2.



Obr. 33: Spodní strana obuvi

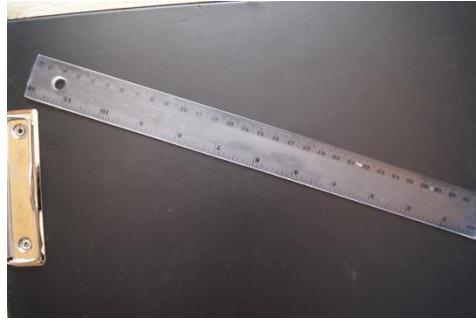


Obr. 34: Detail odečítání šířky obuvi

Posledním parametrem byla délka obuvi. Měření délky obuvi bylo trochu komplikovanější. Pro co nejpřesnější měření bylo použito více měřících nástrojů naráz. Délka boty byla měřena navíjecím metrem, který lze vidět na obr. 35 a odečítána za pomoci 30 centimetrového pravítka, které lze vidět na obr. 36.



Obr. 35: Navíjecí metr - délka 3m



Obr. 36: 30 centimetrové pravítko

Dlouhé 30 centimetrové pravítko bylo přiloženo kolmo k navijecímu metru tak, aby se dotýkalo špičky boty. Pro lepší přesnost byla pod botu vložena tvrdá podložka. Princip odčítání délky je zobrazen na obr. 37.



Obr. 37: Detail odečítání délky obuvi

Délka boty byla změřena 10krát a veškeré údaje byly opět zaneseny do tabulek v příloze P1 a P2. V následující tabulce 2 lze vidět naměřené a vypočítané hodnoty jedné osoby. Tato tabulka je součástí přílohy P1.

Osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M30	1	188,80	11,44	31,60	186,35	2,45
	2	187,60	11,52	31,30	185,92	1,68
	3	187,90	11,39	31,10	184,84	3,06
	4	188,50	11,58	31,40	186,43	2,07
	5	188,30	11,49	31,50	186,31	1,99
	6	188,40	11,46	31,20	185,40	3,00
	7	188,10	11,43	31,20	185,27	2,83
	8	188,50	11,38	31,50	185,83	2,67
	9	188,70	11,51	31,60	186,65	2,05
	10	187,90	11,52	31,30	185,92	1,98
Průměr		188,27	11,47	31,37	185,89	2,38
σ		0,37	0,06	0,17	0,55	0,46
Min		187,60	11,38	31,10	184,84	1,68
Max		188,80	11,58	31,60	186,65	3,06

Tabulka 2: Naměřené a vypočtené hodnoty jedné osoby

V tabulce 2 lze vidět tyto naměřené hodnoty: V_m - změřená výška osoby, \check{s}_b - šířka boty osoby, d_b - délka boty osoby. Prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc ve svých publikacích uvádí následující vzorec, jímž lze vypočítat tělesnou výšku s odchylkou 4 cm [1]:

$$V_v = 2,6 \times \text{délka obuvi} (d_b) + 4,3 \times \text{šířka obuvi} (\check{s}_b) + 55 \quad [\text{cm}] \quad (28)$$

Do výše uvedeného vzorce 28 byly dosazeny vždy průměrné hodnoty všech naměřených osob. Zde je uvedený příklad výpočtu výšky u osoby M30 z tabulky 2.

$$V_v = 2,6 \cdot 31,37 + 4,3 \cdot 11,47 = 185,89 \text{ cm}$$

Odchylka o_v se vypočítá takto:

$$o_v = V_m - V_v \quad [\text{cm}] \quad (29)$$

Výpočet odchylky o_v se počítá z průměrné naměřené a vypočítané výšky. Pro osobu M30 z tabulky 2 je pak příklad výpočtu zde:

$$o_v = 188,27 - 185,89 = 2,38 \text{ cm}$$

Podle těchto vzorců jsou dopočítány všechny hodnoty v jednotlivých tabulkách, které lze najít v příloze P1 a P2. Jedná se tedy o V_v - vypočítanou výšku osoby a o_v - odchylku výšky. V tabulce 2 jsou také uvedeny statistické údaje - minimální, maximální a průměrné hodnoty a σ značí směrodatnou odchylku.

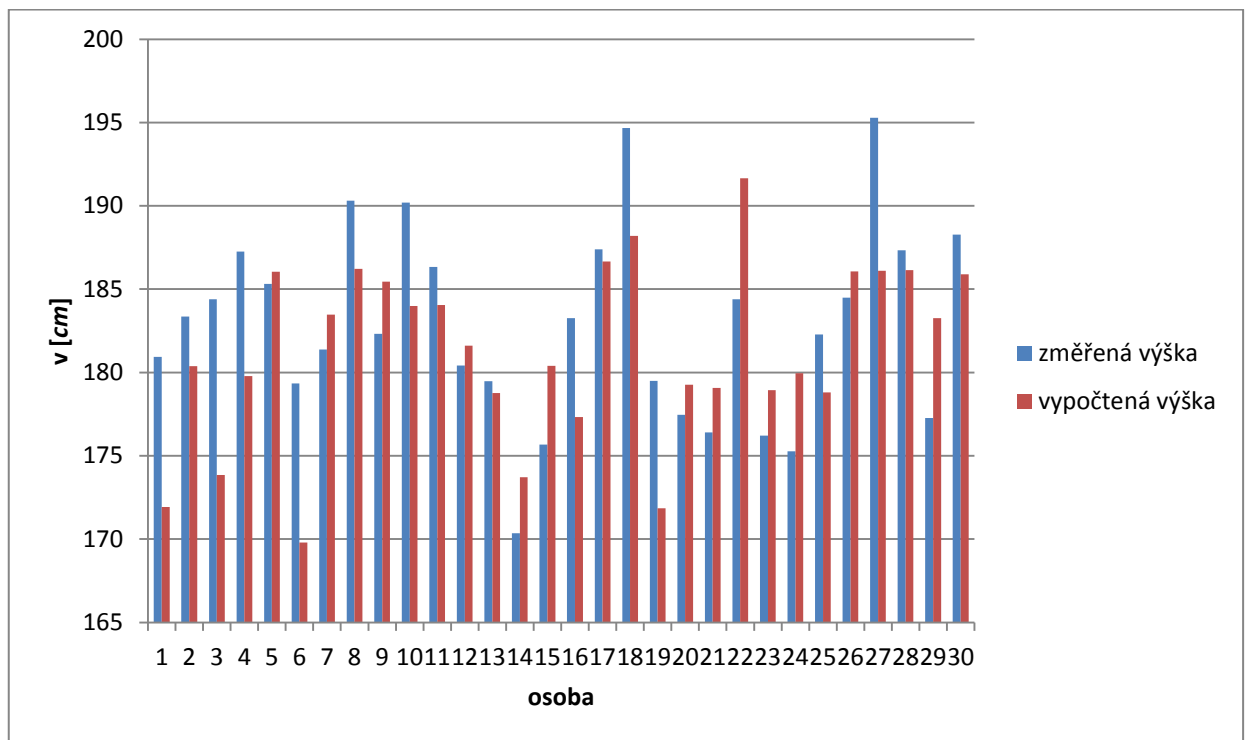
V následující tabulce 3 lze vidět veškeré průměrné hodnoty všech parametrů u souboru 30 mužů. Tyto hodnoty jsou zvýrazněny ve všech 30 tabulkách, které jsou součástí přílohy P1.

osoba	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
1	180,94	9,97	28,48	171,92	9,02
2	183,35	11,11	29,84	180,37	2,98
3	184,39	9,72	29,63	173,85	10,54
4	187,25	10,55	30,55	179,78	7,47
5	185,32	12,23	30,17	186,04	-0,72
6	179,34	10,52	26,75	169,79	9,55
7	181,37	11,55	30,30	183,46	-2,09
8	190,31	11,42	31,58	186,23	4,08
9	182,32	11,47	31,20	185,46	-3,14
10	190,20	11,07	31,30	183,98	6,22
11	186,33	10,51	32,25	184,04	2,29
12	180,41	11,19	30,19	181,61	-1,20
13	179,47	10,52	30,20	178,76	0,71
14	170,35	10,34	28,56	173,71	-3,36
15	175,67	10,83	30,32	180,41	-4,74
16	183,26	10,55	29,60	177,33	5,93
17	187,38	11,25	32,04	186,66	0,72
18	194,67	11,44	32,31	188,20	6,47
19	179,50	9,83	28,69	171,84	7,66
20	177,46	11,07	29,49	179,27	-1,81
21	176,41	10,40	30,51	179,06	-2,65
22	184,39	12,24	32,32	191,66	-7,27
23	176,21	10,32	30,60	178,93	-2,72
24	175,26	12,12	28,01	179,95	-4,69
25	182,27	10,42	30,39	178,81	3,46
26	184,49	10,98	32,25	186,07	-1,58
27	195,29	11,11	32,05	186,10	9,19
28	187,34	11,56	31,32	186,14	1,20
29	177,26	11,31	30,63	183,26	-6,00
30	188,27	11,47	31,37	185,89	2,38
Min	170,35	9,72	26,75	169,79	-7,27
Max	195,29	12,24	32,32	191,66	10,54

Tabulka 3: Průměrné hodnoty 30 mužů

Opět jsou zde uvedeny i minimální a maximální hodnoty.

Na následujícím grafu 1 lze pak graficky vidět rozdíl mezi změřenou a vypočítanou výškou, neboli odchylku výšek σ_v .



Graf 1: Rozdíl naměřené a vypočítané výšky u 30 mužů

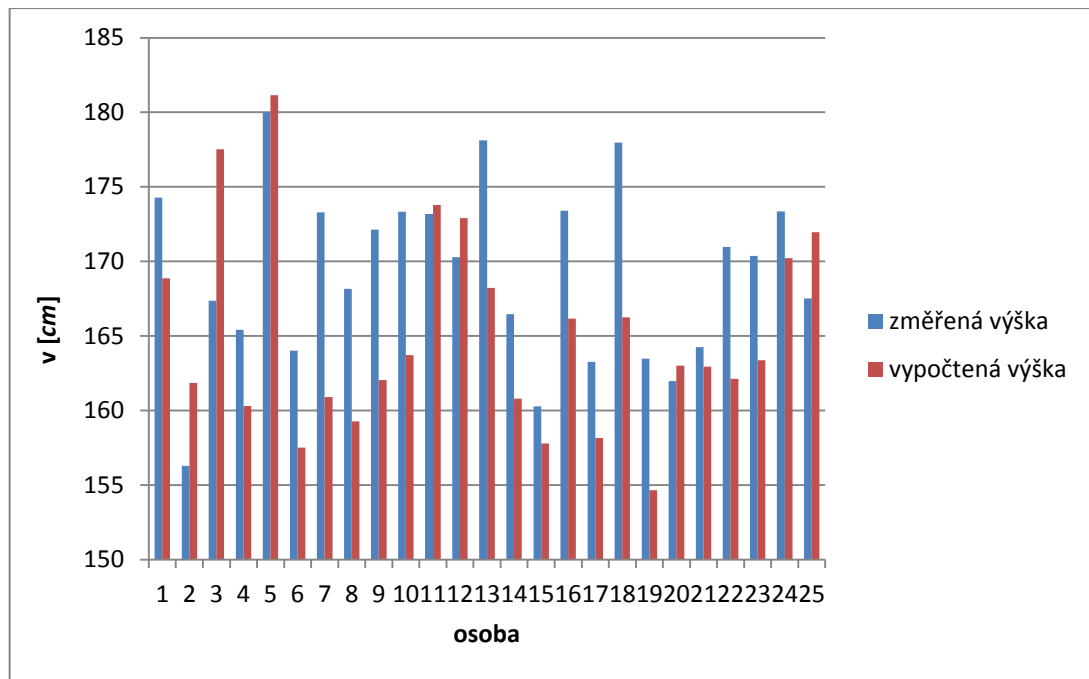
Jelikož vzorec pro predikci výšky z rozměrů obuvi je stejný jak pro soubor mužů, tak pro soubor žen, měření ženské obuvi probíhalo úplně identicky a hodnoty byly opět vloženy do tabulek, které jsou součástí přílohy P2. Popis tabulek je stejný jako u souboru mužů. Výslednou tabulku průměrných hodnot žen lze vidět v následující tabulce 4., včetně minimálních a maximálních hodnot.

osoba	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
1	174,28	9,95	27,35	168,87	5,41
2	156,29	8,94	26,32	161,86	-5,57
3	167,37	10,44	29,86	177,53	-10,16
4	165,41	8,50	26,45	160,31	5,10
5	179,99	11,32	29,79	181,14	-1,15
6	164,02	8,50	25,37	157,52	6,50
7	173,29	9,50	25,02	160,91	12,38
8	168,15	8,58	25,91	159,27	8,88
9	172,12	8,51	27,09	162,04	10,08
10	173,33	8,49	27,77	163,71	9,62
11	173,18	9,96	29,21	173,77	-0,59
12	170,29	10,78	27,51	172,89	-2,60
13	178,12	9,63	27,62	168,23	9,89
14	166,47	8,57	26,52	160,79	5,68
15	160,29	8,62	25,28	157,79	2,50
16	173,39	9,18	27,58	166,16	7,23
17	163,27	8,50	25,62	158,15	5,12
18	177,96	9,50	27,08	166,25	11,71
19	163,47	7,71	25,58	154,66	8,81
20	161,98	9,16	26,39	163,01	-1,03
21	164,25	9,15	26,38	162,94	1,31
22	170,97	8,14	27,75	162,13	8,84
23	170,38	9,08	26,66	163,38	7,00
24	173,36	10,09	27,63	170,21	3,15
25	167,51	10,17	28,17	171,95	-4,44
Min	156,29	7,71	25,02	154,66	-10,16
Max	179,99	11,32	29,86	181,14	12,38

Tabulka 4: Průměrné hodnoty 25 žen

Tato tabulka 4 je opět složena ze všech průměrných hodnot souboru 25 žen a všechny tabulky se zvýrazněnými průměry hodnot lze najít v příloze P2.

Opět lze opticky vidět rozdíl výšek na následujícím grafu 2.



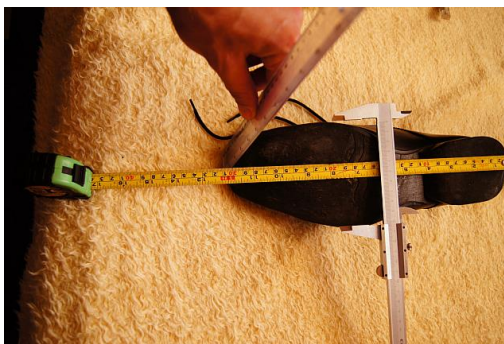
Graf 2: Rozdíl změřené a vypočítané výšky u 25 žen

Při těchto měřeních jsem narazil na skutečnost, že různé osoby měli velmi podobné údaje naměřené výšky, ale také velmi různé rozměry obuvi. Na základě tohoto zjištění jsem se rozhodl otestovat soubor 6 pravých bot jedné osoby. Měřené boty měli výrobcem udávanou velikost 44. Boty jsem volil od různých výrobců a pro různé účely. Jednalo se o běžné vycházkové boty, sálové boty, sportovní a plesové boty. V příloze P3 lze najít naměřené hodnoty všech botou. Boty jsou číslovány zleva doprava. Měření proběhlo na souboru 6 druhů obuvi, vždy na pravé botě. Soubor bot lze vidět na následujícím obrázku 38. Úplně vlevo lze vidět pravou botu č. 1 a úplně vpravo je pak pravá bota č. 6.



Obr. 38: Soubor 6 pravých bot jedné osoby

Postup odečítání šířky a délky obuvi byl stejný, jako v předešlém měření viz obr. 39.



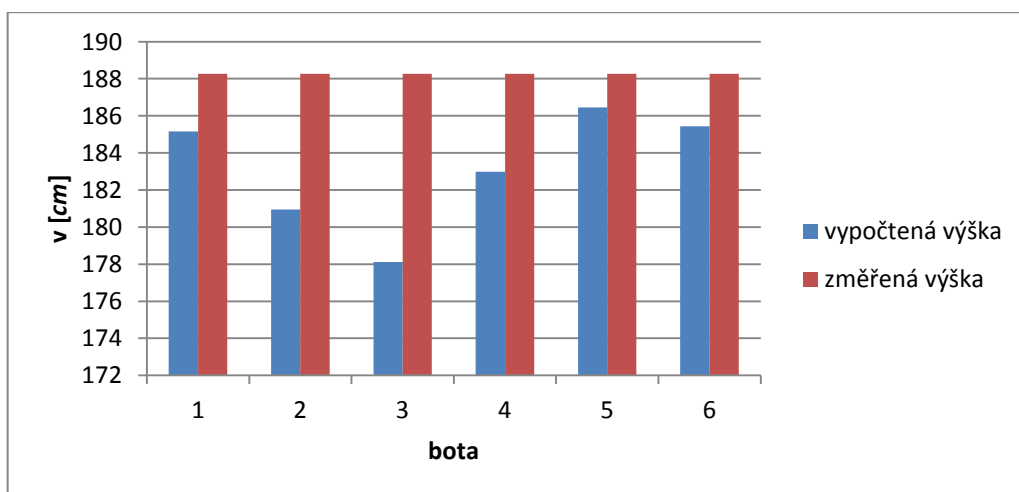
Obr. 39: Detail odečítání parametrů obuvi

Veškeré změřené hodnoty byly uvedeny do tabulek, které jsou opět součástí přílohy P3. Z těchto tabulek, byly výsledné průměrné hodnoty vloženy do jedné tabulky č. 5. V tabulce č. 5 jsou uvedeny i minimální a maximální hodnoty 6 bot jedné osoby.

bota	\bar{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	V_m [cm]	o_v [cm]
1	11,05	31,79	185,16	188,27	3,11
2	10,60	30,91	180,95	188,27	7,32
3	9,86	31,05	178,11	188,27	10,16
4	10,87	31,25	182,99	188,27	5,28
5	11,39	31,72	186,46	188,27	1,81
6	11,17	31,70	185,44	188,27	2,83
Min	9,86	30,91	178,11	188,27	1,81
Max	11,39	31,79	186,46	188,27	10,16

Tabulka 5: Průměrné hodnoty 6 druhů bot

Rozdíl změřené a vypočtené výšky lze vidět na následujícím grafu 3.



Graf 3: Rozdíl vypočtené a změřené výšky u jednotlivých bot

6.2 Predikce hmotnosti osoby na základě plantogramu bosé nohy

Druhou část praktické části tvoří měření, které se zabývá predikcí hmotnosti z plantogramu bosé nohy. Zde jsem opět, oproti bakalářské práci, měření provedl na více osobách, přesněji na souboru 15 mužů a 12 žen. Získání plantogramu a měření parametrů bylo o poznání složitější než předcházející měření. Měření hmotnosti mužů nebyl problém, u žen byl spíše psychický blok si stoupnout na osobní váhu, ale naštěstí se podařilo 12 žen přemluvit k měření. K měření hmotnosti osoby byla použita osobní digitální váha. Před samostatným měřením byl proveden test digitální váhy. Na váhu byly položeny 1kg balíčky cukru. Na pravém obrázku jsou položeny 2 balíčky tedy 2kg, uprostřed 3kg a úplně vlevo 4kg cukru, viz následující obrázek 40. Osobní digitální váha dokázala měřit s citlivostí 0,5kg.



Obr. 40: Testování přesnosti váhy

Měření hmotnosti jednotlivých osob probíhalo na tvrdé podložce. Měřená osoba na sobě měla běžné oblečení. Měřená osoba 10 vstoupila na osobní váhu, a jednotlivé údaje byly vloženy do tabulek, které jsou opět součástí přílohy P4 a P5. Na následujícím obrázku 41 lze vidět ukázkou měření hmotnosti muže.



Obr. 41: Ukázkové měření hmotnosti muže

Dále bylo zapotřebí vytvořit plantogram bosé nohy. V bakalářské práci byla použita inteligentní plastelína, která vytvořila plastický otisk plantogramu. Nevýhodou takto vytvořeného plantogramu bylo to, že odčítání rozměrů se zkreslovalo. Právě z tohoto

důvodu, jsem se rozhodl, v této práci použít potravinářské barvivo červené barvy, viz obr. 42.



Obr. 42: Potravinářské barvivo

Potravinářské barvivo má oproti inteligentní plastelině výhodu, že otisk chodidla je plochý a tím pádem lépe měřitelný. Potravinářské barvivo bylo nejprve smícháno s malým množstvím vody a následně bylo přelito do nachystané nádoby. Rozměry nádoby byly 20 x 38 x 5 cm a výška hladiny připraveného barviva byla přibližně 2cm. Tato výška hladiny byla dostačující nato, aby se celé chodidlo ze spodní strany obarvilo a přitom nebylo zbytečně obarveno z vrchní strany. Rozměry nádoby zvoleny tak, aby byly dostačující pro měření různých velikostí nohou. Nádoba byla použita z plastového materiálu a to z bezpečnostních důvodů. Pokud by byla skleněná nebo železná, mohlo by dojít k poranění při měření osob.

Na následujícím obrázku 43 lze vidět nádobu s připraveným červeným barvivem. Červené barvivo je dobře kontrastní na bílém papíru.



Obr. 43: Nádoba s potravinářským barvivem

Získání plantogramu probíhalo následovně. Nejdříve si měřená osoba musela očistit nečistoty ze spodní strany chodidla. Následně chodidlem volně vkročila do nádoby a provedla došlap celou vahou na chodidlo v nádobě. Tento postup je znázorněn na obrázku 44.



Obr. 44: *Namočení mužského chodidla do barviva*

Na obrázku 45 lze zřetelně vidět obarvená část chodidla.



Obr. 45: *Detail mužského obarveného chodidla*

Poté co přebytečná barva z chodidla odtekla zpět do nádoby, osoba provedla došlap chodidlem na čistý bílý papír formátu A4 a opět bylo důležité přenést celou váhu na obarvené chodidlo. Tato situace je znázorněna na obrázku 46. Každá osoba takto vytvořila 10 plantogramů pravé nohy.



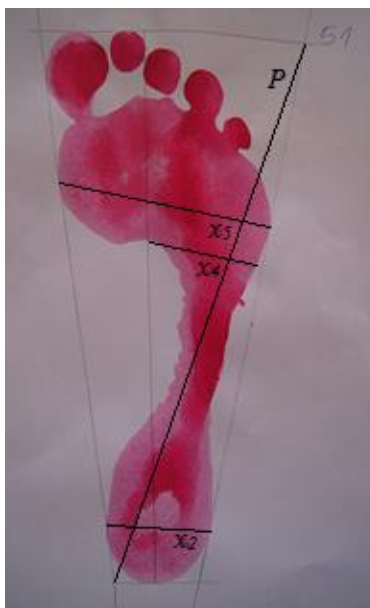
Obr. 46: Došlap mužského chodidla na bílý papír

Výsledný plantogram bosé nohy pak vypadal jako na obrázku 47.



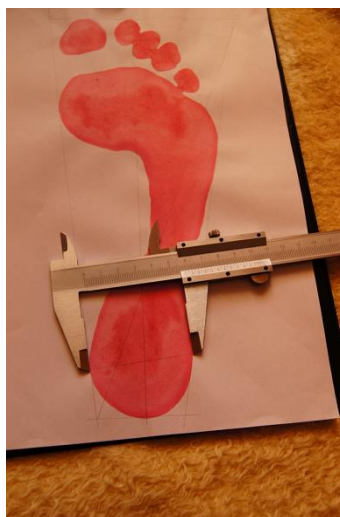
Obr. 47: Ukázka vytvořeného plantogramu

Na takto vytvořeném plantogramu se vytvořily přímky, podle kterých se měřily parametry potřebné k predikci hmotnosti. Tyto přímky jsem vytvořil na základě obrázku uvedeném v publikaci prof. PhDr. Jiřího Strause, DrSc.[1.] Tyto vytvořené přímky a parametry jsou znázorněny na následujícím obrázku 48.



Obr. 48: *Vyznačené měřené parametry ženského plantogramu*

P je úhlopříčka sestavená v lichoběžníku vzniklém z pravé a levé tečny plantogramu a tečny paty a prstů, x_2 vyjadřuje šířku paty, x_4 je hodnota parametru, která je velmi závislá na kvalitě plantogramu, x_5 vyjadřuje šířku přední části chodidla. Parametry x_2 , x_4 , x_5 byly měřeny pro větší přesnost posuvným měřítkem. Na následujícím obrázku jde vidět měření parametru x_2 .



Obr. 49: *Detail měření parametru x_2*

Na obrázku 50 lze vidět postup měření parametru x_4 .



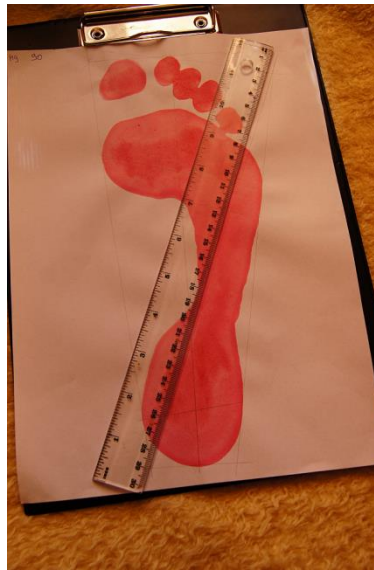
Obr. 50: Detail měření parametru x_4

Měření posledního parametru x_5 je znázorněno na obrázku 51.



Obr. 51: Detail měření parametru x_5

Parametr P byl měřen 30 centimetrovým pravítkem, protože šlo o velikost větší než 22 cm a pro tento rozměr už posuvné měřítko nestačilo. Princip měření je znázorněn na obrázku 55.

Obr. 52: Detail měření parametru P

Veškeré parametry byly změřeny stejnou metodou jak pro soubor mužů, tak pro soubor žen a vloženy do příslušných tabulek, které lze najít v příloze P4 a P5. Tabulky pro soubor mužů i pro soubor žen mají stejný popis. Tabulka jedné osoby, pak vypadala následovně, viz tabulka 6. V tabulce 6 jsou uvedeny změřené rozměrové parametry P , x_2 , x_4 , x_5 . Změřená hmotnost osoby na digitální osobní váze je označena symbolem h_m .

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M1	1	76,00	28,20	5,38	4,85	9,83	74,27	1,73
	2	76,00	28,30	5,31	4,88	9,89	73,93	2,08
	3	76,00	28,20	5,33	4,82	9,85	73,75	2,26
	4	75,50	28,20	5,36	4,81	9,86	74,08	1,42
	5	76,00	28,30	5,41	4,87	9,81	74,78	1,22
	6	76,00	28,10	5,38	4,86	9,83	74,07	1,93
	7	75,50	28,10	5,34	4,88	9,82	73,64	1,86
	8	76,00	28,10	5,35	4,91	9,85	73,87	2,13
	9	75,50	28,20	5,31	4,87	9,84	73,57	1,93
	10	76,00	28,20	5,33	4,88	9,83	73,77	2,23
průměr		75,85	28,19	5,35	4,86	9,84	73,97	1,88
σ		0,23	0,07	0,03	0,03	0,02	0,34	0,32
Min		75,50	28,10	5,31	4,81	9,81	73,57	1,22
Max		76,00	28,30	5,41	4,91	9,89	74,78	2,26

Tabulka 6: Naměřené a vypočítané parametry jednoho muže

Pro výpočet hmotnosti osoby jsem zvolil přesnější vzorec, ke kterému došel prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc ve svém výzkumu. S těmito vzorci lze údajně dosáhnout přesnosti predikce hmotnosti až $\pm 2kg$.

Pro soubor mužů platí k predikci přesnější hmotnosti následující vzorec [1]:

$$h_v = 2,1P + 10,8x_2 + 1,3x_4 + 2,7x_5 - 75,9 \text{ [kg]} \quad (30)$$

Do tohoto vzorce byly dosazeny průměrné hodnoty všech parametrů mužů z tabulek, které jsou v příloze P4. Po dosazení všech parametrů do vzorce lze vypočítat hmotnost osoby (muže) h_v . Příklad výpočtu predikce hmotnosti muže z tabulky 6 je uveden zde:

$$h_v = 2,1 \cdot 28,19 + 10,8 \cdot 5,35 + 1,3 \cdot 4,86 + 2,7 \cdot 9,84 - 75,9 = 73,97 \text{ kg}$$

Odchylka hmotnosti o_h pak vyjadřuje rozdíl naměřené hmotnosti a vypočítané hmotnosti.

$$o_h = h_m - h_v \text{ [kg]} \quad (31)$$

Po dosazení do vzorce 31 údaje z tabulky 6 vyjde o_h následovně:

$$o_h = 75,85 - 73,97 = 1,88 \text{ kg}$$

V tabulce 6 také lze opět najít statistické údaje - minimální, maximální a průměrné hodnoty všech parametrů a hmotností a také směrodatnou odchylku σ .

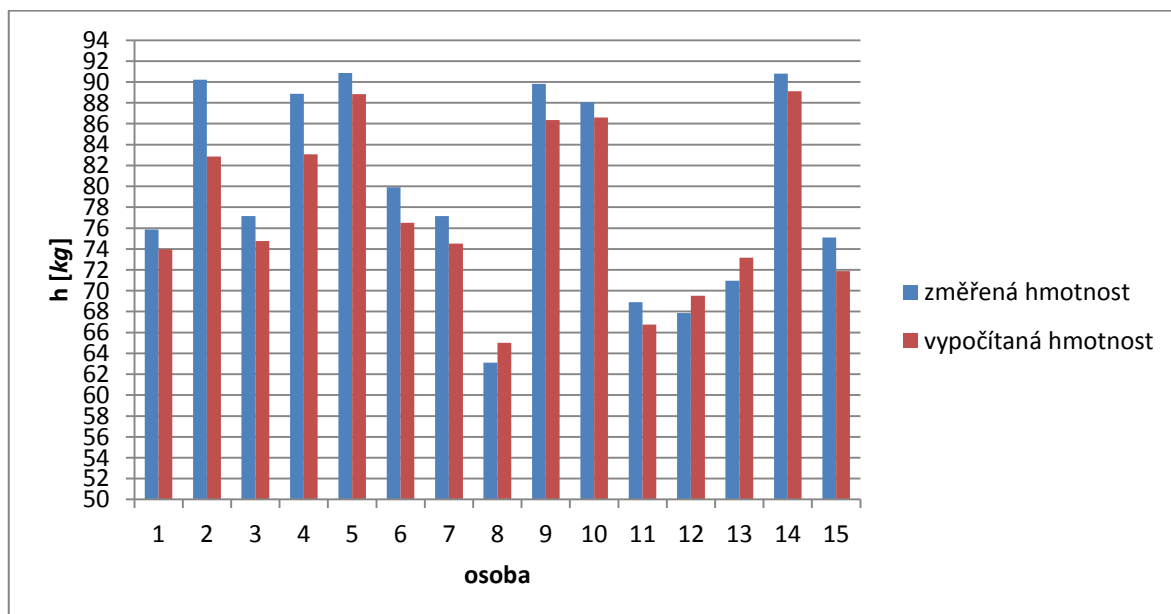
Veškeré průměrné hodnoty všech mužů jsou zobrazeny v celkové tabulce 7. Jednotlivé tabulky všech měřených mužů lze najít v příloze P4.

osoba	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
1	75,85	28,19	5,35	4,86	9,84	73,97	1,88
2	90,20	28,23	5,79	6,11	10,74	82,86	7,34
3	77,15	25,06	5,62	5,43	11,20	74,77	2,38
4	88,85	29,17	5,63	6,12	10,72	83,07	5,78
5	90,85	31,19	5,93	5,62	10,32	88,84	2,01
6	79,90	27,51	5,44	6,73	10,04	76,50	3,40
7	77,15	25,63	5,68	6,13	10,11	74,51	2,64
8	63,10	26,20	5,04	4,63	9,42	65,01	-1,91
9	89,80	29,20	6,03	5,13	10,80	86,34	3,46
10	88,05	31,29	5,73	5,02	10,52	86,60	1,45
11	68,90	26,79	4,92	5,37	9,74	66,75	2,15
12	67,85	24,43	5,64	5,30	9,74	69,53	-1,68
13	70,95	27,10	5,52	5,47	9,44	73,18	-2,23
14	90,80	28,82	6,24	6,55	10,57	89,12	1,68
15	75,10	27,81	5,32	4,73	9,53	71,86	3,24
Min	63,10	24,43	4,92	4,63	9,42	65,01	-2,23
Max	90,85	31,29	6,24	6,73	11,20	89,12	7,34

Tabulka 7: Průměrné hodnoty parametrů 15 mužů

V tabulce 7 lze vidět i minimální a maximální hodnoty všech parametrů.

Graficky je pak odchylka naměřené a vypočítané hmotnosti mužů znázorněna na grafu 4.



Graf 4: Rozdíl změřené a vypočtené hmotnosti 15 mužů

Pro soubor žen pak platí k predikci přesnější hmotnosti následující vzorec[1] :

$$h_v = 1,9P + 2,8x_2 + 1,4x_4 + 4,2x_5 - 37,4 \text{ [kg]} \quad (32)$$

V tabulce 8 pak lze vidět všechny naměřené a vypočítané hodnoty u plantogramu bosé nohy ženy.

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž1	1	52,00	23,10	4,04	3,84	7,71	55,56	-3,56
	2	52,00	23,18	4,00	3,82	7,73	55,66	-3,66
	3	52,00	23,14	4,02	3,82	7,70	55,51	-3,51
	4	51,50	23,15	4,03	3,81	7,72	55,63	-4,13
	5	52,00	23,17	4,05	3,80	7,71	55,67	-3,67
	6	51,50	23,19	4,07	3,85	7,74	55,96	-4,46
	7	52,00	23,15	4,04	3,84	7,75	55,82	-3,82
	8	52,00	23,11	4,08	3,81	7,72	55,69	-3,69
	9	52,00	23,12	4,07	3,82	7,70	55,61	-3,61
	10	51,50	23,11	4,03	3,81	7,71	55,51	-4,01
průměr		51,85	23,14	4,04	3,82	7,72	55,66	-3,81
σ		0,23	0,03	0,02	0,02	0,02	0,13	0,28
Min		51,50	23,10	4,00	3,80	7,70	55,51	-4,46
Max		52,00	23,19	4,08	3,85	7,75	55,96	-3,51

Tabulka 8: Naměřené a vypočítané parametry jedné ženy

Po dosazení všech parametrů z tabulky 8, do výše uvedeného vzorce 32, lze vypočítat hmotnost osoby (ženy) h_v .

Příklad výpočtu predikce hmotnosti ženy je uveden zde:

$$h_v = 1,9 \cdot 23,14 + 2,8 \cdot 4,04 + 1,4 \cdot 3,82 + 4,2 \cdot 7,72 - 37,4 = 55,66 \text{ kg}$$

Stejně jako v předcházející tabulce je odchylka hmotnosti značena o_h . Její výpočet je stejný jako u souboru mužů, viz vzorec 31.

$$o_h = h_m - h_v \text{ [kg]} \quad (31)$$

Po dosazení do rovnice údaje z tabulky 8 vyjde o_h následovně:

$$o_h = 51,85 - 55,66 = -3,81 \text{ kg}$$

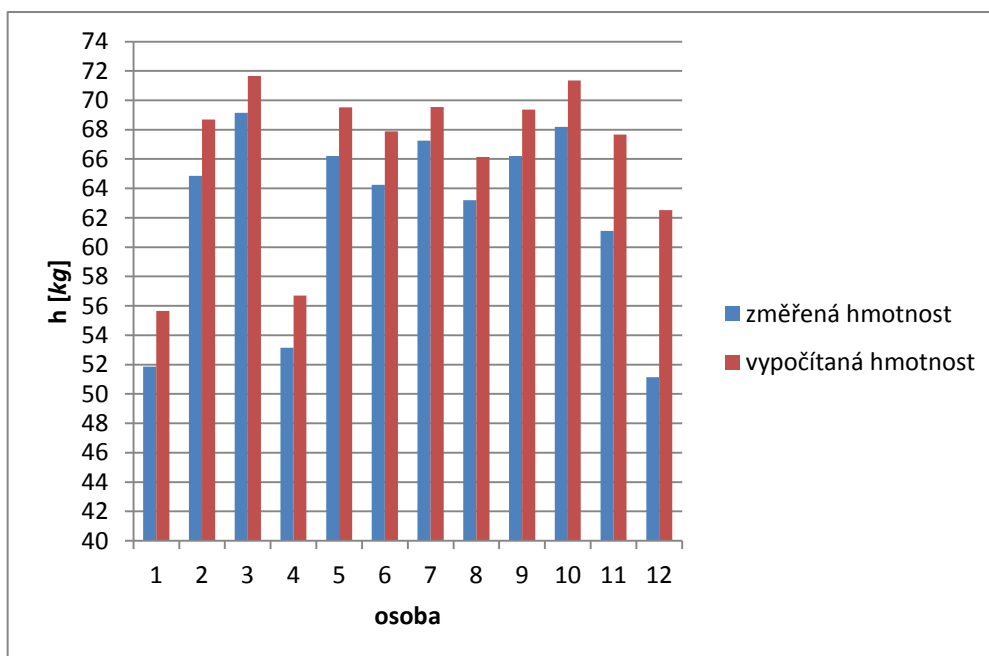
Veškeré průměrné hodnoty všech žen jsou zobrazeny v celkové tabulce 9.

osoba	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
1	51,85	23,14	4,04	3,82	7,72	55,66	-3,81
2	64,85	24,62	5,12	4,20	9,31	68,70	-3,85
3	69,15	24,79	5,15	4,61	9,78	71,65	-2,50
4	53,15	23,33	4,59	3,47	7,64	56,71	-3,56
5	66,20	24,53	5,48	4,22	9,30	69,53	-3,33
6	64,25	24,62	4,97	4,46	9,13	67,89	-3,64
7	67,25	24,20	5,23	5,32	9,25	69,54	-2,29
8	63,20	24,22	4,85	4,53	8,96	66,13	-2,93
9	66,20	24,35	5,10	4,73	9,43	69,38	-3,18
10	68,20	25,43	4,85	4,25	9,74	71,36	-3,16
11	61,10	25,74	4,25	4,44	9,06	67,67	-6,57
12	51,15	23,77	4,25	3,92	8,90	62,52	-11,37
Min	51,15	23,14	4,04	3,47	7,64	55,66	-11,37
Max	69,15	25,74	5,48	5,32	9,78	71,65	-2,29

Tabulka 9: Průměrné hodnoty parametrů 12 žen

V tabulce 9 lze vidět i minimální a maximální hodnoty všech parametrů. Všechny tabulky, ze kterých byly brány data průměrných hodnot, lze vidět v příloze P5.

Graficky je pak odchylka naměřené a vypočítané hmotnosti žen znázorněna na grafu 5.



Graf 5: Rozdíl změřené a vypočtené hmotnosti 12 žen

7 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

V této kapitole diplomové práce jsou shrnuty výsledky z provedených sérií měření. Měření bylo zaměřeno na predikci výšky z rozměrů obuvi a na predikci hmotnosti z rozměrů plantogramu bosé nohy. Díky tomu, že se nepodařilo navázat kontakt a spolupráce s žádnou biomechanickou laboratoří, bylo měření prováděno pouze v běžně dostupných podmínkách a s běžně dostupným materiálem. První měření mělo dokázat přesnost výpočtu výšky z délky a šířky boty obuvi. Toto měření bylo rozděleno zvláště na soubor 30 mužů a 25 žen. Dílčím cílem, který vyplynul ze samotného měření, bylo zjistit, zda je přesnější výpočet pro soubor mužů nebo pro soubor žen. Každé osobě byly měřeny všechny údaje 10krát, z důvodů určení přesnějších reálných hodnot. Data z těchto měření jsou součástí přílohy P1 a P2. Tato data byla dále statisticky zpracována a zvýraznil jsem ve všech tabulkách v příloze P1-P5 průměrné hodnoty, protože s těmito průměrnými hodnotami se dále pracovalo. Průměr změřené výšky byl pak porovnán s průměrem vypočítané výšky. U souboru mužů, jak je patrné ze zjištěných dat, byla nejmenší záporná odchylka výšky o_v $-0,72\text{ cm}$ a největší záporná odchylka o_v byla $-7,27\text{ cm}$. Dále pak nejmenší kladná odchylka výšky o_v byla $+0,71\text{ cm}$ a největší kladná odchylka výšky o_v byla $+10,54\text{ cm}$. Tyto údaje lze vyčíst z tabulky 3. Pokud se, ale v absolutní hodnotě zprůměrují všechny odchylky výšek o_v , vyjde přesnost vzorce pro těchto 30 mužů $\pm 4,39\text{ cm}$. U souboru 25 žen pak z naměřených dat vyplynula nejmenší záporná odchylka výšky o_v $-0,59\text{ cm}$ a největší záporná odchylka výšky o_v vyšla $-10,15\text{ cm}$. Naopak největší kladná odchylka výšky o_v byla $+12,38\text{ cm}$ a nejmenší kladná odchylka výšky o_v byla $+1,31\text{ cm}$. Tyto údaje lze vyčíst z tabulky 4. Pokud vypočteme opět průměr absolutních hodnot odchylky výšky o_v , byla přesnost vzorce pro soubor 25 měřených žen $\pm 4,30\text{ cm}$. Prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc uvádí v jeho publikacích přesnost vzorců $\pm 4\text{ cm}$. Výsledkem měření bylo dokázáno, že pokud je k dispozici větší počet vzorků a vytvoříme průměr všech odchylek v absolutní hodnotě, vyjde průměrná odchylka výšek u 30 mužů $\pm 4,39\text{ cm}$ a u žen $\pm 4,30\text{ cm}$. V tomto měření tedy nelze jednoznačně určit, zda je přesnější vzorec pro soubor mužů či žen. Pokud by se ale vzorec aplikoval pouze na jednu podezřelou osobu, nešlo by jednoznačně určit tímto způsobem přesnost predikované výšky, neboť maximální odchylky výšky o_v byly u souboru mužů i žen, větší jak 10 cm . K této problematice jsem provedl ještě doplňkové měření obuvi u jedné osoby. Tímto měřením jsem chtěl dokázat, že i obuv jedné velikosti může mít různé rozměry podrážky a tím pádem není jednoduché predikovat výšku jen na základě velikosti obuvi, respektive z rozměrů boty. Při tomto měření se

zkoumal soubor 6 pravých bot jedné osoby. Soubor bot patřil osobě M30 a proto jsem porovnával změřenou výšku osoby M30, která je uvedena v tabulce 2, s vypočítanou výškou jednotlivých bot. Minimální odchylka výšky o_v byla $+1,81 \text{ cm}$ a maximální odchylka o_v byla $+10,16 \text{ cm}$, což lze vidět i na grafu 3. Díky těmto výsledkům lze jasně říci, že každý typ podrážky má jiné rozměry a proto bych rozhodně tento vzorec nedoporučoval pro přesnější predikci pachatele.

V rámci praktické části byla také řešena predikce hmotnosti pachatele z parametrů bosého chodidla neboli plantogramu. Toto měření bylo časově náročnější než to předešlé. U souboru 15 mužů nebyl problém měřit hmotnost osoby, ale naopak u souboru žen byl velký problém, protože většina oslovených žen vážení odmítla. Z těchto důvodů nakonec bylo měřeno jen 15 mužů a 12 žen. Každé osobě byly měřeny všechny údaje 10krát, z důvodů určení přesnějších reálných hodnot a všechny tyto údaje lze najít v příloze P4 a P5. U souboru 15 mužů byly měřením zjištěny tyto hodnoty. Minimální záporná odchylka hmotnosti o_h byla $-1,68 \text{ kg}$, maximální záporná odchylka hmotnosti o_h byla $-2,33 \text{ kg}$. Naopak maximální kladná odchylka hmotnosti o_h byla $+7,34 \text{ kg}$ a minimální kladná odchylka hmotnosti o_h byla $+1,45 \text{ kg}$, tyto hodnoty lze najít v tabulce 7. U souboru 15 mužů pak vyšel průměr absolutních hodnot odchylky hmotnosti $\pm 2,88 \text{ kg}$. Prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc ve svých publikacích uvádí vzorec pro soubor mužů, díky kterému lze dosáhnout přesnost predikce $\pm 2 \text{ kg}$. Pokud bychom brali pouze průměrnou hodnotu absolutních odchylek souboru 15 mužů, tak bychom se přiblížili k jeho výsledkům. Největší nepřesnost měření, dle mého názoru, sehrál fakt, že jsem postupoval při odečítání hodnot plantogramu pouze podle obrázku z publikace. Další vliv na nepřesnost mohla mít metoda pořízení plantogramu, protože barvivo mohlo zatéct při došlapu i na místo, kde už nebyla došlapová část chodidla. V laboratorních podmínkách, by se dal plantogram měřit elektronicky, měření by bylo nejen přesnější, ale i výrazně rychlejší.

U souboru 12 žen byly naměřeny stejným způsobem tyto data. Největší záporná odchylka hmotnosti o_h byla $-11,37 \text{ kg}$ a nejmenší záporná odchylka hmotnosti o_h byla $-2,29 \text{ kg}$, tyto hodnoty lze najít v tabulce 9. U souboru žen při predikci váhy nenastala kladná odchylky hmotnosti, tzn., že vypočítaná hmotnost žen byla vždy větší než změřená hmotnost žen. Průměr absolutních hodnot odchylky hmotnosti byl u souboru 12 žen $\pm 4,18 \text{ kg}$. Zde opět měla platit přesnost predikce podle teorie $\pm 2 \text{ kg}$. Díky výsledku lze říci, že nejbliže byla predikce při minimální záporné odchylce hmotnosti $o_h -2,29 \text{ kg}$. Pokud bychom tedy srovnali přesnost výpočtu na základě průměru absolutních hodnot odchylek hmotnosti,

došli bychom k závěru, že vzorec pro predikci hmotnost mužů je přesnější, ale ani ten není natolik přesný, abychom mohli tento vzorec aplikovat v běžně dostupných podmínkách při predikci hmotnosti pachatele. Závěrem jde tedy říci, že vzorce mají určitou spojitost s predikcí výšky a hmotnosti, ale aby byly přesné, jak udává prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc, museli bychom měření provádět v laboratoři. S běžně dostupným vybavením nebylo možné dosáhnout takovou přesnost výsledků, jak je uváděno v literatuře.

ZÁVĚR

Forenzní biomechanika má velmi dobře teoreticky zpracované biomechanické vlastnosti člověka a díky tomu je jen otázka času, kdy se podaří všechny tyto poznatky aplikovat do běžné kriminalistické praxe. Dnes už dokážeme s velkou pravděpodobností říci, zda osoba z okna vypadla vlastním nebo cizím zaviněním. Identifikovat osobu podle chůze a rozpoznat fragmentace lebky v závislosti s biomechanickými vlastnostmi lebky. V některých případech, díky forenzní biomechanice, naopak můžeme s velkou pravděpodobností říci, jak se daná situace určitě nestala, což může být někdy také důležité. Bohužel se touto problematikou zabývá malé množství lidí a je velmi těžké sehnat literaturu k tomuto tématu. Co se týče soukromých bezpečnostních služeb, zde není moc možností, jak aplikovat biomechaniku v praxi. Její poznatky mohou sloužit soukromým detektivům, popřípadě se forenzní biomechanikou mohou zabývat soukromí bezpečnostní znalci. Pokud chceme aplikovat vzorce z biomechaniky, tak musíme mít laboratorní podmínky, aby měření bylo úspěšné. Dle mého názoru forenzní biomechanika bude mít velký význam v oblasti identifikace v následujících letech.

Cílem této práce bylo ověření platnosti a přesnosti uváděných vzorců pro predikci výšky a hmotnosti osoby. Jak již bylo v práci zmíněno, spolupráce s forezními laboratořemi v Praze se nepovedla navázat a to z důvodu časové vytíženosti daných laboratoří. Tudíž problematika biomechaniky pádu, nemohla být prakticky ověřena v běžně dostupných podmínkách se stávajícím vybavením. Práce je koncipována do dvou částí, tj. teoretickou a praktickou.

Teoretická část pojednává o forenzní biomechanice a její historii. Dále pak práce popisuje její použití v kriminalistice a v SBS. Ze zpracovaných informací vyplývá, že nejčastěji používanou aplikací forenzní biomechaniky, je právě zkoumání biomechaniky pádu. Pokud budeme hovořit o použití forenzní biomechaniky u případů vražd, nejpravděpodobněji se bude jednat právě o zkoumání extrémního dynamického zatížení těla, což úzce souvisí se soudně-lékařskými expertízami.

Praktické část je zaměřena na predikci výšky a hmotnosti osoby na základě měřených parametrů obuvi a plantogramu bosé nohy. Výsledkem těchto měření je ověření platnosti a přesnosti uváděných vzorců v odborných publikacích. Bylo zjištěno, že nelze jednoznačně predikovat výšku osoby z rozměrů obuvi. Musím však podotknout, že samotné měření probíhalo pro mě v běžně dostupných podmínkách a ne v laboratorním

prostředí k tomu s příslušnou technikou. Bohužel ani výsledky predikce hmotnosti z plantogramu bosé nohy nepotvrdily přesnost uváděnou k daným vzorcům. Výsledky mohly být však ovlivněny i nepříliš přesným popisem potřebných metod a postupů pro měření. Vycházelo se pouze z dostupných literárních zdrojů, kde např. metoda zakreslení rozměrů plantogramu byla prováděna pouze podle uvedeného obrázku č. 7. Nicméně i k výše uvedenému můžu konstatovat, že lze rámcově odhadnout výšku i hmotnost pachatele.

CONCLUSION

Forensic biomechanics have well processed theoretically the biomechanical features of human beings and therefore it is only a question of time when all the knowledge will be applied into the common criminology. Nowadays, we are able to determine if, for example, a person fell out of the window accidentally or someone else caused it; or it is possible to identify a person according to his way of walking and recognize skull fragmentation in relation to the biomechanical features of the skull. Thanks to forensic biomechanics, we can say with a high probability that the particular situation surely did not happen, which may be also very important. Unfortunately, there are only a few people concerning about this topic so it is very difficult to obtain particular literature. Regarding the private security services there are not many possibilities how to apply biomechanics in practice. It can be used by private detectives, or private security authorized experts. Applying biomechanical formulas, we need to be provided with laboratory conditions for successful measurements. I believe that forensic biomechanics will play an important role in the identification process.

The aim of this diploma work was to verify the validity and accuracy of certain formulas for prediction of height and weight of a person. As it was already mentioned, the cooperation with forensic laboratories in Prague was not successful due to the time utilization of particular laboratories. Therefore the problematic of biomechanics of fall could not be verified in commonly available conditions with existing equipment.

My work is divided into two parts, i.e. theoretical and practical.

Theoretical part deals with forensic biomechanics and its history. Then it describes its usage in criminology and private security services. Resulting from the processed information it is clear that the mostly used application of forensic biomechanics is examining the biomechanics of fall. If we speak about using the forensic biomechanics in murder cases, examining extreme dynamic body load seems to be the most probable, and it is closely related to the forensic medicine expertises.

Practical part focuses on prediction of height and weight of a person on the basis of measured parameters of shoes and plantograms of a bare foot. The result of these measurements is verifying the validity and accuracy of particular formulas in specialized publications. The result is that it is not possible to predict the height of the person unambiguously from the shoe sizes. On the other hand my measurements were done in

commonly available conditions, not in laboratory with special equipment. Unfortunately, the results of predication of weight from the plantogram of a bare foot did not verify the accuracy relating to particular formulas. It is also possible that the results could be influenced by a slightly unclear description of necessary methods and procedures for measurements, resulting only from available literary sources. There, for example, the methods of drawing the proportion of plantogram were only done according to a picture no. 7. However, even to the above mentioned results I can say that it is possible to predict the height and weight only generally.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] STRAUS, Jiří. Aplikace forenzní biomechaniky. Vyd. 1. Praha: Police History, 2001. 283 s. ISBN 80-86477-00-2.
- [2] ŠTEFAN, Jiří a kol. Soudní lékařství a jeho moderní trendy. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. 437 s. ISBN 978-80-247-3594-8.
- [3] ŠIMOVČEK, Ivan. Kriminalistika. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 405 s. ISBN 978-80-7380-343-8.
- [4] MUSIL, Jan, Zdeněk KONRÁD a Jaroslav SUCHÁNEK. Kriminalistika. 2., přeprac. a dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2004, xxiii, 583 s. ISBN 80-7179-878-9.
- [5] STRAUS, Jiří. Kriminalistická technika. 2., rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008, 431 s. ISBN 978-80-7380-052-9.
- [6] PORADA, Viktor. Kriminalistika: (úvod, technika, taktika). Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2007, 309 s. ISBN 978-80-7380-038-3.
- [7] STRAUS, Jiří. Kriminalistická metodika. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2006, 310 s. ISBN 80-86898-66-0.
- [8] STRAUS, Jiří. Kriminalistické, Soudně-lékařské a soudně-inženýrské aplikace biomechaniky: mezinárodní konference, 13.11.2003, Praha: proceedings. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky, 2003. 295 s. ISBN 80-7251-143-2.
- [9] Kriminalistika : časopis pro kriminalistickou teorii a praxi. Ředitelství služby kriminální policie ČR (Praha, Česko). Roč. 26, č. 1 (1993)-. Praha : Odbor vydavatelství a tisku MV ČR [?], 1993-. 1x měsíčně. Dostupné z WWW:<
<http://www.mvcr.cz/clanek/kriminalistika-728588.aspx?q=Y2hudW09Ng%3d%3d>>. ISSN 1210-9150
- [10] Trasologie, dokumenty, bankovky, sklo, půda. In: DRÁBEK, Jiří. Trasologie, dokumenty, bankovky, sklo, půda [online]. 2013 [cit. 2013-04-04]. Dostupné z: http://www.dnabased.com/Forezní_chemie/extdoc/04b_Traso_doku_bank_sklo.pdf
- [11] STRAUS, Jiří, VAVERA, František et al. Dějiny kriminalistiky. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2012, 441 s. ISBN 978-80-7380-370-4.
- [12] VLČEK, Jiří. Aplikace biomechaniky v SBS. Zlín, 2011. Bakalářská práce. UTB. Vedoucí práce Ing. Petr Skočík.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČR	Česká republika
ČSR	Československá republika
USA	The United States of America
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
SBS	Soukromé bezpečnostní služby
PČR	Policie České republiky
PA	Policejní akademie
CCTV	Closed Circuit Television

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: <i>Hans Gross a Alphonse Bertillon</i> [4]	12
Obr. 2: <i>Průkopníci kriminalistiky ve světě</i> [9]	13
Obr. 3: <i>Rada Josef Vaňásek</i> [11]	14
Obr. 4: <i>prof. PhDr. Vladimír Karas</i> [11]	17
Obr. 5: <i>Pěšinka lokomoce - souvisle řazené trasologické stopy chůze</i> [1]	19
Obr. 6: <i>Závislost rychlosti chůze na délce stopy (d_s), délce dolní končetiny (h_T) a délce kroku (l)</i> [1]	19
Obr. 7: <i>Plantogram bosé nohy a vyznačení měřených parametrů</i> [1]	20
Obr. 8: <i>Rozměrové parametry na vnitřní straně ruky</i> [1]	21
Obr. 9: <i>Schéma stochastické identifikace.</i> [1]	22
Obr. 10: <i>Začátek komprese</i> [1]	24
Obr. 11: <i>Začátek restituce</i> [1]	25
Obr. 12: <i>Konec rázu - restituce</i> [1]	25
Obr. 13: <i>Schéma mechanismu poranění hlavy.</i>	28
Obr. 14: <i>Anatomická (AB) a biomechanická hranice (ACD) traumatu lebky.</i> [1]	30
Obr. 15: <i>Fragmentace lebky po úderu.</i> [10]	31
Obr. 16: <i>Závislost úderné síly na tloušťce lebeční kosti.</i> [1]	32
Obr. 17: <i>Schéma kráteru v lebce a parametry výpočet poloměru sférického předmětu.</i> [1]	33
Obr. 18: <i>Mechanismus traumatu lebky po sekundárním traumatické úderu.</i> [1]	36
Obr. 19: <i>Závislost napětí a deformace kosti.</i> [2]	37
Obr. 20: <i>Příklady zlomenin kostí.</i> [2]	38
Obr. 21: <i>Klasifikace pádů</i> [8]	40
Obr. 22: <i>Schéma pádu z polohy stoj na podložku</i> [8]	40
Obr. 23: <i>Schéma pádu z výšky a trajektorie těžiště</i> [6]	41
Obr. 24: <i>Obecné schéma pádu z hlediska forenzní biomechaniky</i> [8]	42
Obr. 25: <i>Trajektorie těla při pádu</i> [8]	43
Obr. 26: <i>Místa primárního a sekundárního dopadu při pádu z výšky s dopadem na hlavu.</i> [8]	44
Obr. 27: <i>Místa primárního a sekundárního dopadu při pádu na nohy.</i> [8]	44
Obr. 28: <i>Místa primárního a sekundárního dopadu při pádu na kolena nebo sedací část.</i> [8]	44

Obr. 29: <i>Dřevěný skládací metr - délka 2m</i>	55
Obr. 30: <i>Pravoúhlé pravítko</i>	55
Obr. 31: <i>Detail měření výšky osoby</i>	56
Obr. 32: <i>Posuvné měřítko – délka 22 cm</i>	56
Obr. 33: <i>Spodní strana obuvi</i>	57
Obr. 34: <i>Detail odečítání šířky obuvi</i>	57
Obr. 35: <i>Navíjecí metr - délka 3m</i>	57
Obr. 36: <i>30 centimetrové pravítko</i>	58
Obr. 37: <i>Detail odečítání délky obuvi</i>	58
Obr. 38: <i>Soubor 6 pravých bot jedné osoby</i>	63
Obr. 39: <i>Detail odečítání parametrů obuvi</i>	64
Obr. 40: <i>Testování přesnosti váhy</i>	65
Obr. 41: <i>Ukázkové měření hmotnosti muže</i>	65
Obr. 42: <i>Potravinářské barvivo</i>	66
Obr. 43: <i>Nádoba s potravinářským barvivem</i>	66
Obr. 44: <i>Namočení mužského chodidla do barviva</i>	67
Obr. 45: <i>Detail mužského obarveného chodidla</i>	67
Obr. 46: <i>Došlap mužského chodidla na bílý papír</i>	68
Obr. 47: <i>Ukázka vytvořeného plantogramu</i>	68
Obr. 48: <i>Vyznačené měřené parametry ženského plantogramu</i>	69
Obr. 49: <i>Detail měření paramatru x_2</i>	69
Obr. 50: <i>Detail měření paramatru x_4</i>	70
Obr. 51: <i>Detail měření paramatru x_5</i>	70
Obr. 52: <i>Detail měření paramatru P</i>	71

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: <i>Vztah mezi poloměrem sférického předmětu a rozměry kráteru. [1]</i>	31
Tabulka 2: <i>Naměřené a vypočtené hodnoty jedné osoby</i>	59
Tabulka 3: <i>Průměrné hodnoty 30 mužů</i>	60
Tabulka 4: <i>Průměrné hodnoty 25 žen</i>	62
Tabulka 5: <i>Průměrné hodnoty 6 druhů bot</i>	64
Tabulka 6: <i>Naměřené a vypočítané parametry jednoho muže</i>	71
Tabulka 7: <i>Průměrné hodnoty parametrů 15 mužů</i>	73
Tabulka 8: <i>Naměřené a vypočítané parametry jedné ženy</i>	74
Tabulka 9: <i>Průměrné hodnoty parametrů 12 žen</i>	75

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: <i>Rozdíl naměřené a vypočítané výšky u 30 mužů</i>	61
Graf 2: <i>Rozdíl změřené a vypočítané výšky u 25 žen</i>	63
Graf 3: <i>Rozdíl vypočítané a změřené výšky u jednotlivých bot</i>	64
Graf 4: <i>Rozdíl změřené a vypočtené hmotnosti 15 mužů</i>	73
Graf 5: <i>Rozdíl změřené a vypočtené hmotnosti 12 žen</i>	75

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Tabulky naměřených údajů 30 mužů	90
Příloha 2: Tabulky naměřených údajů 25 žen	105
Příloha 3: Tabulky naměřených údajů obuvi jedné osoby.....	118
Příloha 4: Tabulky naměřených údajů plantogramu 15 mužů.....	121
Příloha 5: Tabulky naměřených údajů plantogramu 12 žen	129

PŘÍLOHA 1: TABULKY NAMĚŘENÝCH ÚDAJŮ 30 MUŽŮ

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M1	1	180,60	9,92	28,50	171,76	8,84
	2	180,90	9,95	28,40	171,63	9,28
	3	180,80	9,99	28,50	172,06	8,74
	4	181,10	9,97	28,40	171,71	9,39
	5	180,90	10,01	28,40	171,88	9,02
	6	181,20	9,98	28,50	172,01	9,19
	7	181,10	9,94	28,60	172,10	9,00
	8	181,10	9,98	28,40	171,75	9,35
	9	180,80	10,01	28,50	172,14	8,66
	10	180,90	9,95	28,60	172,15	8,76
průměr		180,94	9,97	28,48	171,92	9,02
σ		0,17	0,03	0,07	0,19	0,25
Min		180,60	9,92	28,40	171,63	8,66
Max		181,20	10,01	28,60	172,15	9,39

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M2	1	183,20	11,12	29,90	180,56	2,64
	2	183,60	11,21	29,90	180,94	2,66
	3	183,20	11,05	29,80	180,00	3,20
	4	183,50	11,18	29,80	180,55	2,95
	5	183,10	11,12	29,90	180,56	2,54
	6	183,70	11,09	29,90	180,43	3,27
	7	183,50	11,05	29,80	180,00	3,51
	8	183,40	11,09	29,70	179,91	3,49
	9	183,20	11,12	29,90	180,56	2,64
	10	183,10	11,10	29,80	180,21	2,89
průměr		183,35	11,11	29,84	180,37	2,98
σ		0,21	0,05	0,07	0,31	0,35
Min		183,10	11,05	29,70	179,91	2,54
Max		183,70	11,21	29,90	180,94	3,51

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M3	1	184,50	9,66	29,60	173,50	11,00
	2	184,40	9,76	29,50	173,67	10,73
	3	184,50	9,71	29,70	173,97	10,53
	4	184,70	9,79	29,60	174,06	10,64
	5	184,10	9,69	29,50	173,37	10,73
	6	184,40	9,73	29,50	173,54	10,86
	7	184,30	9,71	29,80	174,23	10,07
	8	184,60	9,72	29,70	174,02	10,58
	9	184,10	9,78	29,80	174,53	9,57
	10	184,30	9,68	29,60	173,58	10,72
Průměr		184,39	9,72	29,63	173,85	10,54
σ		0,19	0,04	0,11	0,35	0,40
Min		184,10	9,66	29,50	173,37	9,57
Max		184,70	9,79	29,80	174,53	11,00

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M4	1	187,10	10,59	30,60	180,10	7,00
	2	187,40	10,63	30,70	180,53	6,87
	3	187,20	10,45	30,30	178,72	8,48
	4	187,30	10,51	30,50	179,49	7,81
	5	187,10	10,55	30,60	179,93	7,17
	6	187,40	10,49	30,40	179,15	8,25
	7	187,30	10,61	30,60	180,18	7,12
	8	187,20	10,58	30,40	179,53	7,67
	9	187,30	10,52	30,80	180,32	6,98
	10	187,20	10,54	30,60	179,88	7,32
Průměr		187,25	10,55	30,55	179,78	7,47
σ		0,10	0,05	0,14	0,53	0,53
Min		187,10	10,45	30,30	178,72	6,87
Max		187,40	10,63	30,80	180,53	8,48

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M5	1	185,20	12,21	30,10	185,76	-0,56
	2	185,40	12,15	30,20	185,77	-0,36
	3	185,20	12,32	30,10	186,24	-1,04
	4	185,30	12,27	30,30	186,54	-1,24
	5	185,60	12,22	30,20	186,07	-0,47
	6	185,20	12,18	30,10	185,63	-0,43
	7	185,20	12,21	30,20	186,02	-0,82
	8	185,30	12,27	30,30	186,54	-1,24
	9	185,60	12,25	30,10	185,94	-0,34
	10	185,20	12,23	30,10	185,85	-0,65
Průměr		185,32	12,23	30,17	186,04	-0,72
σ		0,15	0,05	0,08	0,30	0,33
Min		185,20	12,15	30,10	185,63	-1,24
Max		185,60	12,32	30,30	186,54	-0,34

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M6	1	179,30	10,54	26,90	170,26	9,04
	2	179,20	10,51	26,60	169,35	9,85
	3	179,10	10,47	26,80	169,70	9,40
	4	179,50	10,51	26,70	169,61	9,89
	5	179,30	10,52	26,50	169,14	10,16
	6	179,20	10,58	26,80	170,17	9,03
	7	179,30	10,47	26,80	169,70	9,60
	8	179,60	10,54	26,70	169,74	9,86
	9	179,40	10,52	26,90	170,18	9,22
	10	179,50	10,56	26,80	170,09	9,41
Průměr		179,34	10,52	26,75	169,79	9,55
σ		0,15	0,03	0,12	0,36	0,37
Min		179,10	10,47	26,50	169,14	9,03
Max		179,60	10,58	26,90	170,26	10,16

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M7	1	181,40	11,62	30,30	183,75	-2,35
	2	181,20	11,54	30,20	183,14	-1,94
	3	181,60	11,51	30,30	183,27	-1,67
	4	181,30	11,57	30,40	183,79	-2,49
	5	181,30	11,54	30,20	183,14	-1,84
	6	181,40	11,52	30,40	183,58	-2,18
	7	181,20	11,59	30,30	183,62	-2,42
	8	181,50	11,52	30,20	183,06	-1,56
	9	181,40	11,55	30,30	183,45	-2,04
	10	181,40	11,58	30,40	183,83	-2,43
Průměr		181,37	11,55	30,30	183,46	-2,09
σ		0,12	0,03	0,08	0,28	0,32
Min		181,20	11,51	30,20	183,06	-2,49
Max		181,60	11,62	30,40	183,83	-1,56

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M8	1	190,10	11,38	31,50	185,83	4,27
	2	190,50	11,45	31,60	186,40	4,10
	3	190,40	11,48	31,40	186,00	4,40
	4	190,30	11,35	31,70	186,23	4,08
	5	190,20	11,40	31,60	186,18	4,02
	6	190,40	11,42	31,50	186,01	4,39
	7	190,30	11,47	31,70	186,74	3,56
	8	190,20	11,39	31,70	186,40	3,80
	9	190,40	11,42	31,60	186,27	4,13
	10	190,30	11,47	31,50	186,22	4,08
Průměr		190,31	11,42	31,58	186,23	4,08
σ		0,11	0,04	0,10	0,24	0,24
Min		190,10	11,35	31,40	185,83	3,56
Max		190,50	11,48	31,70	186,74	4,40

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M9	1	182,20	11,52	31,00	185,14	-2,94
	2	182,50	11,43	31,20	185,27	-2,77
	3	182,30	11,49	31,20	185,53	-3,23
	4	182,10	11,42	31,10	184,97	-2,87
	5	182,40	11,51	31,30	185,87	-3,47
	6	182,50	11,47	31,20	185,44	-2,94
	7	182,20	11,45	31,10	185,10	-2,90
	8	182,30	11,52	31,10	185,40	-3,10
	9	182,30	11,44	31,30	185,57	-3,27
	10	182,40	11,49	31,50	186,31	-3,91
Průměr		182,32	11,47	31,20	185,46	-3,14
σ		0,12	0,04	0,13	0,38	0,33
Min		182,10	11,42	31,00	184,97	-3,91
Max		182,50	11,52	31,50	186,31	-2,77

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M10	1	190,10	11,03	31,20	183,55	6,55
	2	190,20	11,12	31,30	184,20	6,00
	3	190,20	11,09	31,20	183,81	6,39
	4	190,10	11,04	31,40	184,11	5,99
	5	190,30	11,08	31,30	184,02	6,28
	6	190,50	11,01	31,20	183,46	7,04
	7	190,10	11,10	31,30	184,11	5,99
	8	190,20	11,08	31,40	184,28	5,92
	9	190,20	11,06	31,50	184,46	5,74
	10	190,10	11,09	31,20	183,81	6,29
Průměr		190,20	11,07	31,30	183,98	6,22
σ		0,12	0,03	0,10	0,30	0,36
Min		190,10	11,01	31,20	183,46	5,74
Max		190,50	11,12	31,50	184,46	7,04

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M11	1	186,30	10,52	32,10	183,70	2,60
	2	186,20	10,47	32,20	183,74	2,46
	3	186,40	10,49	32,20	183,83	2,57
	4	186,50	10,54	32,40	184,56	1,94
	5	186,20	10,52	32,30	184,22	1,98
	6	186,40	10,53	32,10	183,74	2,66
	7	186,50	10,49	32,20	183,83	2,67
	8	186,20	10,48	32,50	184,56	1,64
	9	186,30	10,52	32,20	183,96	2,34
	10	186,30	10,53	32,30	184,26	2,04
Průměr		186,33	10,51	32,25	184,04	2,29
σ		0,11	0,02	0,12	0,32	0,35
Min		186,20	10,47	32,10	183,70	1,64
Max		186,50	10,54	32,50	184,56	2,67

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M12	1	180,60	11,21	30,30	181,98	-1,38
	2	180,30	11,14	30,10	181,16	-0,86
	3	180,40	11,17	30,30	181,81	-1,41
	4	180,30	11,22	30,20	181,77	-1,47
	5	180,50	11,24	30,00	181,33	-0,83
	6	180,30	11,19	30,20	181,64	-1,34
	7	180,20	11,17	30,30	181,81	-1,61
	8	180,40	11,12	30,10	181,08	-0,68
	9	180,50	11,24	30,20	181,85	-1,35
	10	180,60	11,20	30,20	181,68	-1,08
Průměr		180,41	11,19	30,19	181,61	-1,20
σ		0,13	0,04	0,09	0,30	0,30
Min		180,20	11,12	30,00	181,08	-1,61
Max		180,60	11,24	30,30	181,98	-0,68

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M13	1	179,30	10,54	30,10	178,58	0,72
	2	179,60	10,51	30,20	178,71	0,89
	3	179,50	10,52	30,00	178,24	1,26
	4	179,30	10,49	30,20	178,63	0,67
	5	179,50	10,55	30,30	179,15	0,35
	6	179,60	10,47	30,20	178,54	1,06
	7	179,50	10,54	30,10	178,58	0,92
	8	179,30	10,54	30,40	179,36	-0,06
	9	179,70	10,52	30,20	178,76	0,94
	10	179,40	10,53	30,30	179,06	0,34
Průměr		179,47	10,52	30,20	178,76	0,71
σ		0,13	0,02	0,11	0,32	0,38
Min		179,30	10,47	30,00	178,24	-0,06
Max		179,70	10,55	30,40	179,36	1,26

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M14	1	170,20	10,35	28,60	173,87	-3,67
	2	170,40	10,32	28,70	174,00	-3,60
	3	170,20	10,31	28,40	173,17	-2,97
	4	170,50	10,30	28,60	173,65	-3,15
	5	170,30	10,37	28,50	173,69	-3,39
	6	170,20	10,35	28,60	173,87	-3,67
	7	170,40	10,33	28,70	174,04	-3,64
	8	170,60	10,37	28,40	173,43	-2,83
	9	170,40	10,35	28,60	173,87	-3,47
	10	170,30	10,34	28,50	173,56	-3,26
Průměr		170,35	10,34	28,56	173,71	-3,36
σ		0,13	0,02	0,10	0,26	0,29
Min		170,20	10,30	28,40	173,17	-3,67
Max		170,60	10,37	28,70	174,04	-2,83

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M15	1	175,60	10,82	30,20	180,05	-4,45
	2	175,50	10,88	30,50	181,08	-5,58
	3	175,80	10,82	30,30	180,31	-4,51
	4	175,70	10,84	30,20	180,13	-4,43
	5	175,60	10,79	30,40	180,44	-4,84
	6	175,80	10,81	30,40	180,52	-4,72
	7	175,90	10,83	30,20	180,09	-4,19
	8	175,50	10,82	30,30	180,31	-4,81
	9	175,60	10,88	30,50	181,08	-5,48
	10	175,70	10,82	30,20	180,05	-4,35
průměr		175,67	10,83	30,32	180,41	-4,74
σ		0,13	0,03	0,12	0,37	0,44
Min		175,50	10,79	30,20	180,05	-5,58
Max		175,90	10,88	30,50	181,08	-4,19

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M16	1	183,40	10,59	29,60	177,50	5,90
	2	183,20	10,54	29,80	177,80	5,40
	3	183,40	10,51	29,40	176,63	6,77
	4	183,30	10,54	29,50	177,02	6,28
	5	183,00	10,55	29,60	177,33	5,67
	6	183,30	10,56	29,50	177,11	6,19
	7	183,30	10,58	29,70	177,71	5,59
	8	183,40	10,49	29,50	176,81	6,59
	9	183,10	10,57	29,60	177,41	5,69
	10	183,20	10,58	29,80	177,97	5,23
průměr		183,26	10,55	29,60	177,33	5,93
σ		0,13	0,03	0,13	0,42	0,48
Min		183,00	10,49	29,40	176,63	5,23
Max		183,40	10,59	29,80	177,97	6,77

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M17	1	187,30	11,23	32,00	186,49	0,81
	2	187,50	11,19	32,30	187,10	0,40
	3	187,20	11,21	32,10	186,66	0,54
	4	187,60	11,32	31,90	186,62	0,98
	5	187,50	11,29	31,80	186,23	1,27
	6	187,20	11,19	31,90	186,06	1,14
	7	187,30	11,30	32,20	187,31	-0,01
	8	187,20	11,22	32,10	186,71	0,49
	9	187,40	11,28	32,00	186,70	0,70
	10	187,60	11,23	32,10	186,75	0,85
průměr		187,38	11,25	32,04	186,66	0,72
σ		0,15	0,04	0,14	0,35	0,36
Min		187,20	11,19	31,80	186,06	-0,01
Max		187,60	11,32	32,30	187,31	1,27

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M18	1	194,20	11,51	32,10	187,95	6,25
	2	194,50	11,39	32,50	188,48	6,02
	3	194,70	11,38	32,60	188,69	6,01
	4	194,80	11,43	32,20	187,87	6,93
	5	194,50	11,48	32,30	188,34	6,16
	6	194,90	11,45	32,40	188,48	6,43
	7	194,70	11,47	32,20	188,04	6,66
	8	194,60	11,46	32,30	188,26	6,34
	9	194,80	11,40	32,10	187,48	7,32
	10	195,00	11,43	32,40	188,39	6,61
průměr		194,67	11,44	32,31	188,20	6,47
σ		0,22	0,04	0,16	0,34	0,40
Min		194,20	11,38	32,10	187,48	6,01
Max		195,00	11,51	32,60	188,69	7,32

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M19	1	179,20	9,82	28,60	171,59	7,61
	2	179,80	9,77	28,90	172,15	7,65
	3	179,70	9,72	28,40	170,64	9,06
	4	179,40	9,86	28,80	172,28	7,12
	5	179,70	9,88	28,30	171,06	8,64
	6	179,60	9,82	28,60	171,59	8,01
	7	179,20	9,85	28,70	171,98	7,22
	8	179,30	9,91	28,90	172,75	6,55
	9	179,50	9,78	28,80	171,93	7,57
	10	179,60	9,84	28,90	172,45	7,15
průměr		179,50	9,83	28,69	171,84	7,66
σ		0,20	0,05	0,20	0,61	0,71
Min		179,20	9,72	28,30	170,64	6,55
Max		179,80	9,91	28,90	172,75	9,06

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M20	1	177,20	11,02	29,50	179,09	-1,89
	2	177,80	11,12	29,20	178,74	-0,94
	3	177,30	10,98	29,70	179,43	-2,13
	4	177,60	11,06	29,50	179,26	-1,66
	5	177,60	11,09	29,60	179,65	-2,05
	6	177,30	11,14	29,90	180,64	-3,34
	7	177,50	11,10	29,30	178,91	-1,41
	8	177,80	11,07	29,40	179,04	-1,24
	9	177,20	11,08	29,30	178,82	-1,62
	10	177,30	11,02	29,50	179,09	-1,79
průměr		177,46	11,07	29,49	179,27	-1,81
σ		0,22	0,05	0,20	0,53	0,62
Min		177,20	10,98	29,20	178,74	-3,34
Max		177,80	11,14	29,90	180,64	-0,94

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M21	1	176,30	10,40	30,50	179,02	-2,72
	2	176,50	10,32	30,70	179,20	-2,70
	3	176,80	10,39	30,30	178,46	-1,66
	4	176,00	10,43	30,50	179,15	-3,15
	5	176,50	10,42	30,60	179,37	-2,87
	6	176,30	10,48	30,40	179,10	-2,80
	7	176,20	10,37	30,60	179,15	-2,95
	8	176,60	10,41	30,50	179,06	-2,46
	9	176,50	10,43	30,30	178,63	-2,13
	10	176,40	10,39	30,70	179,50	-3,10
průměr		176,41	10,40	30,51	179,06	-2,65
σ		0,21	0,04	0,14	0,30	0,44
Min		176,00	10,32	30,30	178,46	-3,15
Max		176,80	10,48	30,70	179,50	-1,66

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M22	1	184,20	12,21	32,50	192,00	-7,80
	2	184,60	12,32	32,20	191,70	-7,10
	3	184,90	12,23	32,10	191,05	-6,15
	4	184,50	12,27	32,40	192,00	-7,50
	5	184,20	12,25	32,20	191,40	-7,20
	6	184,50	12,29	32,50	192,35	-7,85
	7	184,20	12,19	32,40	191,66	-7,46
	8	184,30	12,17	32,50	191,83	-7,53
	9	184,20	12,22	32,30	191,53	-7,33
	10	184,30	12,23	32,10	191,05	-6,75
průměr		184,39	12,24	32,32	191,66	-7,27
σ		0,22	0,04	0,15	0,40	0,48
Min		184,20	12,17	32,10	191,05	-7,85
Max		184,90	12,32	32,50	192,35	-6,15

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M23	1	176,30	10,32	30,70	179,20	-2,90
	2	176,00	10,29	30,40	178,29	-2,29
	3	176,20	10,41	30,50	179,06	-2,86
	4	176,60	10,23	30,50	178,29	-1,69
	5	175,90	10,28	30,60	178,76	-2,86
	6	176,30	10,32	30,40	178,42	-2,12
	7	175,80	10,36	30,70	179,37	-3,57
	8	176,30	10,31	30,80	179,41	-3,11
	9	176,20	10,29	30,60	178,81	-2,61
	10	176,50	10,38	30,80	179,71	-3,21
průměr		176,21	10,32	30,60	178,93	-2,72
σ		0,24	0,05	0,14	0,48	0,53
Min		175,80	10,23	30,40	178,29	-3,57
Max		176,60	10,41	30,80	179,71	-1,69

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M24	1	175,20	12,11	28,10	180,13	-4,93
	2	175,10	12,08	28,30	180,52	-5,42
	3	175,00	12,02	27,80	178,97	-3,97
	4	175,40	12,09	27,90	179,53	-4,13
	5	175,30	12,11	27,90	179,61	-4,31
	6	175,60	12,16	28,10	180,35	-4,75
	7	175,30	12,16	28,00	180,09	-4,79
	8	175,20	12,19	28,30	181,00	-5,80
	9	175,40	12,17	27,70	179,35	-3,95
	10	175,10	12,12	28,00	179,92	-4,82
průměr		175,26	12,12	28,01	179,95	-4,69
σ		0,17	0,05	0,19	0,57	0,58
Min		175,00	12,02	27,70	178,97	-5,80
Max		175,60	12,19	28,30	181,00	-3,95

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M25	1	182,30	10,43	30,30	178,63	3,67
	2	182,20	10,41	30,10	178,02	4,18
	3	182,50	10,39	30,50	178,98	3,52
	4	182,10	10,42	30,40	178,85	3,25
	5	182,30	10,44	30,60	179,45	2,85
	6	182,20	10,46	30,20	178,50	3,70
	7	182,50	10,41	30,40	178,80	3,70
	8	182,30	10,38	30,30	178,41	3,89
	9	182,10	10,39	30,50	178,98	3,12
	10	182,20	10,45	30,60	179,50	2,70
průměr		182,27	10,42	30,39	178,81	3,46
σ		0,13	0,03	0,16	0,43	0,44
Min		182,10	10,38	30,10	178,02	2,70
Max		182,50	10,46	30,60	179,50	4,18

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M26	1	184,20	10,89	32,10	185,29	-1,09
	2	184,70	10,97	32,30	186,15	-1,45
	3	184,60	10,94	32,50	186,54	-1,94
	4	184,40	11,02	32,20	186,11	-1,71
	5	184,20	11,03	32,40	186,67	-2,47
	6	184,60	10,99	32,10	185,72	-1,12
	7	184,70	10,92	32,30	185,94	-1,24
	8	184,40	10,98	32,50	186,71	-2,31
	9	184,60	11,02	32,10	185,85	-1,25
	10	184,50	11,06	32,00	185,76	-1,26
průměr		184,49	10,98	32,25	186,07	-1,58
σ		0,18	0,05	0,17	0,44	0,48
Min		184,20	10,89	32,00	185,29	-2,47
Max		184,70	11,06	32,50	186,71	-1,09

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M27	1	195,50	11,11	31,80	185,45	10,05
	2	195,20	11,03	32,00	185,63	9,57
	3	195,10	11,06	32,10	186,02	9,08
	4	195,30	11,08	31,70	185,06	10,24
	5	195,60	11,10	32,20	186,45	9,15
	6	195,20	11,18	32,10	186,53	8,67
	7	195,20	11,17	32,00	186,23	8,97
	8	195,40	11,13	32,30	186,84	8,56
	9	195,30	11,08	32,20	186,36	8,94
	10	195,10	11,16	32,10	186,45	8,65
průměr		195,29	11,11	32,05	186,10	9,19
σ		0,16	0,05	0,17	0,53	0,55
Min		195,10	11,03	31,70	185,06	8,56
Max		195,60	11,18	32,30	186,84	10,24

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M28	1	187,20	11,57	31,30	186,13	1,07
	2	187,40	11,51	31,10	185,35	2,05
	3	187,10	11,48	31,60	186,52	0,58
	4	187,40	11,50	31,20	185,57	1,83
	5	187,70	11,59	31,30	186,22	1,48
	6	187,30	11,62	31,60	187,13	0,17
	7	187,30	11,56	31,20	185,83	1,47
	8	187,40	11,66	31,40	186,78	0,62
	9	187,20	11,58	31,30	186,17	1,03
	10	187,40	11,52	31,20	185,66	1,74
průměr		187,34	11,56	31,32	186,14	1,20
σ		0,16	0,05	0,16	0,53	0,58
Min		187,10	11,48	31,10	185,35	0,17
Max		187,70	11,66	31,60	187,13	2,05

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M29	1	177,20	11,32	31,00	184,28	-7,08
	2	177,00	11,30	30,50	182,89	-5,89
	3	177,40	11,29	30,60	183,11	-5,71
	4	177,20	11,36	30,90	184,19	-6,99
	5	177,30	11,26	30,80	183,50	-6,20
	6	177,50	11,28	30,20	182,02	-4,52
	7	177,20	11,33	30,50	183,02	-5,82
	8	177,40	11,37	30,70	183,71	-6,31
	9	177,30	11,31	30,40	182,67	-5,37
	10	177,10	11,26	30,70	183,24	-6,14
průměr		177,26	11,31	30,63	183,26	-6,00
σ		0,14	0,04	0,23	0,65	0,71
Min		177,00	11,26	30,20	182,02	-7,08
Max		177,50	11,37	31,00	184,28	-4,52

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
M30	1	188,80	11,44	31,60	186,35	2,45
	2	187,60	11,52	31,30	185,92	1,68
	3	187,90	11,39	31,10	184,84	3,06
	4	188,50	11,58	31,40	186,43	2,07
	5	188,30	11,49	31,50	186,31	1,99
	6	188,40	11,46	31,20	185,40	3,00
	7	188,10	11,43	31,20	185,27	2,83
	8	188,50	11,38	31,50	185,83	2,67
	9	188,70	11,51	31,60	186,65	2,05
	10	187,90	11,52	31,30	185,92	1,98
průměr		188,27	11,47	31,37	185,89	2,38
σ		0,37	0,06	0,17	0,55	0,46
Min		187,60	11,38	31,10	184,84	1,68
Max		188,80	11,58	31,60	186,65	3,06

PŘÍLOHA 2: TABULKY NAMĚŘENÝCH ÚDAJŮ 25 ŽEN

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž1	1	174,20	9,98	27,10	168,37	5,83
	2	174,40	9,82	27,50	168,73	5,67
	3	174,60	9,87	27,60	169,20	5,40
	4	174,30	9,92	27,30	168,64	5,66
	5	174,10	10,01	27,40	169,28	4,82
	6	174,40	10,03	27,20	168,85	5,55
	7	174,30	9,97	27,20	168,59	5,71
	8	174,20	9,99	27,30	168,94	5,26
	9	174,10	9,94	27,60	169,50	4,60
	10	174,20	9,92	27,30	168,64	5,56
průměr		174,28	9,95	27,35	168,87	5,41
σ		0,15	0,06	0,16	0,34	0,38
Min		174,10	9,82	27,10	168,37	4,60
Max		174,60	10,03	27,60	169,50	5,83

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž2	1	156,40	8,78	26,20	160,87	-4,47
	2	156,10	8,87	26,70	162,56	-6,46
	3	156,20	8,91	26,40	161,95	-5,75
	4	156,30	9,01	26,10	161,60	-5,30
	5	156,20	8,93	26,40	162,04	-5,84
	6	156,60	8,95	26,30	161,87	-5,27
	7	156,30	8,92	26,00	160,96	-4,66
	8	156,10	8,98	26,30	161,99	-5,89
	9	156,30	8,96	26,30	161,91	-5,61
	10	156,40	9,05	26,50	162,82	-6,41
průměr		156,29	8,94	26,32	161,86	-5,57
σ		0,14	0,07	0,19	0,58	0,63
Min		156,10	8,78	26,00	160,87	-6,46
Max		156,60	9,05	26,70	162,82	-4,47

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž3	1	167,60	10,39	30,20	178,20	-10,60
	2	167,20	10,32	29,80	176,86	-9,66
	3	167,30	10,51	29,90	177,93	-10,63
	4	167,60	10,47	29,70	177,24	-9,64
	5	167,40	10,42	30,00	177,81	-10,41
	6	167,50	10,38	29,80	177,11	-9,61
	7	167,20	10,44	29,90	177,63	-10,43
	8	167,30	10,48	29,70	177,28	-9,98
	9	167,20	10,52	29,70	177,46	-10,26
	10	167,40	10,47	29,90	177,76	-10,36
průměr		167,37	10,44	29,86	177,53	-10,16
σ		0,15	0,06	0,15	0,39	0,38
Min		167,20	10,32	29,70	176,86	-10,63
Max		167,60	10,52	30,20	178,20	-9,61

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž4	1	165,60	8,51	26,50	160,49	5,11
	2	165,30	8,43	26,30	159,63	5,67
	3	165,50	8,49	26,80	161,19	4,31
	4	165,30	8,43	26,10	159,11	6,19
	5	165,20	8,48	26,30	159,84	5,36
	6	165,60	8,57	26,40	160,49	5,11
	7	165,30	8,53	26,70	161,10	4,20
	8	165,70	8,52	26,60	160,80	4,90
	9	165,40	8,47	26,30	159,80	5,60
	10	165,20	8,55	26,50	160,67	4,53
průměr		165,41	8,50	26,45	160,31	5,10
σ		0,17	0,04	0,20	0,65	0,60
Min		165,20	8,43	26,10	159,11	4,20
Max		165,70	8,57	26,80	161,19	6,19

osoba	č.m.	$V_m [cm]$	$\check{s}_b [cm]$	$d_b [cm]$	$V_v [cm]$	$o_v [cm]$
Ž5	1	179,80	11,23	29,70	180,51	-0,71
	2	179,70	11,34	29,90	181,50	-1,80
	3	180,20	11,36	30,20	182,37	-2,17
	4	180,30	11,37	30,10	182,15	-1,85
	5	180,00	11,32	29,60	180,64	-0,64
	6	180,10	11,25	29,70	180,60	-0,50
	7	179,70	11,27	30,10	181,72	-2,02
	8	180,20	11,29	29,50	180,25	-0,05
	9	180,10	11,41	29,60	181,02	-0,92
	10	179,80	11,38	29,50	180,63	-0,83
průměr		179,99	11,32	29,79	181,14	-1,15
σ		0,21	0,06	0,25	0,71	0,70
Min		179,70	11,23	29,50	180,25	-2,17
Max		180,30	11,41	30,20	182,37	-0,05

osoba	č.m.	$V_m [cm]$	$\check{s}_b [cm]$	$d_b [cm]$	$V_v [cm]$	$o_v [cm]$
Ž6	1	163,80	8,55	25,30	157,55	6,26
	2	163,90	8,43	25,70	158,07	5,83
	3	164,20	8,44	25,40	157,33	6,87
	4	164,00	8,49	25,50	157,81	6,19
	5	164,30	8,55	25,30	157,55	6,76
	6	163,90	8,59	25,60	158,50	5,40
	7	163,90	8,48	25,40	157,50	6,40
	8	164,30	8,52	25,10	156,90	7,40
	9	163,80	8,50	25,20	157,07	6,73
	10	164,10	8,46	25,20	156,90	7,20
průměr		164,02	8,50	25,37	157,52	6,50
σ		0,18	0,05	0,18	0,49	0,58
Min		163,80	8,43	25,10	156,90	5,40
Max		164,30	8,59	25,70	158,50	7,40

osoba	č.m.	$V_m [cm]$	$\check{s}_b [cm]$	$d_b [cm]$	$V_v [cm]$	$o_v [cm]$
Ž7	1	173,50	9,53	24,80	160,46	13,04
	2	173,20	9,59	24,90	160,98	12,22
	3	173,20	9,51	24,70	160,11	13,09
	4	173,30	9,43	25,30	161,33	11,97
	5	173,70	9,49	25,20	161,33	12,37
	6	173,20	9,44	25,20	161,11	12,09
	7	173,10	9,45	25,00	160,64	12,47
	8	173,40	9,49	24,80	160,29	13,11
	9	173,20	9,51	25,10	161,15	12,05
	10	173,10	9,58	25,20	161,71	11,39
průměr		173,29	9,50	25,02	160,91	12,38
σ		0,18	0,05	0,20	0,49	0,53
Min		173,10	9,43	24,70	160,11	11,39
Max		173,70	9,59	25,30	161,71	13,11

osoba	č.m.	$V_m [cm]$	$\check{s}_b [cm]$	$d_b [cm]$	$V_v [cm]$	$o_v [cm]$
Ž8	1	168,10	8,53	25,60	158,24	9,86
	2	168,40	8,61	25,90	159,36	9,04
	3	168,20	8,63	26,10	159,97	8,23
	4	168,30	8,58	25,90	159,23	9,07
	5	168,10	8,53	25,80	158,76	9,34
	6	167,80	8,66	26,00	159,84	7,96
	7	167,90	8,68	26,10	160,18	7,72
	8	168,00	8,59	25,90	159,28	8,72
	9	168,30	8,50	25,70	158,37	9,93
	10	168,40	8,52	26,10	159,50	8,90
průměr		168,15	8,58	25,91	159,27	8,88
σ		0,20	0,06	0,16	0,62	0,71
Min		167,80	8,50	25,60	158,24	7,72
Max		168,40	8,68	26,10	160,18	9,93

osoba	č.m.	$V_m [cm]$	$\check{s}_b [cm]$	$d_b [cm]$	$V_v [cm]$	$o_v [cm]$
Ž9	1	172,30	8,52	26,70	161,06	11,24
	2	172,40	8,41	27,20	161,88	10,52
	3	172,00	8,43	27,10	161,71	10,29
	4	172,30	8,48	26,80	161,14	11,16
	5	171,90	8,59	26,70	161,36	10,54
	6	171,80	8,61	27,30	163,00	8,80
	7	172,20	8,47	27,30	162,40	9,80
	8	172,20	8,49	27,50	163,01	9,19
	9	172,10	8,58	26,90	161,83	10,27
	10	172,00	8,55	27,40	163,01	9,00
průměr		172,12	8,51	27,09	162,04	10,08
σ		0,18	0,06	0,28	0,73	0,82
Min		171,80	8,41	26,70	161,06	8,80
Max		172,40	8,61	27,50	163,01	11,24

osoba	č.m.	$V_m [cm]$	$\check{s}_b [cm]$	$d_b [cm]$	$V_v [cm]$	$o_v [cm]$
Ž10	1	173,60	8,43	27,60	163,01	10,59
	2	173,30	8,48	27,90	164,00	9,30
	3	173,10	8,41	27,40	162,40	10,70
	4	173,50	8,56	27,80	164,09	9,41
	5	173,20	8,52	27,70	163,66	9,54
	6	173,30	8,58	27,90	164,43	8,87
	7	173,40	8,42	28,00	164,01	9,39
	8	173,60	8,47	27,80	163,70	9,90
	9	173,20	8,49	27,60	163,27	9,93
	10	173,10	8,54	28,00	164,52	8,58
průměr		173,33	8,49	27,77	163,71	9,62
σ		0,18	0,06	0,18	0,62	0,64
Min		173,10	8,41	27,40	162,40	8,58
Max		173,60	8,58	28,00	164,52	10,70

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž11	1	173,30	9,93	29,30	173,88	-0,58
	2	173,40	9,99	29,50	174,66	-1,26
	3	173,10	9,91	29,10	173,27	-0,17
	4	173,40	9,87	28,90	172,58	0,82
	5	173,00	9,89	29,00	172,93	0,07
	6	173,20	10,01	29,40	174,48	-1,28
	7	173,40	10,12	29,30	174,70	-1,30
	8	173,10	9,97	29,20	173,79	-0,69
	9	173,00	9,93	29,30	173,88	-0,88
	10	172,90	9,98	29,10	173,57	-0,67
průměr		173,18	9,96	29,21	173,77	-0,59
σ		0,18	0,07	0,18	0,68	0,64
Min		172,90	9,87	28,90	172,58	-1,30
Max		173,40	10,12	29,50	174,70	0,82

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž12	1	170,20	10,77	27,60	173,07	-2,87
	2	170,50	10,82	27,30	172,51	-2,01
	3	170,50	10,84	27,80	173,89	-3,39
	4	170,40	10,73	27,50	172,64	-2,24
	5	170,10	10,77	27,60	173,07	-2,97
	6	170,30	10,79	27,30	172,38	-2,08
	7	170,10	10,85	27,40	172,90	-2,79
	8	170,20	10,71	27,60	172,81	-2,61
	9	170,20	10,77	27,60	173,07	-2,87
	10	170,40	10,78	27,40	172,59	-2,19
průměr		170,29	10,78	27,51	172,89	-2,60
σ		0,14	0,04	0,15	0,41	0,43
Min		170,10	10,71	27,30	172,38	-3,39
Max		170,50	10,85	27,80	173,89	-2,01

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž13	1	178,30	9,63	27,60	168,17	10,13
	2	178,00	9,57	27,40	167,39	10,61
	3	177,80	9,59	27,80	168,52	9,28
	4	177,90	9,67	27,50	168,08	9,82
	5	178,30	9,62	27,60	168,13	10,17
	6	178,40	9,64	27,50	167,95	10,45
	7	177,90	9,71	27,90	169,29	8,61
	8	178,50	9,67	27,80	168,86	9,64
	9	178,20	9,64	27,40	167,69	10,51
	10	177,90	9,59	27,70	168,26	9,64
průměr		178,12	9,63	27,62	168,23	9,89
σ		0,24	0,04	0,17	0,52	0,59
Min		177,80	9,57	27,40	167,39	8,61
Max		178,50	9,71	27,90	169,29	10,61

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž14	1	166,20	8,56	26,30	160,19	6,01
	2	166,70	8,58	26,60	161,05	5,65
	3	166,90	8,51	26,30	159,97	6,93
	4	166,20	8,62	26,70	161,49	4,71
	5	166,30	8,66	26,40	160,88	5,42
	6	166,50	8,56	26,50	160,71	5,79
	7	166,70	8,59	26,70	161,36	5,34
	8	166,30	8,51	26,80	161,27	5,03
	9	166,40	8,53	26,40	160,32	6,08
	10	166,50	8,55	26,50	160,67	5,83
průměr		166,47	8,57	26,52	160,79	5,68
σ		0,22	0,05	0,17	0,49	0,58
Min		166,20	8,51	26,30	159,97	4,71
Max		166,90	8,66	26,80	161,49	6,93

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž15	1	160,40	8,59	25,40	157,98	2,42
	2	160,20	8,68	25,30	158,10	2,10
	3	160,20	8,61	25,20	157,54	2,66
	4	160,50	8,63	25,10	157,37	3,13
	5	160,20	8,66	25,30	158,02	2,18
	6	160,10	8,62	25,20	157,59	2,51
	7	160,30	8,50	25,40	157,59	2,71
	8	160,30	8,61	25,50	158,32	1,98
	9	160,20	8,63	25,10	157,37	2,83
	10	160,50	8,66	25,30	158,02	2,48
průměr		160,29	8,62	25,28	157,79	2,50
σ		0,13	0,05	0,12	0,32	0,33
Min		160,10	8,50	25,10	157,37	1,98
Max		160,50	8,68	25,50	158,32	3,13

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž16	1	173,20	9,12	27,30	165,20	8,00
	2	173,40	9,24	27,80	167,01	6,39
	3	173,50	9,14	27,50	165,80	7,70
	4	173,60	9,17	27,90	166,97	6,63
	5	173,10	9,16	27,60	166,15	6,95
	6	173,70	9,15	27,90	166,89	6,82
	7	173,50	9,12	27,60	165,98	7,52
	8	173,20	9,22	27,50	166,15	7,05
	9	173,40	9,23	27,20	165,41	7,99
	10	173,30	9,20	27,50	166,06	7,24
průměr		173,39	9,18	27,58	166,16	7,23
σ		0,18	0,04	0,22	0,60	0,53
Min		173,10	9,12	27,20	165,20	6,39
Max		173,70	9,24	27,90	167,01	8,00

osoba	č.m.	$V_m [cm]$	$\check{s}_b [cm]$	$d_b [cm]$	$V_v [cm]$	$o_v [cm]$
Ž17	1	163,40	8,42	25,60	157,77	5,63
	2	163,10	8,47	25,80	158,50	4,60
	3	163,20	8,51	25,40	157,63	5,57
	4	163,40	8,58	25,50	158,19	5,21
	5	163,60	8,52	25,70	158,46	5,14
	6	163,10	8,54	25,80	158,80	4,30
	7	163,30	8,44	25,40	157,33	5,97
	8	163,20	8,48	25,50	157,76	5,44
	9	163,30	8,57	25,70	158,67	4,63
	10	163,10	8,44	25,80	158,37	4,73
průměr		163,27	8,50	25,62	158,15	5,12
σ		0,16	0,05	0,15	0,47	0,51
Min		163,10	8,42	25,40	157,33	4,30
Max		163,60	8,58	25,80	158,80	5,97

osoba	č.m.	$V_m [cm]$	$\check{s}_b [cm]$	$d_b [cm]$	$V_v [cm]$	$o_v [cm]$
Ž18	1	177,90	9,45	26,70	165,06	12,85
	2	177,60	9,44	27,10	166,05	11,55
	3	178,10	9,41	27,20	166,18	11,92
	4	178,00	9,58	26,80	165,87	12,13
	5	177,80	9,53	26,90	165,92	11,88
	6	177,70	9,56	27,30	167,09	10,61
	7	177,90	9,49	27,20	166,53	11,37
	8	178,20	9,48	27,10	166,22	11,98
	9	178,10	9,53	27,20	166,70	11,40
	10	178,30	9,51	27,30	166,87	11,43
průměr		177,96	9,50	27,08	166,25	11,71
σ		0,21	0,05	0,20	0,56	0,56
Min		177,60	9,41	26,70	165,06	10,61
Max		178,30	9,58	27,30	167,09	12,85

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž19	1	163,20	7,67	25,50	154,28	8,92
	2	163,50	7,69	25,40	154,11	9,39
	3	163,70	7,73	25,70	155,06	8,64
	4	163,30	7,73	25,70	155,06	8,24
	5	163,50	7,75	25,60	154,89	8,62
	6	163,60	7,68	25,50	154,32	9,28
	7	163,40	7,70	25,60	154,67	8,73
	8	163,50	7,71	25,70	154,97	8,53
	9	163,40	7,74	25,50	154,58	8,82
	10	163,60	7,69	25,60	154,63	8,97
průměr		163,47	7,71	25,58	154,66	8,81
σ		0,14	0,03	0,10	0,32	0,33
Min		163,20	7,67	25,40	154,11	8,24
Max		163,70	7,75	25,70	155,06	9,39

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž20	1	161,70	9,08	26,30	162,42	-0,72
	2	161,90	9,11	26,10	162,03	-0,13
	3	162,10	9,21	26,70	164,02	-1,92
	4	162,00	9,18	26,30	162,85	-0,85
	5	161,90	9,17	26,20	162,55	-0,65
	6	161,80	9,23	26,40	163,33	-1,53
	7	162,20	9,12	26,40	162,86	-0,66
	8	162,30	9,18	26,30	162,85	-0,55
	9	162,00	9,13	26,50	163,16	-1,16
	10	161,90	9,20	26,70	163,98	-2,08
průměr		161,98	9,16	26,39	163,01	-1,03
σ		0,17	0,05	0,19	0,61	0,60
Min		161,70	9,08	26,10	162,03	-2,08
Max		162,30	9,23	26,70	164,02	-0,13

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž21	1	164,40	9,02	26,30	162,17	2,23
	2	164,10	9,11	26,10	162,03	2,07
	3	164,20	9,12	26,60	163,38	0,82
	4	164,10	9,15	26,30	162,73	1,37
	5	164,20	9,21	26,50	163,50	0,70
	6	164,00	9,18	26,40	163,11	0,89
	7	164,20	9,19	26,40	163,16	1,04
	8	164,40	9,17	26,30	162,81	1,59
	9	164,30	9,16	26,60	163,55	0,75
	10	164,60	9,21	26,30	162,98	1,62
průměr		164,25	9,15	26,38	162,94	1,31
σ		0,17	0,05	0,15	0,49	0,53
Min		164,00	9,02	26,10	162,03	0,70
Max		164,60	9,21	26,60	163,55	2,23

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž22	1	170,60	8,02	27,30	160,47	10,13
	2	170,90	8,12	27,80	162,20	8,70
	3	170,80	8,09	27,90	162,33	8,47
	4	171,10	8,13	27,70	161,98	9,12
	5	171,20	8,17	27,90	162,67	8,53
	6	170,70	8,12	27,50	161,42	9,28
	7	171,10	8,16	28,00	162,89	8,21
	8	171,30	8,15	27,70	162,07	9,24
	9	171,20	8,19	27,80	162,50	8,70
	10	170,80	8,20	27,90	162,80	8,00
průměr		170,97	8,14	27,75	162,13	8,84
σ		0,23	0,05	0,20	0,69	0,59
Min		170,60	8,02	27,30	160,47	8,00
Max		171,30	8,20	28,00	162,89	10,13

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž23	1	170,20	9,11	26,50	163,07	7,13
	2	170,50	9,13	26,60	163,42	7,08
	3	170,30	9,03	26,80	163,51	6,79
	4	170,10	9,05	26,90	163,86	6,25
	5	170,60	9,05	26,40	162,56	8,04
	6	170,70	9,09	26,80	163,77	6,93
	7	170,30	9,13	26,80	163,94	6,36
	8	170,50	9,16	26,50	163,29	7,21
	9	170,40	9,03	26,60	162,99	7,41
	10	170,20	9,06	26,70	163,38	6,82
průměr		170,38	9,08	26,66	163,38	7,00
σ		0,18	0,04	0,16	0,41	0,49
Min		170,10	9,03	26,40	162,56	6,25
Max		170,70	9,16	26,90	163,94	8,04

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž24	1	173,30	10,02	27,80	170,37	2,93
	2	173,60	10,03	27,50	169,63	3,97
	3	173,20	10,11	27,50	169,97	3,23
	4	173,30	10,09	27,60	170,15	3,15
	5	173,40	10,06	27,60	170,02	3,38
	6	173,20	10,13	27,80	170,84	2,36
	7	173,50	10,14	27,70	170,62	2,88
	8	173,60	10,11	27,60	170,23	3,37
	9	173,20	10,04	27,50	169,67	3,53
	10	173,30	10,14	27,70	170,62	2,68
průměr		173,36	10,09	27,63	170,21	3,15
σ		0,15	0,04	0,11	0,39	0,43
Min		173,20	10,02	27,50	169,63	2,36
Max		173,60	10,14	27,80	170,84	3,97

osoba	č.m.	V_m [cm]	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]	o_v [cm]
Ž25	1	167,60	10,12	28,10	171,58	-3,98
	2	167,20	10,09	28,30	171,97	-4,77
	3	167,70	10,10	28,10	171,49	-3,79
	4	167,50	10,21	28,00	171,70	-4,20
	5	167,50	10,19	28,30	172,40	-4,90
	6	167,30	10,16	28,20	172,01	-4,71
	7	167,40	10,17	28,20	172,05	-4,65
	8	167,60	10,18	28,40	172,61	-5,01
	9	167,70	10,22	28,00	171,75	-4,05
	10	167,60	10,21	28,10	171,96	-4,36
průměr		167,51	10,17	28,17	171,95	-4,44
σ		0,16	0,04	0,13	0,33	0,40
Min		167,20	10,09	28,00	171,49	-5,01
Max		167,70	10,22	28,40	172,61	-3,79

PŘÍLOHA 3: TABULKY NAMĚŘENÝCH ÚDAJŮ OBUVI JEDNÉ OSOBY

bota 1	č.m.	š _b [cm]	d _b [cm]	V _v [cm]
	1	10,98	31,70	184,63
	2	11,08	31,90	185,58
	3	11,11	31,80	185,45
	4	11,03	31,70	184,85
	5	11,05	31,90	185,46
	6	11,07	31,70	185,02
	7	11,06	31,70	184,98
	8	11,08	31,80	185,32
	9	11,02	31,90	185,33
	10	10,99	31,80	184,94
průměr		11,05	31,79	185,16
σ		0,04	0,08	0,30
Min		10,98	31,70	184,63
Max		11,11	31,90	185,58

bota 2	č.m.	š _b [cm]	d _b [cm]	V _v [cm]
	1	10,59	30,90	180,88
	2	10,62	30,90	181,01
	3	10,58	31,00	181,09
	4	10,64	30,80	180,83
	5	10,62	30,90	181,01
	6	10,59	30,80	180,62
	7	10,60	30,90	180,92
	8	10,62	30,90	181,01
	9	10,58	31,00	181,09
	10	10,57	31,00	181,05
průměr		10,60	30,91	180,95
σ		0,02	0,07	0,14
Min		10,57	30,80	180,62
Max		10,64	31,00	181,09

bota 3	č.m.	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]
	1	9,82	31,10	178,09
	2	9,87	31,00	178,04
	3	9,86	31,20	178,52
	4	9,85	31,20	178,48
	5	9,88	31,00	178,08
	6	9,87	31,10	178,30
	7	9,88	31,10	178,34
	8	9,83	30,90	177,61
	9	9,83	30,90	177,61
	10	9,87	31,00	178,04
průměr		9,86	31,05	178,11
σ		0,02	0,10	0,30
Min		9,82	30,90	177,61
Max		9,88	31,20	178,52

bota 4	č.m.	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]
	1	10,81	31,40	183,12
	2	10,85	31,30	183,04
	3	10,91	31,10	182,77
	4	10,87	31,20	182,86
	5	10,92	31,30	183,34
	6	10,85	31,40	183,30
	7	10,81	31,10	182,34
	8	10,89	31,20	182,95
	9	10,88	31,30	183,16
	10	10,91	31,20	183,03
průměr		10,87	31,25	182,99
σ		0,04	0,10	0,27
Min		10,81	31,10	182,34
Max		10,92	31,40	183,34

bota 5	č.m.	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]
	1	11,41	31,70	186,48
	2	11,32	31,80	186,36
	3	11,43	31,70	186,57
	4	11,37	31,60	186,05
	5	11,35	31,70	186,23
	6	11,35	31,80	186,49
	7	11,41	31,60	186,22
	8	11,42	31,80	186,79
	9	11,45	31,70	186,66
	10	11,42	31,80	186,79
průměr		11,39	31,72	186,46
σ		0,04	0,07	0,24
Min		11,32	31,60	186,05
Max		11,45	31,80	186,79

bota 6	č.m.	\check{s}_b [cm]	d_b [cm]	V_v [cm]
	1	11,21	31,70	185,62
	2	11,18	31,60	185,23
	3	11,12	31,50	184,72
	4	11,13	31,60	185,02
	5	11,17	31,70	185,45
	6	11,18	31,70	185,49
	7	11,15	31,90	185,89
	8	11,18	31,80	185,75
	9	11,17	31,60	185,19
	10	11,19	31,90	186,06
průměr		11,17	31,70	185,44
σ		0,03	0,13	0,39
Min		11,12	31,50	184,72
Max		11,21	31,90	186,06

**PŘÍLOHA 4: TABULKY NAMĚŘENÝCH ÚDAJŮ PLANTOGRAMU
15 MUŽŮ**

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M1	1	76,00	28,20	5,38	4,85	9,83	74,27	1,73
	2	76,00	28,30	5,31	4,88	9,89	73,93	2,08
	3	76,00	28,20	5,33	4,82	9,85	73,75	2,26
	4	75,50	28,20	5,36	4,81	9,86	74,08	1,42
	5	76,00	28,30	5,41	4,87	9,81	74,78	1,22
	6	76,00	28,10	5,38	4,86	9,83	74,07	1,93
	7	75,50	28,10	5,34	4,88	9,82	73,64	1,86
	8	76,00	28,10	5,35	4,91	9,85	73,87	2,13
	9	75,50	28,20	5,31	4,87	9,84	73,57	1,93
	10	76,00	28,20	5,33	4,88	9,83	73,77	2,23
průměr		75,85	28,19	5,35	4,86	9,84	73,97	1,88
σ		0,23	0,07	0,03	0,03	0,02	0,34	0,32
Min		75,50	28,10	5,31	4,81	9,81	73,57	1,22
Max		76,00	28,30	5,41	4,91	9,89	74,78	2,26

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M2	1	90,00	28,30	5,81	6,12	10,71	83,15	6,85
	2	90,50	28,30	5,74	6,10	10,72	82,40	8,10
	3	90,00	28,20	5,79	6,12	10,66	82,59	7,41
	4	90,50	28,20	5,81	6,12	10,68	82,86	7,64
	5	90,50	28,30	5,80	6,11	10,77	83,19	7,31
	6	90,00	28,20	5,78	6,09	10,76	82,71	7,29
	7	90,00	28,00	5,77	6,07	10,78	82,21	7,79
	8	90,00	28,20	5,79	6,10	10,73	82,75	7,25
	9	90,00	28,30	5,81	6,11	10,77	83,30	6,70
	10	90,50	28,30	5,82	6,12	10,79	83,48	7,02
průměr		90,20	28,23	5,79	6,11	10,74	82,86	7,34
σ		0,24	0,09	0,02	0,02	0,04	0,39	0,41
Min		90,00	28,00	5,74	6,07	10,66	82,21	6,70
Max		90,50	28,30	5,82	6,12	10,79	83,48	8,10

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M3	1	77,00	25,10	5,60	5,43	11,23	74,67	2,33
	2	77,00	25,04	5,65	5,41	11,25	75,11	1,89
	3	77,00	25,05	5,63	5,44	11,16	74,71	2,29
	4	77,50	25,08	5,62	5,46	11,16	74,69	2,81
	5	77,50	25,01	5,66	5,42	11,17	74,95	2,55
	6	77,00	25,03	5,62	5,43	11,19	74,63	2,37
	7	77,00	25,09	5,61	5,44	11,21	74,72	2,28
	8	77,50	25,09	5,63	5,43	11,19	74,87	2,64
	9	77,00	25,06	5,59	5,46	11,23	74,52	2,48
	10	77,00	25,08	5,62	5,42	11,22	74,80	2,20
průměr		77,15	25,06	5,62	5,43	11,20	74,77	2,38
σ		0,23	0,03	0,02	0,02	0,03	0,16	0,24
Min		77,00	25,01	5,59	5,41	11,16	74,52	1,89
Max		77,50	25,10	5,66	5,46	11,25	75,11	2,81

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M4	1	89,00	29,20	5,62	6,12	10,73	83,04	5,96
	2	89,00	29,18	5,66	6,13	10,72	83,42	5,58
	3	89,00	29,17	5,61	6,10	10,70	82,77	6,23
	4	89,00	29,18	5,63	6,09	10,69	82,96	6,04
	5	88,50	29,17	5,62	6,11	10,71	82,91	5,59
	6	89,00	29,13	5,65	6,13	10,72	83,21	5,79
	7	88,50	29,13	5,64	6,12	10,71	83,06	5,44
	8	88,50	29,17	5,63	6,14	10,74	83,14	5,36
	9	89,00	29,21	5,64	6,13	10,72	83,27	5,73
	10	89,00	29,19	5,61	6,12	10,72	82,89	6,11
průměr		88,85	29,17	5,63	6,12	10,72	83,07	5,78
σ		0,23	0,02	0,02	0,01	0,01	0,19	0,28
Min		88,50	29,13	5,61	6,09	10,69	82,77	5,36
Max		89,00	29,21	5,66	6,14	10,74	83,42	6,23

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M5	1	91,00	31,20	5,93	5,61	10,32	88,82	2,18
	2	91,00	31,18	5,94	5,63	10,30	88,86	2,14
	3	91,00	31,17	5,91	5,62	10,31	88,53	2,47
	4	91,00	31,17	5,95	5,62	10,32	88,99	2,01
	5	90,50	31,19	5,92	5,63	10,34	88,77	1,73
	6	90,50	31,21	5,92	5,64	10,31	88,75	1,75
	7	91,00	31,21	5,93	5,61	10,32	88,84	2,16
	8	91,00	31,19	5,94	5,62	10,33	88,95	2,05
	9	91,00	31,19	5,95	5,61	10,34	89,07	1,93
	10	90,50	31,17	5,94	5,63	10,31	88,87	1,63
průměr		90,85	31,19	5,93	5,62	10,32	88,84	2,01
σ		0,23	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,24
Min		90,50	31,17	5,91	5,61	10,30	88,53	1,63
Max		91,00	31,21	5,95	5,64	10,34	89,07	2,47

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M6	1	80,00	27,50	5,44	6,74	10,05	76,50	3,50
	2	80,00	27,52	5,46	6,71	10,01	76,61	3,39
	3	79,50	27,51	5,43	6,72	10,06	76,41	3,09
	4	80,00	27,53	5,43	6,74	10,03	76,40	3,60
	5	80,00	27,49	5,45	6,75	10,04	76,57	3,43
	6	80,00	27,49	5,45	6,73	10,06	76,60	3,40
	7	80,00	27,50	5,44	6,74	10,06	76,53	3,47
	8	79,50	27,51	5,46	6,72	10,05	76,71	2,79
	9	80,00	27,52	5,42	6,73	10,03	76,26	3,74
	10	80,00	27,51	5,43	6,71	10,05	76,37	3,63
průměr		79,90	27,51	5,44	6,73	10,04	76,50	3,40
σ		0,20	0,01	0,01	0,01	0,02	0,13	0,26
Min		79,50	27,49	5,42	6,71	10,01	76,26	2,79
Max		80,00	27,53	5,46	6,75	10,06	76,71	3,74

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M7	1	77,50	25,60	5,68	6,14	10,09	74,43	3,07
	2	77,00	25,66	5,67	6,12	10,13	74,53	2,47
	3	77,00	25,62	5,69	6,13	10,12	74,65	2,35
	4	77,00	25,62	5,70	6,12	10,10	74,69	2,31
	5	77,50	25,64	5,67	6,14	10,09	74,41	3,10
	6	77,50	25,63	5,68	6,15	10,11	74,56	2,94
	7	77,00	25,63	5,67	6,13	10,13	74,48	2,52
	8	77,00	25,65	5,66	6,12	10,14	74,43	2,57
	9	77,00	25,61	5,69	6,13	10,10	74,57	2,43
	10	77,00	25,63	5,67	6,15	10,09	74,40	2,60
průměr		77,15	25,63	5,68	6,13	10,11	74,51	2,64
σ		0,23	0,02	0,01	0,01	0,02	0,10	0,28
Min		77,00	25,60	5,66	6,12	10,09	74,40	2,31
Max		77,50	25,66	5,70	6,15	10,14	74,69	3,10

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M8	1	63,00	26,20	5,04	4,61	9,42	64,98	-1,98
	2	63,50	26,21	5,05	4,63	9,41	65,11	-1,61
	3	63,00	26,19	5,06	4,63	9,42	65,20	-2,20
	4	63,00	26,18	5,03	4,62	9,41	64,82	-1,82
	5	63,50	26,20	5,03	4,61	9,44	64,93	-1,42
	6	63,00	26,19	5,04	4,63	9,43	65,01	-2,01
	7	63,00	26,18	5,07	4,64	9,43	65,33	-2,33
	8	63,00	26,21	5,04	4,63	9,41	65,00	-2,00
	9	63,00	26,21	5,02	4,62	9,43	64,82	-1,82
	10	63,00	26,20	5,03	4,63	9,43	64,92	-1,92
průměr		63,10	26,20	5,04	4,63	9,42	65,01	-1,91
σ		0,20	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15	0,25
Min		63,00	26,18	5,02	4,61	9,41	64,82	-2,33
Max		63,50	26,21	5,07	4,64	9,44	65,33	-1,42

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M9	1	90,00	29,20	6,02	5,13	10,77	86,18	3,82
	2	89,50	29,18	6,03	5,11	10,79	86,28	3,22
	3	89,50	29,19	6,01	5,12	10,81	86,15	3,35
	4	89,50	29,22	6,04	5,15	10,80	86,55	2,95
	5	90,00	29,21	6,03	5,14	10,78	86,35	3,65
	6	90,00	29,21	6,02	5,12	10,79	86,25	3,75
	7	90,00	29,20	6,04	5,13	10,81	86,51	3,49
	8	90,00	29,19	6,02	5,14	10,80	86,26	3,74
	9	90,00	29,22	6,03	5,12	10,79	86,38	3,62
	10	89,50	29,21	6,04	5,13	10,81	86,53	2,97
průměr		89,80	29,20	6,03	5,13	10,80	86,34	3,46
σ		0,24	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14	0,30
Min		89,50	29,18	6,01	5,11	10,77	86,15	2,95
Max		90,00	29,22	6,04	5,15	10,81	86,55	3,82

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M10	1	88,00	31,30	5,73	5,03	10,50	86,60	1,40
	2	88,00	31,28	5,71	5,00	10,53	86,39	1,61
	3	88,00	31,27	5,72	5,03	10,54	86,54	1,46
	4	88,00	31,29	5,72	5,03	10,52	86,53	1,47
	5	88,50	31,28	5,73	5,02	10,53	86,63	1,87
	6	88,00	31,29	5,74	5,03	10,52	86,74	1,26
	7	88,00	31,30	5,75	5,04	10,51	86,86	1,14
	8	88,00	31,31	5,73	5,02	10,52	86,67	1,33
	9	88,00	31,29	5,71	5,01	10,53	86,42	1,58
	10	88,00	31,30	5,72	5,03	10,54	86,60	1,40
průměr		88,05	31,29	5,73	5,02	10,52	86,60	1,45
σ		0,15	0,01	0,01	0,01	0,01	0,13	0,19
Min		88,00	31,27	5,71	5,00	10,50	86,39	1,14
Max		88,50	31,31	5,75	5,04	10,54	86,86	1,87

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M11	1	69,00	26,80	4,91	5,38	9,73	66,67	2,33
	2	68,50	26,77	4,93	5,35	9,71	66,73	1,77
	3	69,00	26,82	4,91	5,36	9,72	66,66	2,34
	4	69,00	26,80	4,90	5,36	9,92	67,05	1,95
	5	69,00	26,79	4,89	5,39	9,73	66,45	2,55
	6	69,00	26,77	4,93	5,38	9,71	66,77	2,23
	7	69,00	26,79	4,92	5,36	9,74	66,76	2,24
	8	69,00	26,81	4,92	5,37	9,72	66,76	2,24
	9	69,00	26,79	4,94	5,36	9,71	66,90	2,10
	10	68,50	26,80	4,92	5,36	9,73	66,76	1,75
průměr		68,90	26,79	4,92	5,37	9,74	66,75	2,15
σ		0,20	0,01	0,01	0,01	0,06	0,15	0,25
Min		68,50	26,77	4,89	5,35	9,71	66,45	1,75
Max		69,00	26,82	4,94	5,39	9,92	67,05	2,55

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M12	1	68,00	24,40	5,63	5,32	9,75	69,39	-1,39
	2	67,50	24,42	5,66	5,29	9,73	69,66	-2,16
	3	67,50	24,43	5,65	5,28	9,72	69,53	-2,03
	4	68,00	24,42	5,66	5,30	9,71	69,62	-1,62
	5	68,00	24,45	5,67	5,31	9,75	69,91	-1,91
	6	68,00	24,43	5,63	5,31	9,73	69,38	-1,38
	7	68,00	24,45	5,64	5,30	9,76	69,60	-1,60
	8	67,50	24,43	5,64	5,29	9,75	69,52	-2,02
	9	68,00	24,41	5,62	5,32	9,75	69,30	-1,30
	10	68,00	24,42	5,63	5,31	9,73	69,36	-1,36
průměr		67,85	24,43	5,64	5,30	9,74	69,53	-1,68
σ		0,23	0,01	0,02	0,01	0,02	0,17	0,31
Min		67,50	24,40	5,62	5,28	9,71	69,30	-2,16
Max		68,00	24,45	5,67	5,32	9,76	69,91	-1,30

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M13	1	71,00	27,10	5,51	5,48	9,44	73,13	-2,13
	2	71,00	27,08	5,52	5,46	9,45	73,20	-2,20
	3	71,00	27,08	5,51	5,45	9,41	72,97	-1,97
	4	71,00	27,09	5,53	5,48	9,44	73,33	-2,32
	5	71,00	27,11	5,52	5,47	9,46	73,30	-2,30
	6	71,00	27,12	5,50	5,46	9,45	73,07	-2,07
	7	71,00	27,10	5,51	5,44	9,42	73,02	-2,02
	8	71,00	27,11	5,53	5,47	9,47	73,44	-2,44
	9	70,50	27,09	5,52	5,48	9,45	73,24	-2,74
	10	71,00	27,09	5,51	5,48	9,44	73,11	-2,11
průměr		70,95	27,10	5,52	5,47	9,44	73,18	-2,23
σ		0,15	0,01	0,01	0,01	0,02	0,14	0,22
Min		70,50	27,08	5,50	5,44	9,41	72,97	-2,74
Max		71,00	27,12	5,53	5,48	9,47	73,44	-1,97

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M14	1	91,00	28,80	6,23	6,52	10,57	88,88	2,12
	2	90,50	28,83	6,26	6,57	10,55	89,28	1,22
	3	91,00	28,84	6,24	6,56	10,58	89,15	1,85
	4	91,00	28,83	6,25	6,55	10,56	89,17	1,83
	5	91,00	28,83	6,26	6,56	10,59	89,37	1,63
	6	91,00	28,82	6,22	6,52	10,58	88,84	2,16
	7	91,00	28,81	6,25	6,53	10,56	89,10	1,90
	8	90,50	28,80	6,24	6,54	10,57	89,01	1,49
	9	90,50	28,83	6,23	6,63	10,58	89,11	1,39
	10	90,50	28,84	6,25	6,54	10,59	89,26	1,24
průměr		90,80	28,82	6,24	6,55	10,57	89,12	1,68
σ		0,24	0,01	0,01	0,03	0,01	0,16	0,32
Min		90,50	28,80	6,22	6,52	10,55	88,84	1,22
Max		91,00	28,84	6,26	6,63	10,59	89,37	2,16

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
M15	1	75,00	27,80	5,31	4,74	9,54	71,75	3,25
	2	75,00	27,81	5,31	4,70	9,52	71,66	3,34
	3	75,50	27,79	5,33	4,72	9,51	71,84	3,66
	4	75,00	27,83	5,35	4,72	9,54	72,22	2,78
	5	75,00	27,81	5,33	4,72	9,53	71,93	3,07
	6	75,50	27,82	5,32	4,74	9,52	71,84	3,66
	7	75,00	27,83	5,31	4,73	9,53	71,77	3,23
	8	75,00	27,80	5,34	4,71	9,54	72,03	2,97
	9	75,00	27,82	5,32	4,74	9,52	71,84	3,16
	10	75,00	27,80	5,31	4,73	9,54	71,74	3,26
průměr		75,10	27,81	5,32	4,73	9,53	71,86	3,24
σ		0,20	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15	0,26
Min		75,00	27,79	5,31	4,70	9,51	71,66	2,78
Max		75,50	27,83	5,35	4,74	9,54	72,22	3,66

**PŘÍLOHA 5: TABULKY NAMĚŘENÝCH ÚDAJŮ PLANTOGRAMU
12 ŽEN**

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž1	1	52,00	23,10	4,04	3,84	7,71	55,56	-3,56
	2	52,00	23,18	4,00	3,82	7,73	55,66	-3,66
	3	52,00	23,14	4,02	3,82	7,70	55,51	-3,51
	4	51,50	23,15	4,03	3,81	7,72	55,63	-4,13
	5	52,00	23,17	4,05	3,80	7,71	55,67	-3,67
	6	51,50	23,19	4,07	3,85	7,74	55,96	-4,46
	7	52,00	23,15	4,04	3,84	7,75	55,82	-3,82
	8	52,00	23,11	4,08	3,81	7,72	55,69	-3,69
	9	52,00	23,12	4,07	3,82	7,70	55,61	-3,61
	10	51,50	23,11	4,03	3,81	7,71	55,51	-4,01
průměr		51,85	23,14	4,04	3,82	7,72	55,66	-3,81
σ		0,23	0,03	0,02	0,02	0,02	0,13	0,28
Min		51,50	23,10	4,00	3,80	7,70	55,51	-4,46
Max		52,00	23,19	4,08	3,85	7,75	55,96	-3,51

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž2	1	65,00	24,60	5,11	4,21	9,33	68,73	-3,73
	2	65,00	24,61	5,13	4,17	9,31	68,66	-3,66
	3	65,00	24,66	5,10	4,17	9,32	68,72	-3,72
	4	65,00	24,63	5,09	4,18	9,29	68,52	-3,52
	5	64,50	24,61	5,14	4,19	9,28	68,59	-4,09
	6	64,50	24,62	5,12	4,20	9,29	68,61	-4,11
	7	65,00	24,63	5,16	4,22	9,31	68,86	-3,85
	8	65,00	24,61	5,12	4,21	9,33	68,78	-3,77
	9	65,00	24,64	5,10	4,23	9,32	68,76	-3,76
	10	64,50	24,63	5,11	4,21	9,33	68,79	-4,29
průměr		64,85	24,62	5,12	4,20	9,31	68,70	-3,85
σ		0,23	0,02	0,02	0,02	0,02	0,10	0,23
Min		64,50	24,60	5,09	4,17	9,28	68,52	-4,29
Max		65,00	24,66	5,16	4,23	9,33	68,86	-3,52

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž3	1	69,00	24,80	5,14	4,62	9,78	71,66	-2,66
	2	69,50	24,76	5,17	4,59	9,81	71,75	-2,25
	3	69,00	24,77	5,16	4,58	9,77	71,56	-2,56
	4	69,00	24,79	5,17	4,59	9,78	71,68	-2,68
	5	69,50	24,80	5,14	4,61	9,78	71,64	-2,14
	6	69,00	24,83	5,14	4,62	9,79	71,76	-2,76
	7	69,00	24,81	5,13	4,62	9,81	71,77	-2,77
	8	69,00	24,81	5,12	4,61	9,75	71,48	-2,48
	9	69,50	24,79	5,16	4,63	9,75	71,58	-2,08
	10	69,00	24,78	5,12	4,64	9,78	71,59	-2,59
průměr		69,15	24,79	5,15	4,61	9,78	71,65	-2,50
σ		0,23	0,02	0,02	0,02	0,02	0,09	0,24
Min		69,00	24,76	5,12	4,58	9,75	71,48	-2,77
Max		69,50	24,83	5,17	4,64	9,81	71,77	-2,08

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž4	1	53,00	23,30	4,59	3,48	7,61	56,56	-3,56
	2	53,50	23,31	4,58	3,49	7,62	56,60	-3,10
	3	53,50	23,34	4,56	3,45	7,66	56,72	-3,22
	4	53,00	23,36	4,59	3,44	7,68	56,91	-3,91
	5	53,00	23,32	4,61	3,47	7,62	56,68	-3,68
	6	53,50	23,31	4,60	3,48	7,65	56,77	-3,27
	7	53,00	23,30	4,59	3,47	7,65	56,71	-3,71
	8	53,00	23,32	4,58	3,46	7,66	56,75	-3,75
	9	53,00	23,34	4,59	3,46	7,61	56,60	-3,60
	10	53,00	23,35	4,61	3,49	7,62	56,76	-3,76
průměr		53,15	23,33	4,59	3,47	7,64	56,71	-3,56
σ		0,23	0,02	0,01	0,02	0,02	0,10	0,25
Min		53,00	23,30	4,56	3,44	7,61	56,56	-3,91
Max		53,50	23,36	4,61	3,49	7,68	56,91	-3,10

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž5	1	66,00	24,50	5,41	4,24	9,31	69,34	-3,34
	2	66,50	24,52	5,44	4,23	9,29	69,36	-2,86
	3	66,50	24,54	5,49	4,22	9,28	69,48	-2,98
	4	66,00	24,55	5,49	4,20	9,32	69,64	-3,64
	5	66,00	24,53	5,50	4,22	9,30	69,58	-3,57
	6	66,00	24,54	5,48	4,25	9,31	69,62	-3,62
	7	66,50	24,56	5,47	4,23	9,33	69,69	-3,19
	8	66,00	24,53	5,49	4,21	9,29	69,49	-3,49
	9	66,00	24,52	5,50	4,21	9,30	69,54	-3,54
	10	66,50	24,54	5,51	4,20	9,29	69,55	-3,05
průměr		66,20	24,53	5,48	4,22	9,30	69,53	-3,33
σ		0,24	0,02	0,03	0,02	0,01	0,11	0,27
Min		66,00	24,50	5,41	4,20	9,28	69,34	-3,64
Max		66,50	24,56	5,51	4,25	9,33	69,69	-2,86

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž6	1	64,00	24,60	4,96	4,48	9,12	67,80	-3,80
	2	64,50	24,66	4,94	4,48	9,11	67,82	-3,32
	3	64,50	24,65	4,94	4,44	9,14	67,87	-3,37
	4	64,00	24,61	4,95	4,43	9,10	67,64	-3,64
	5	64,50	24,60	4,97	4,46	9,15	67,93	-3,43
	6	64,50	24,59	4,99	4,44	9,15	67,94	-3,44
	7	64,00	24,63	4,99	4,47	9,14	68,02	-4,02
	8	64,50	24,63	4,96	4,46	9,12	67,83	-3,33
	9	64,00	24,61	4,97	4,48	9,13	67,89	-3,89
	10	64,00	24,65	4,98	4,49	9,16	68,14	-4,14
průměr		64,25	24,62	4,97	4,46	9,13	67,89	-3,64
σ		0,25	0,02	0,02	0,02	0,02	0,13	0,29
Min		64,00	24,59	4,94	4,43	9,10	67,64	-4,14
Max		64,50	24,66	4,99	4,49	9,16	68,14	-3,32

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž7	1	67,00	24,20	5,22	5,31	9,26	69,52	-2,52
	2	67,00	24,17	5,21	5,33	9,24	69,38	-2,38
	3	67,00	24,15	5,22	5,32	9,27	69,48	-2,48
	4	67,00	24,20	5,26	5,30	9,26	69,62	-2,62
	5	67,50	24,19	5,25	5,29	9,27	69,60	-2,10
	6	67,50	24,18	5,23	5,33	9,23	69,41	-1,91
	7	67,50	24,23	5,22	5,34	9,24	69,54	-2,04
	8	67,50	24,22	5,26	5,35	9,25	69,69	-2,19
	9	67,00	24,21	5,21	5,34	9,24	69,47	-2,47
	10	67,50	24,21	5,23	5,33	9,27	69,64	-2,14
průměr		67,25	24,20	5,23	5,32	9,25	69,54	-2,29
σ		0,25	0,02	0,02	0,02	0,01	0,10	0,23
Min		67,00	24,15	5,21	5,29	9,23	69,38	-2,62
Max		67,50	24,23	5,26	5,35	9,27	69,69	-1,91

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž8	1	63,00	24,20	4,82	4,54	8,94	65,98	-2,98
	2	63,50	24,16	4,84	4,55	8,96	66,06	-2,56
	3	63,00	24,19	4,88	4,53	8,97	66,24	-3,24
	4	63,00	24,28	4,89	4,51	8,93	66,24	-3,24
	5	63,50	24,22	4,87	4,52	8,94	66,13	-2,63
	6	63,50	24,21	4,86	4,51	8,95	66,11	-2,61
	7	63,50	24,21	4,83	4,52	8,95	66,04	-2,54
	8	63,00	24,23	4,83	4,54	8,96	66,15	-3,15
	9	63,00	24,22	4,84	4,53	8,98	66,23	-3,23
	10	63,00	24,23	4,82	4,51	8,97	66,12	-3,12
průměr		63,20	24,22	4,85	4,53	8,96	66,13	-2,93
σ		0,24	0,03	0,02	0,01	0,02	0,08	0,29
Min		63,00	24,16	4,82	4,51	8,93	65,98	-3,24
Max		63,50	24,28	4,89	4,55	8,98	66,24	-2,54

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž9	1	66,00	24,30	5,08	4,71	9,41	69,11	-3,11
	2	66,00	24,36	5,09	4,72	9,43	69,35	-3,35
	3	66,00	24,32	5,09	4,70	9,44	69,29	-3,29
	4	66,50	24,33	5,11	4,71	9,45	69,42	-2,92
	5	66,50	24,34	5,10	4,73	9,42	69,31	-2,81
	6	66,50	24,36	5,09	4,75	9,41	69,31	-2,81
	7	66,00	24,36	5,12	4,75	9,43	69,48	-3,48
	8	66,00	24,37	5,11	4,73	9,46	69,57	-3,57
	9	66,50	24,36	5,10	4,73	9,45	69,48	-2,98
	10	66,00	24,35	5,11	4,74	9,44	69,46	-3,46
průměr		66,20	24,35	5,10	4,73	9,43	69,38	-3,18
σ		0,24	0,02	0,01	0,02	0,02	0,12	0,27
Min		66,00	24,30	5,08	4,70	9,41	69,11	-3,57
Max		66,50	24,37	5,12	4,75	9,46	69,57	-2,81

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž10	1	68,00	25,40	4,83	4,26	9,73	71,21	-3,21
	2	68,00	25,45	4,82	4,22	9,73	71,23	-3,22
	3	68,00	25,44	4,85	4,30	9,74	71,44	-3,44
	4	68,00	25,45	4,86	4,21	9,76	71,45	-3,45
	5	68,00	25,42	4,86	4,26	9,72	71,29	-3,29
	6	68,50	25,41	4,88	4,27	9,73	71,39	-2,89
	7	68,50	25,40	4,87	4,23	9,74	71,33	-2,83
	8	68,00	25,43	4,86	4,24	9,73	71,33	-3,33
	9	68,50	25,44	4,84	4,25	9,77	71,47	-2,97
	10	68,50	25,46	4,83	4,27	9,75	71,43	-2,93
průměr		68,20	25,43	4,85	4,25	9,74	71,36	-3,16
σ		0,24	0,02	0,02	0,03	0,01	0,09	0,22
Min		68,00	25,40	4,82	4,21	9,72	71,21	-3,45
Max		68,50	25,46	4,88	4,30	9,77	71,47	-2,83

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž11	1	61,00	25,70	4,23	4,42	9,11	67,72	-6,72
	2	61,00	25,77	4,24	4,42	9,09	67,80	-6,80
	3	61,00	25,76	4,25	4,44	9,04	67,63	-6,63
	4	61,50	25,78	4,25	4,45	9,04	67,68	-6,18
	5	61,00	25,74	4,23	4,45	9,03	67,51	-6,51
	6	61,00	25,73	4,25	4,46	9,07	67,73	-6,72
	7	61,00	25,75	4,26	4,43	9,05	67,67	-6,66
	8	61,50	25,72	4,26	4,40	9,05	67,57	-6,07
	9	61,00	25,73	4,27	4,46	9,06	67,74	-6,74
	10	61,00	25,75	4,26	4,46	9,04	67,67	-6,66
průměr		61,10	25,74	4,25	4,44	9,06	67,67	-6,57
σ		0,20	0,02	0,01	0,02	0,02	0,08	0,24
Min		61,00	25,70	4,23	4,40	9,03	67,51	-6,80
Max		61,50	25,78	4,27	4,46	9,11	67,80	-6,07

osoba	č.m.	h_m [kg]	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_v [kg]	o_h [kg]
Ž12	1	51,00	23,80	4,27	3,92	8,91	62,69	-11,69
	2	51,50	23,81	4,24	3,91	8,89	62,52	-11,02
	3	51,50	23,77	4,23	3,90	8,87	62,32	-10,82
	4	51,50	23,78	4,21	3,93	8,92	62,54	-11,04
	5	51,00	23,75	4,26	3,94	8,90	62,55	-11,55
	6	51,00	23,77	4,26	3,92	8,92	62,64	-11,64
	7	51,00	23,76	4,28	3,92	8,91	62,64	-11,64
	8	51,00	23,74	4,25	3,90	8,88	62,36	-11,36
	9	51,00	23,75	4,26	3,92	8,89	62,48	-11,48
	10	51,00	23,74	4,27	3,94	8,88	62,47	-11,47
průměr		51,15	23,77	4,25	3,92	8,90	62,52	-11,37
σ		0,23	0,02	0,02	0,01	0,02	0,11	0,29
Min		51,00	23,74	4,21	3,90	8,87	62,32	-11,69
Max		51,50	23,81	4,28	3,94	8,92	62,69	-10,82