

Aplikace biomechaniky v SBS

Application of biomechanics in private security service

Jiří Vlček

Bakalářská práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří VLČEK**
Osobní číslo: **A08147**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Aplikace biomechaniky v soukromých
bezpečnostních službách**

Zásady pro vypracování:

1. Práci zpracujte jako instruktážní materiál pro potřebu soukromých bezpečnostních služeb.
2. Popište současné možnosti aplikací biomechaniky.
3. Vymezte současné směry zkoumání vybraných druhů stop.
4. Pojedejte o biomechanickém obsahu daktyloskopických stop a jeho významu pro SBS.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. STRAUS, Jiří. Kriminalistická metodika. Plzeň : Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2006. 310 s. ISBN 80-86898-66-0
2. STRAUS, Jiří. Kriminalistická technika. 2., rozš. vyd. Plzeň : Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. 431 s. ISBN 978-80-7380-052-9
3. STRAUS, Jiří; NĚMEC, Miroslav. Teorie a metodologie kriminalistiky. Plzeň : Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. 503 s. ISBN 978-80-7380-214-1
4. MUSIL, Jan; KONRÁD, Zdeněk; SUCHÁNEK, Jaroslav. Kriminalistika. 2., přeprac. a dopl. vyd. V Praze : C.H. Beck, 2004. 583 s. ISBN 80-7179-878-9
5. PORADA, Viktor. Kriminalistika. Brno : CERM, 2001. 746 s. ISBN 8072041940
6. 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-113507.aspx?q=Y2hudW09MQ%3d%3d>. ISSN 1210-9150

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Skočik

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSC.
děkan



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je seznámení s možností využití aplikací forenzní biomechaniky v soukromých bezpečnostních službách. Dále pak jaké metody se používají nejčastěji v současnosti a jaké budou směry do budoucna. Práce také v teoretické části shrnuje historii kriminalistiky a spojitost forenzní biomechaniky a daktyloskopie. V praktické části pak práce popisuje metody k určení výšky z rozměrů rukou, nohou a ze stop chůze.

Klíčová slova: forenzní biomechanika, biomechanický obsah, kriminalistika, daktyloskopie, SBS.

ABSTRACT

The main aims of this thesis are to introduce the possibilities of the application of forensic biomechanics in private security service, the most frequently used methods and finally, also try to predict what trends are going to be used in the future. In the theoretical part this paper sums up the history of the criminology and the link between the forensic biomechanics and the dactyloscopy. The practical part describes the methods used to determine the person's height from the hand size, foot size and from the footprint.

Keywords: forensic biomechanics, biomechanical content, criminology, dactyloscopy, private security service .

Tímto bych chtěl poděkovat zejména svému vedoucímu Ing. Petru Skočíkovi za odborné vedení, četné konzultace, připomínky a rady při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům, kteří mě morálně podporovali a sestře Jitce, která mi pomohla s anglickým překladem. Nakonec bych chtěl poděkovat všem lidem, kteří se nechali změřit pro účely praktické části.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk 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 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 – 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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	9
ÚVOD V ANGLIČTINĚ	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 KRIMINALISTIKA	12
1.1 HISTORIE KRIMINALISTIKY	12
1.2 POJEM KRIMINALISTIKA.....	15
2 FOREZNÍ BIOMECHANIKA	16
2.1 HISTORIE FOREZNÍ BIOMECHANIKY	16
2.2 POJEM A DEFINICE FOREZNÍ BIOMECHANIKY	16
2.3 SOUČASNÉ APLIKACE FOREZNÍ BIOMECHANIKY.....	17
2.3.1 Biomechanický obsah trasologických stop	17
2.3.1.1 Geometrické znaky biomechanického obsahu	18
2.3.1.2 Kinematické znaky biomechanického obsahu	20
2.3.1.3 Dynamické znaky biomechanického obsahu	23
2.3.2 Biomechanika pádů	26
2.3.2.1 Rozdělení pádu.....	26
2.3.3 Extrémní dynamické zatěžování organismu.....	28
2.3.4 Biomechanický obsah stop ručního písma	29
2.3.5 Biomechanický obsah stop rukou.....	31
2.3.5.1 Vztah parametrů stopy ruky k predikci tělesné výšky	32
2.3.6 Biomechanická analýza chůze.....	33
2.3.7 Ostatní aplikace forezní biomechaniky	34
3 SOUČASNÉ SMĚRY ZKOUMÁNÍ STOP	35
3.1 DAKTYLOSKOPIE	35
3.1.1 Pojem daktyloskopie	35
3.1.2 Vznik daktyloskopické stopy	36
3.1.3 Zajišťování daktyloskopických stop.....	36
3.1.4 Zkoumání daktyloskopických stop.....	38
3.1.5 Biomechanický obsah daktyloskopických stop a jeho význam pro SBS	40
II PRAKTICKÁ ČÁST	41
4 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ APLIKACE BIOMECHANIKY	42
4.1 BIOMECHANICKÝ OBSAH STOP RUKOU.....	42
4.2 GEOMETRICKÉ ZNAKY BIOMECHANICKÉHO OBSAHU	52
4.2.1 Výpočet výšky osoby z délky kroku a dvojkroku chůze	55
4.2.2 Výpočet výšky osoby z délky kroku a dvojkroku běhu	58
4.2.3 Výpočet výšky osoby ze stopy obuvi	61
4.3 DYNAMICKÉ ZNAKY BIOMECHANICKÉHO OBSAHU.....	63
4.3.1 Výpočet výšky osoby z plantogramu bosé nohy	63
4.3.2 Výpočet hmotnosti osoby z plantogramu bosé nohy.....	67
5 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	72
ZÁVĚR	74
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	75
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	76

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	77
SEZNAM OBRÁZKŮ	78
SEZNAM TABULEK	80
SEZNAM GRAFŮ	81
SEZNAM PŘÍLOH.....	82

ÚVOD

Prvotním impulsem při volbě tématu mé bakalářské práce byla četba zajímavého článku Jiřího Strause publikovaného na internetu, ve kterém autor popisuje možnosti identifikace osob podle chůze a jiné způsoby využití forenzní biomechaniky.

Forenzní biomechanika je velmi mladým vědním oborem, který se zabývá biomechanickým obsahem kriminalistických stop. Jsou to převážně stopy trasologické nebo stopy daktyloskopické. V dnešní době lze forenzní biomechaniku rozdělit do dvou základních směrů. První směr zkoumá již zmíněné kriminalistické stopy s biomechanickým obsahem. Druhý směr zkoumá interakci člověka s okolím a kriminalistické změny, které tímto důsledkem vznikly. Mezi základní aplikace forenzní biomechaniky patří: biomechanický obsah trasologických stop, biomechanika pádů, extrémní dynamické zatěžování organismu, biomechanický obsah stop rukopisu, biomechanický obsah stop rukou, biomechanická analýza chůze. Mezi ostatní aplikace forenzní biomechaniky pak můžeme zařadit: analýzu střetného boje, dopravní nehody, bodnutí nožem a jiné ojedinělé nebo kuriózní případy. Za velký přínos forenzní biomechaniky lze považovat poměrně přesná predikce stomatických vlastností člověka z běžně dostupných stop.

První část předkládané práce je teoretická a popisuje jak základní pojmy a definice, tak jednotlivé metody aplikace forenzní biomechaniky.

Druhá část mé práce prakticky ověřuje teoretické znalosti, zejména pak zkoumá přesnost výpočtu konkrétních metod v běžně dostupných podmínkách.

ÚVOD V ANGLIČTINĚ

When choosing the topic of my bachelor thesis, I was very much influenced by the article of Mr. Jiří Straus, which was published on the internet. The article is concerned with the possibilities of identification of persons according to their way of walking and other ways of using the forensic biomechanics.

Forensic biomechanics is quite a new scientific discipline dealing with the biomechanical content of criminalistic evidence, such as the trasology or the dactyloscopy. Nowadays, the forensic biomechanics can be divided into two basic areas. The first area deals with the above mentioned criminalistic evidence with the biomechanical content. The second area is interested in the interaction between a man with his environment and the criminalistic changes caused by this interaction. The main forensic biomechanics applications are: biomechanical content of trasology evidence, biomechanics of the falls, extreme dynamic strains of the organism, biomechanical content of the handwriting evidence, biomechanical content of the hand prints, biomechanical analysis of walking. Other applications are: the analysis of collision fight, car accidents, knife stabbing and other random or curious cases.

The first part of this thesis is theoretical and it describes the basic terms and definitions as well as the individual methods of application of the forensic biomechanics.

The second part is practical and it verifies the theoretical knowledge, especially the exactness of calculation of particular method in common accessible conditions.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KRIMINALISTIKA

1.1 Historie kriminalistiky

Lidé se s kriminálními problémy setkávají už od pradávna a v každé době je řešili dle svých možností, například ve středověku hrozilo zloději za krádež useknutí ruky. Kriminalistika tak vznikla právě díky potřebě vymítnout trestnou činnost. Kriminalistika vždy vychází z kriminalistických metod a má za úkol odhalit, vyšetřit a dokázat trestnou činnost za použití jedné nebo více kriminalistických metod.

Můžeme tedy říci, že historie kriminalistických metod popisuje i historii kriminalistiky. Kdy vznikla první kriminalistická metoda nejde s přesností zjistit. Víme jen, že to bylo ve starověkých dobách v Egyptě a v Řecku. Za pravděpodobně první použitou kriminalistickou metodu se považuje výslech. Kriminalistika se vyvíjí stejně rychle jako se vyvíjí společnost. Klasické obory kriminalistiky, jako například výslech, trasologie, daktyloskopie nebo ohledání místa činu byly částečně známy a používány do roku 1939.

Pojem moderní kriminalistika se používá od 19. století. Může za to velký rozvoj všech věd a to zejména rozvoj společenských a přírodních věd, ale také techniky. V této době byla kriminalistika ovlivňována mnoha lidmi, někteří byli pouhými snílky, ale některým se podařilo prorazit a stali se z nich uznávané osobnosti v boji s kriminalitou.

Jedním z takových průkopníků je například britský právník, prozaik a dramatik Henry Fielding. Navrhl reformu policie, vnesl nový řád do systému anglické justice a prosadil některé důležité změny v tehdejších zákonech Velké Británie, díky kterým se podařilo pochyvat několik zlodějských gangů v Londýně. Zde také z dobrovolníků vznikla první detektivní organizace na světě, jejíž původní název byl Bow Street Runners, později známé pod názvem Scotland Yard.

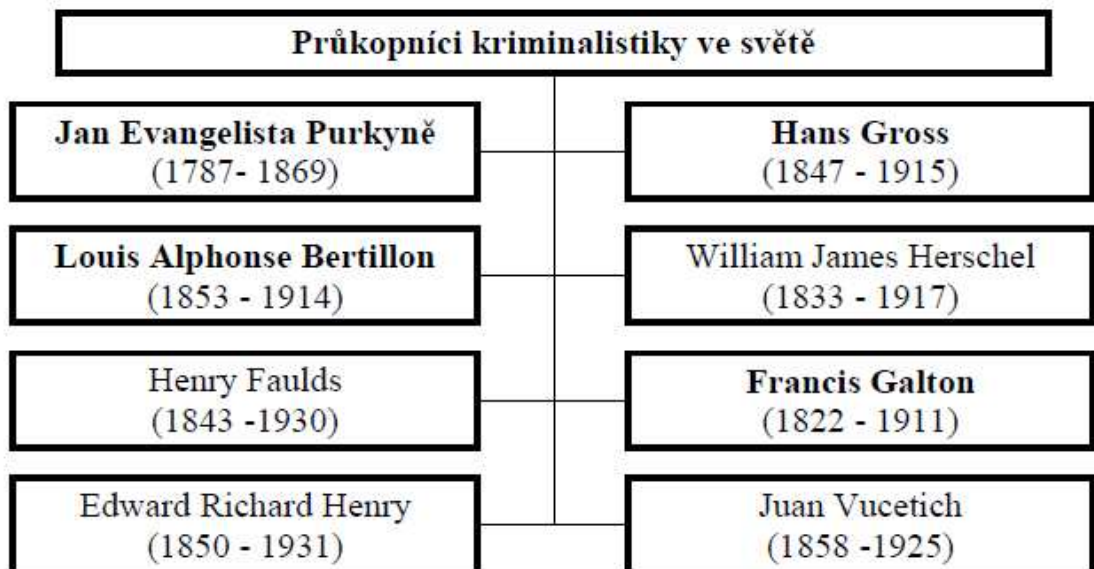
Ve Francii utvářel historii kriminalistiky šestadvacetiletý Alphonse Bertillon, jehož fotografii můžeme vidět na obr. 2. Tento mladík položil základy pro moderní „vědeckou“ kriminalistiku a v roce 1879 ohromil svět první identifikační metodou, antropometrií. Dalším významným francouzem byl Eugène François Vidocq. V roce 1809 vstoupil do sboru napoleonské policie a v roce 1812 vytvořil nejslavnější policejní organizaci na světě s názvem Sureté. Mezi jeho velkolepé úspěchy patří jedno významné prvenství - jako první v Evropě založil v roce 1833 soukromou detektivní kancelář.

Další z kriminalistických metod byla daktyloskopie. V roce 1888 sir Francis Galton představil daktyloskopii celému světu. Nebyl sice v té době jediný, kdo zkoumal daktyloskopii, ale jako první založil registrační systém. Obecně lze za otce kriminalistiky v Evropě považovat Hanse Grosse, jehož podobu můžeme vidět na obr. 2.

V USA byl vývoj kriminalistiky následující. V roce 1905 byl založen Federální vyšetřovací úřad a v roce 1923 byla v Los Angeles zprovozněna první laboratoř forenzních věd. Nejznámější laboratoř FBI vznikla až v roce 1932.

Pokud se budeme bavit o československé kriminalistice a její historii, budeme mít na mysli období na přelomu 19. a 20. století. Nejvýznamnější český vědec v oblasti historie kriminalistiky je bezpochybně Jana Evangelista Purkyně. Jako první se zabýval rýhováním konečků prstů a položil tak základní kámen pro pozdější zkoumání kriminalistické daktyloskopie. V roce 1901 vzniká v Praze Daktyloskopické oddělení, které je jedním z nejstarších v Evropě. V roce 1924 vzniká v ČSR tzv. „Kriminální muzeum“, „Kriminální archiv“, který má za úkol shromažďovat veškeré informace týkající se kriminologie a kriminalistiky. Na obr. 1 je seznam všech významných průkopníků kriminalistiky.

V první polovině 20. století se rodí nové kriminalistické metody. Mezi ně patří například balistika, mechanoskopie, trasologie, kriminalistická biologie, kriminalistické zkoumání jedů, léčiv a drog a metody kriminalistické taktiky. V druhé polovině 20. století dochází k významnému rozvoji stávajících metod. Vznikají také novodobé kriminalistické metody, z nichž nejvýznamnější je identifikační metoda analýzy DNA, kriminalistická chemie a elektrotechnika nebo kriminalistické zkoumání mikroskopem. Za nejmladší metodu můžeme považovat forenzní biomechaniku. Celkově se kriminalistika velmi rychle vyvíjí a může za to technický pokrok a vývoj informačních technologií.[6]



Obr. 1: Průkopníci kriminalistiky ve světě [6]



Obr. 2: Hans Gross a Alphonse Bertillon [4]

1.2 Pojem kriminalistika

Kriminalistika jako celek je složena z mnoha vědních oborů. Jedním z nejmladších vědních oborů je forenzní biomechanika. Kriminalistiku lze chápat dvěma způsoby – jako vědu technickou a pomocnou vědu práva. První způsob je rozšířený v západních zemích, například v USA nebo Velké Británii. Kriminalistiku zde označují jako „forensic science“, tedy forenzní vědu, která se zabývá převážně zkoumáním technických a přírodovědeckých důkazů. Druhý způsob chápání kriminalistiky jako pomocné vědy práva se nejčastěji používá ve východních zemích. Pod tímto pojmem se skrývá nejen technická část kriminalistiky, ale i část teoretická jako je kriminalistická metodika a taktika. [6,1]

Obecná definice kriminalistiky:

„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 FORENZNÍ BIOMECHANIKA

2.1 Historie forenzní biomechaniky

Forenzní biomechanika vychází ze dvou vědních oborů, a to z biomechaniky a z kriminalistiky a také ze znalecké praxe. Biomechanika jako mateřská disciplína je stará více jak 110 let, stejně jako vědecká kriminalistika. Biomechanické poznatky jsou široce používány v různých oborech jako například v medicíně, sportu, rehabilitačních zařízeních nebo při náhradách svalově-kosterního aparátu. Díky rozvoji kriminalistické techniky a kriminalistiky obecně mohla vzniknout nová vědní disciplína - kriminalistická biomechanika.[7]

V 60. a 70. letech 20. století byla biomechanika jen velmi zřídka používána při řešení kriminalistických případů. Forenzní biomechanika je velmi mladý obor z pohledu dějin. Teprve od 90. let minulého století vzniká nový samostatný obor forenzní biomechanika. V kriminalistice se začal systematicky rozvíjet tento znalecký obor až koncem 90. let a to hlavně v biomechanických aplikacích a realizovali se i systematické experimenty. Můžeme tedy říci, že kriminalistická biomechanika neboli forenzní biomechanika je nejmladší oblastí kriminalistické techniky. První publikovaná práce u nás, která se zabývala biomechanikou, vznikla v roce 1971. V 70. a 80. letech se pak tomuto tématu věnovali prof. Judr. Ing. Viktor Porada, DrSc. a prof. PhDr. Vladimír Karas, DrSc., a v 90. letech podrobněji zpracoval forenzní biomechaniku prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc., který je v současnosti považován za největšího odborníka na tuto problematiku v ČR. [7]

2.2 Pojem a definice forenzní biomechaniky

Forenzní biomechanika a její vývoj je úzce spjat se znaleckou praxí.

Prvotní definice kriminalistické biomechaniky, kterou formuloval prof. PhDr. Vladimír Karas v roce 1987, zněla takto:

„Biomechanika je definována jako interdisciplinární věda, zabývající se především studiem mechanické struktury a mechanického chování živých systémů a jejich interakcí s okolím“[7]

Z této definice vyplývá, že aby bylo možné aplikovat biomechaniku v kriminalistice, musí pachatel zanechat na místě trestného činu svou stopu. Tato stopa musí mít biomechanický

obsah, kterým může být informace o svalově-kosterním aparátu nebo jeho pohybové chování ve stopě.

Definice forenzní biomechaniky pak 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.“ [3]

Z biomechanického obsahu kriminalistické stopy, kterou pachatel zanechal, lze určit motorické chování nebo individuální vlastnosti pachatele (výška, váha). Kriminalistické stopy s biomechanickým obsahem odrážejí funkční a dynamický projev člověka.

2.3 Současné aplikace forenzní biomechaniky

V současné době probíhá aplikace forenzní biomechaniky ve dvou základních směrech. První směr se zabývá kriminalistickými stopami s biomechanickým obsahem a druhý směr zkoumá interakci systému člověk-okolí a kriminalisticky relevantní změny, které tímto důsledkem vznikly.

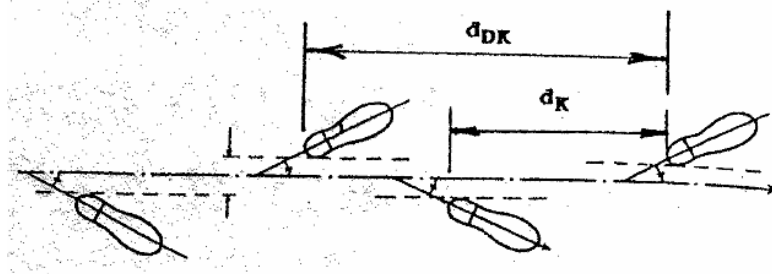
Biomechanický obsah trasologických a daktyloskopických stop, pád z výšky, extrémní zatěžování organismu a bipedální lokomoce byly pomocí biomechaniky první aplikované směry v kriminalistice.

2.3.1 Biomechanický obsah trasologických stop

Biomechanický obsah trasologických stop je nejzpracovanější část forenzní biomechaniky. Trasologické stopy nejlépe odrážejí funkční a dynamické vlastnosti člověka. Díky těmto vlastnostem lze dekódovat biomechanické informace osoby. Biomechanický obsah trasologických stop můžeme rozdělit na tři skupiny, a to na geometrické, kinematické nebo dynamické znaky osob.

2.3.1.1 Geometrické znaky biomechanického obsahu

Geometrické znaky biomechanického obsahu trasologických stop se často vyskytují v prostorovém uspořádání stopy nebo souboru stop. Základní charakteristické geometrické znaky biomechanického obsahu jsou délka a šířka bosé nohy, obuvi nebo stopy obuvi. Dále pak to může být délka kroku nebo dvojkroku a úhel pravé nebo levé stopy. Délka kroku nebo dvojkroku je vzdálenost mezi špičkou pravé nohy a špičkou levé nohy nebo patou pravé nohy a patou levé nohy. Pokud ovšem pachatel běží, je lepší měřit vzdálenost dvojkroku, protože pata se při běhu téměř neotiskne do okolí. Vnitřní tečna a osa lokomoce svírají tzv. úhel stopy viz obr.3. [7]



Obr. 3: Pěšinka lokomoce – souvisle řazené trasologické stopy chůze

d_{DK} - délka dvojkroku, d_K - délka kroku, α - úhel stopy [7]

Pro výpočet tělesné výšky z délky kroku nám slouží tyto vzorečky.

Do délky kroku 70 cm použijeme tento vzorec[7] :

$$v_T = 0,297d_K + 153 \text{ (cm)} \quad (1)$$

Pro délku kroku nad 70 cm použijeme následující vzorec[7] :

$$v_T = 0,315d_K + 163 \text{ (cm)} \quad (2)$$

Pokud budeme chtít zjistit tělesnou výšku z délky dvojkroku, použijeme tyto vzorečky.

Pro délku dvojkroku do 142 cm použijeme tento vzorec[7] :

$$v_T = 0,157d_{DK} + 151 \text{ (cm)} \quad (3)$$

Pokud má dvojkrok velikost větší než 142 cm použijeme tento vzorec[7]:

$$v_T = 0,175d_{DK} + 155 \text{ (cm)} \quad (4)$$

Pro určení tělesné výšky z délky a šířky bosé nohy slouží následující vzorec, kde v_T je tělesná výška, d_n je délka nohy a \check{s}_n je šířka nohy.

$$v_T = 3,1d_n + 4,0\check{s}_n + 53(\text{cm}) \quad (5)$$

Takto vypočítaná výška osoby se od reálné výšky osoby liší v průměru o 2 cm. Dalším způsobem zjištění tělesné výšky je určení ze stopy botou. Tady nás opět zajímá šířka obuvi \check{s}_o a délka obuvi d_o . Vzorec pro vypočítání tělesné výšky z rozměrů obuvi je pak [7] :

$$v_T = 2,6d_o + 4,3\check{s}_o + 55(\text{cm}) \quad (6)$$

Další oblastí geometrických znaků biomechanického obsahu je po chůzi také běh. Z běhu opět můžeme předikovat pravděpodobnou tělesnou výšku. Na rozdíl od chůze má běh tři fáze. První fáze je odraz, pak následuje fáze letu a nakonec fáze dopadu. Při běhu se pata téměř nedotýká podložky. Tím pádem můžeme v praxi určit, kdy pachatel běžel a kdy pouze šel. Pro běh byly zjištěny tyto lineárně regresní vzorečky, které slouží k určení pravděpodobné tělesné výšky pachatele.

Pro výpočet tělesné výšky z délky jednoho kroku běhu nám slouží tento vzorec [7] :

$$v_T = 0,758d_K + 83 \text{ (cm)} \quad (7)$$

Pro výpočet tělesné výšky z délky dvojkroku běhu nám slouží pak tento vzorec [7] :

$$v_T = 0,322d_{DK} + 101 \text{ (cm)} \quad (8)$$

Pro přesnější výpočet pak můžeme použít kombinaci kroku a dvojkroku běhu a dostaneme vzorec, ze kterého se tělesná výška vypočítá takto [7] :

$$v_T = 0,379d_K + 0,161d_{DK} + 92 \text{ (cm)} \quad (9)$$

Tyto všechny vztahy platí za normálních podmínek, což znamená bez zatížení a jiných ovlivňujících podmínek na rovném a tvrdém materiálu. V různých materiálech jako je sníh, písek, škvára, asfalt, bychom tyto vzorečky museli upravit podle koeficientu prostředí viz tabulka.

Druh podkladu	Lineárně regresivní vztahy
oranice	$v_T = 0,278d_K + 0,175d_{DK} + 134$
sníh	$v_T = 0,248d_K + 0,194d_{DK} + 126$
písek	$v_T = 0,322d_K + 0,196d_{DK} + 118$
škvára	$v_T = 0,384d_K + 0,218d_{DK} + 109$
asfalt	$v_T = 0,308d_K + 0,217d_{DK} + 119$

Tabulka 1: Lineární regrese v závislosti na dvou proměnných při chůzi v různém druhu podkladu [7]

Dále pak rozlišujeme chůzi a běh v různých topografických podmínkách. Máme na mysli chůzi do svahu nebo ze svahu nebo také běh do svahu nebo ze svahu. Za těchto podmínek se vzorce opět upravují. [7]

2.3.1.2 Kinematické znaky biomechanického obsahu

Další skupinou trasologických stop s biomechanickým obsahem jsou stopy s kinematickými znaky. Tento typ stop se zabývá rychlostí bipedální lokomoce. Následující vzorečky platí pouze pro pohyb v normálních podmínkách, to je pohyb na tvrdém, rovném a horizontálním povrchu. Pokud známe délku dolní končetiny, kterou měříme od podložky k přední straně kosti kyčelní (*spina iliaca anterior superior*) a délku kroku, můžeme je v praxi použít v následujících vzorcích pro výpočet rychlosti.

Pro chůzi a minimální délku dolní končetiny 0,9151 m platí[7] :

$$v = 3,23.l - 0,56 \text{ (m/s)} \quad (10)$$

Pro maximální délku dolní končetin 1,0113 m platí[7] :

$$v = 3,23.l - 0,87 \text{ (m/s)} \quad (11)$$

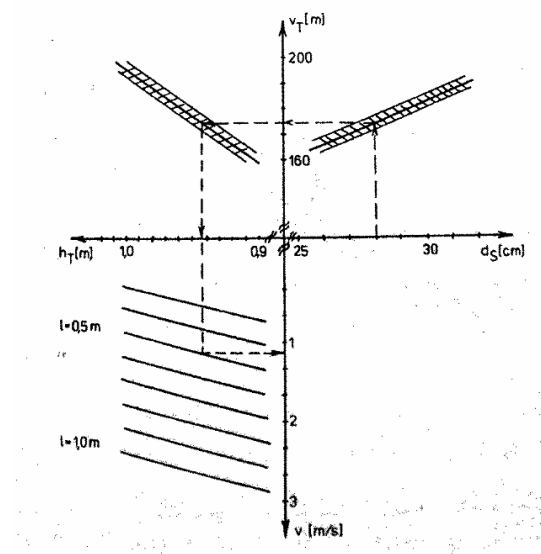
Pro běh a minimální délku dolní končetiny 0,9151 m platí[7] :

$$v = 3,06.l - 0,19 \text{ (m/s)} \quad (12)$$

Pro maximální délku dolní končetin 1,0113 m platí[7] :

$$v = 3,06.l - 0,40 \text{ (m/s)} \quad (13)$$

Graficky můžeme tuto závislost délky dolní končetiny a rychlosti lokomoce vidět na obr. 4.



Obr. 4: Závislost rychlosti chůze na délce stopy (d_s), délce dolní končetiny (h_T) a délce kroku (l) [7]

V kriminalistické praxi ovšem nemáme možnost měřit délku dolní končetiny, ale musíme vycházet pouze ze stop na místě činu. Na místě činu můžeme měřit pouze stopy bot a délku kroku nebo dvojkroku. Tyto naměřené hodnoty pak můžeme uplatnit v následujících vzorcích pro výpočet pravděpodobné rychlosti lokomoce.

Pro chůzi platí následující rovnice[7] :

$$v = 9,314d_K - 2,226 \text{ (m/s)} \quad (14)$$

$$v = 11,962d_K - 1,440d_{DK} - 1,784 \text{ (m/s)} \quad (15)$$

$$v = 11,962d_K - 26,831d_{DO} - 34,613d_{SO} + 7,554 \text{ (m/s)} \quad (16)$$

Pro běh platí následující rovnice[7] :

$$v = 5,761d_K - 5,055 \text{ (m/s)} \quad (17)$$

$$v = 11,351d_K - 3,23d_{DK} + 3,905 \text{ (m/s)} \quad (18)$$

$$v = 11,351d_K - 18,88d_{DO} - 24,35d_{SO} + 6,09 \text{ (m/s)} \quad (19)$$

kde je v - rychlost lokomoce (m/s), d_K - délka kroku (m), d_{DK} - délka dvojkroku (m), d_{DO} - délka stopy obuvi (m), d_{SO} - šířka stopy obuvi (m).

Takto vypočtená rychlost lokomoce se od skutečné rychlosti lokomoce může lišit $\pm 0,35 km/h$. Čím více máme samozřejmě proměnných, tím je odchylka menší. Rychlost lokomoce je také rozdílná u sportovců a běžných lidí. Dalším faktorem, na kterém je rychlost lokomoce závislá je fyzický stav osoby, pohybové schopnosti člověka nebo zdravotní stav. [7]

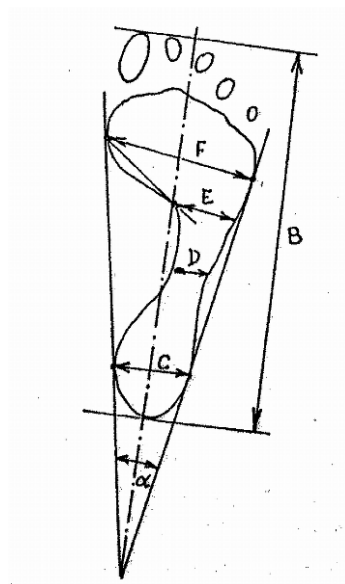
Jako další kinematický znak biomechanického obsahu můžeme uvést frekvenci kroků. Pokud osoba bude zvyšovat rychlost lokomoce od $0,25 m/s$ do $1,00 m/s$ bude se téměř lineárně zvyšovat i počet kroků – frekvence a to od $0,6$ kroků /s do $1,63$ kroků /s. Pokud porovnáme chůzi žen a mužů, dojdeme k závěru, že ženy mají vyšší frekvenci kroků než muži, při stejné rychlosti chůze. [7]

Autor, rok	Závislost
Sholz, 1953	$f \text{ (kroků/min)} = (C_1 \cdot v + C_2)^{1/2}$
Dean, 1965	$f \text{ (kroků/min)} = 63 \cdot v^{0,65}$
Grive-Gear, 1966	$f \text{ (kroků/min)} = 64,8 \cdot v^{0,57}$
Cavagna-Margaria, 1966	$f \text{ (kroků/sec)} = \frac{v}{0,362 + 0,257 \cdot v}$ <p>platí pro $v \in \langle 0,83; 2,7 m/s \rangle$</p>

Tabulka 2: Formulace pro odhad frekvence kroků při chůzi [7]

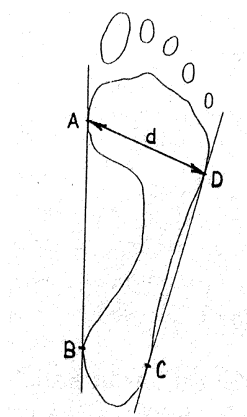
2.3.1.3 Dynamické znaky biomechanického obsahu

Dynamické znaky biomechanického obsahu patří do poslední kategorie geometrických znaků trasologických stop. Tato kategorie se zabývá převážně stopami bosých chodidel. Otisk bosých nohou můžeme považovat za daktyloskopickou stopu, pokud na něm jsou zřetelné papilární linie. V případě, že jsou daktyloskopické markanty nečitelné, tuto stopu považujeme za trasologickou. Dokonce i v obuvi může zanechat bosá noha atypický tvar, ze kterého pak následně můžeme zjistit například deformaci nebo anomálii chodidla. Plantogram je dokonalý otisk bosé nohy na podložku. Na obr. 5 je osm identifikačních faktorů bosé nohy. Jsou to vzdálenosti AB, AC, AD, AE, AF, CD, CB a úhel α . O těchto měřených faktorech můžeme říci, že jsou neměnné a stabilní do doby jednoho měsíce při zátěži. Pokud chceme identifikovat osobu podle plantogramu, musíme důkladně měřit parametry palatogramu s přesností na 0,5 mm. [7]



Obr. 5: Vyznačení měřených parametrů na plantogramu bosé nohy [7]

Z biomechanického obsahu trasologických stop lze kromě výšky pachatele určit také hmotnost pachatele. Kombinací těchto dvou veličin, si můžeme snadno představit osobu, která zanechala stopu na místě činu a tím zmenšit počet podezřelých.



Obr. 6: Vyznačení parametru pro výpočet tělesné hmotnosti [7]

Vzorec pro vypočítání pravděpodobné hmotnosti osoby vypadá následovně:

$$h = k_i \cdot d \text{ (kg) pro } i = 1, 2, 3 \quad (20)$$

Kde je h hmotnost těla (kg), d je délka příčného řezu změřená na chodidle nebo plantogramu (cm), a k_i je koeficient, k_1 - subjekt bez rozlišení pohlaví, k_2 - muž, k_3 - žena a σ je směrodatná odchylka.

Pro tyto koeficienty platí následující tabulky:

Koeficient k_i	Hodnota pro pravou i levou nohu	σ
k_1	6,585	2,757
k_2 (muž)	6,822	4,639
k_3 (žena)	6,305	4,921

Tabulka 3: Hodnoty koeficientů pro plastickou stopu [7]

Koeficient k_i	Hodnota pro pravou i levou nohu	σ
k_1	6,942	2,972
k_2 (muž)	7,505	5,002
k_3 (žena)	6,775	5,303

Tabulka 4: Hodnoty koeficientů pro plošnou stopu [7]

Při dosazení do vzorců je možné spočítat pravděpodobnou váhu pachatele s přesností $\pm 4,5 \text{ kg}$ a není podstatné, jestli je stopa plastická nebo plošná. K těmto vzorcům dospěl Robbins v roce 1986. Tato metoda ovšem neumožňuje predikci tělesné hmotnosti ze stopy obuvi, ale pouze z plantogramu bosého chodidla. [7]

Pro přesnější výpočet predikce tělesné hmotnosti osoby můžeme použít následující vzorec. S těmito vzorci můžeme dosáhnout přesnost hmotnosti až na $\pm 2 \text{ kg}$.

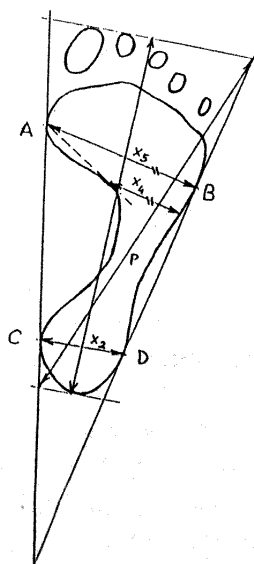
Pro soubor mužů platí k predikci přesnější hmotnosti následující vzorec [7]:

$$h = 2,1p + 10,8x_2 + 1,3x_4 + 2,7x_5 - 75,9 \text{ (kg)} \quad (21)$$

Pro soubor žen pak platí k predikci přesnější hmotnosti následující vzorec [7]:

$$h = 1,9p + 2,8x_2 + 1,4x_4 + 4,2x_5 - 37,4 \text{ (kg)} \quad (22)$$

kde h je hmotnost (kg), 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. Všechny šířkové rozměry x_2 , x_4 , x_5 a úhlopříčný rozměr p vycházejí v cm . [7]



Obr. 7: Parametry plantogramu k přesnější predikci hmotnosti osoby [7]

Stopa plantogramu tedy může sloužit k identifikaci osob nebo k predikci tělesné hmotnosti a tím pádem můžeme z jedné trasologické stopy získat několik informací o osobě, která tuto stopu zanechala. [7]

2.3.2 Biomechanika pádů

Nejčastěji používaná aplikace forenzní biomechaniky je právě biomechanika pádů. Ze sto objasněných případů se biomechanika pádů zabývá 43. Tato část forenzní biomechaniky má dva směry. První směr se zabývá analýzou kriminálních případů; jedná se o dobře dokumentované případy nešťastné náhody, sebevraždy nebo vraždy. Druhý směr se zabývá experimentálním výzkumem, který spočívá v tom, že dobrovolníci skáčou z vysoké věže do vody a jejich skok se nahrává a poté se pohyby lidského těla analyzují. V dnešní době se k rekonstrukci biomechaniky pádu používají počítačové programy, které umožňují simulovat pád těla ve 2D a 3D prostředí nebo se používají vhodné figuríny. Díky této aplikaci forenzní biomechaniky můžeme určit zda člověk sám skočil, uklouzl nebo byl strčen. [3]

2.3.2.1 Rozdělení pádu

Pády můžeme rozdělit do tří skupin a to podle výšky pádu na:

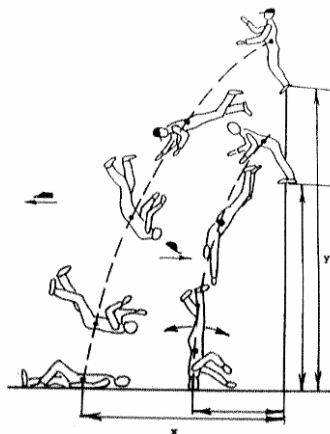
1. Pád ze stoje
2. Pád z výšky
3. Volný pád

První kategorie jsou pády ze stoje, které můžeme definovat takto:

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

V těchto případech vznikají poranění hlavy, jelikož tělo většinou dopadá na břicho nebo záda.

Druhou skupinou je pád z výšky. Jak už vyplývá z názvu, tento pád vzniká, pokud člověk vypadne z okna nebo stojí na vyvýšeném místě a překlopí se kolem překlopné hrany (viz obr.). Při pádu je tělo urychlováno tíhovou konstantou, pohyb je rovnoměrně zrychlený a těžiště těla se pak pohybuje buď po vertikále nebo po parabole. Velikost odporu vzduchu je minimální a můžeme ji tedy zanedbat.



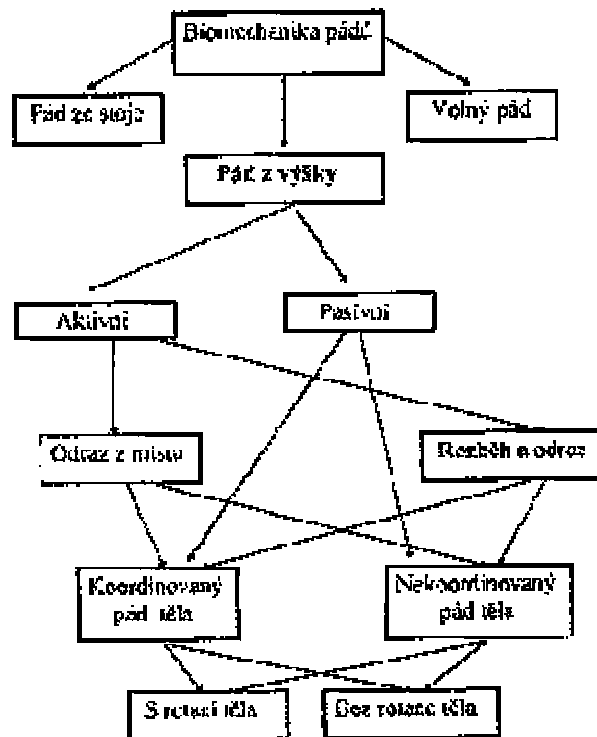
Obr. 8: Schéma pádu z výšky [3]

Poslední skupinu tvoří volné pády. Volný pád vznikne tehdy, když člověk padá z velmi vysoké výšky například z letadla. Nejdříve je pohyb rovnoměrně zrychlený a když dosáhne odpor vzduchu velikosti tíhové síly, tělo člověka padá konstantní rychlostí.

Dále pak můžeme pády rozdělit na aktivní nebo pasivní. Záleží na stavu těla před vlastním pádem, zda bylo v pohybu, pak je to aktivní pád nebo v klidu a jedná se o pasivní pád. Pokud tělo člověka při pádu rotuje, můžeme o pádu říci že je s rotací, popřípadě bez rotace. [3]

Dopady můžeme také rozdělit podle nálezu poškození těla a to na primární nebo sekundární. Primární dopad těla je vlastně přímý úder na určitou část těla. Při dopadu může dojít k odrazu a tím k sekundárnímu dopadu těla. [7]

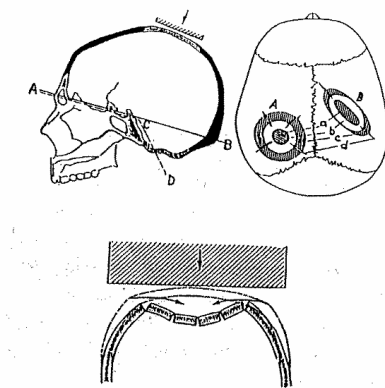
Když tělo začne padat, může nabývat určité polohy. Při vertikální poloze tělo dopadá nejčastěji na hlavu, nohy, oblast kolen a sedací část. Naopak při horizontální poloze dopadá tělo buď na přední plochu těla (břicho) nebo zadní plochu těla (záda) nebo na boční část těla. [7]



Obr. 9: Schéma biomechaniky pádů [7]

2.3.3 Extrémní dynamické zatěžování organismu

Pokud je oběť napadena úderem pěstí, kamenem, kladivem nebo jiným pevným předmětem, jedná se o extrémní zatěžování organismu. Nejčastěji se vyskytuje napadení hlavy. Tato část forenzní biomechaniky se zabývá snášením a odolností organismu na vnější vlivy. Díky těmto biomechanickým analýzám lze určit jaký úder vede k fraktuře lebky a jaký pouze ke zhmoždění tkáně. Lze také odhadnout zda člověk byl usmrčen ihned nebo ještě žil nějakou dobu a tedy zda se dal zachránit jeho život. Pokud překročíme hranici snášenlivosti člověka na dynamické zatížení organismu, hovoříme pak o smrtelných zraněních. Velký význam pro posouzení dynamického zatížení organismu má zjištění následujících mechanických dat. Nejčastěji pak hovoříme o rychlosti $v(t)$ a zrychlení $a(t)$, kterým byly orgány nebo orgánové celky vystaveny. Dále pak gradient zrychlení $a(t)$, ten vyjadřuje rychlost změny zrychlení, vzniklá napětí, velikosti a směry sil v závislosti na dráze nebo čase, popřípadě impulsy sil. Nejdůležitější mechanické činitele, na kterých závisí rozsah poranění tupým předmětem jsou velikost působící rázové síly, doba působení rázu a velikost plochy na kterou rázová síla působí. [3,7]



Obr. 10: Anatomická (AB) a biomechanická hranice (ACD) traumatu lebky.

Projekce kontaktních ploch poranění při úderu plochým nebo sférickým předmětem (A) a poranění lebky cylindrickým předmětem (B), a- zóna maximálního tlaku, b- zóna maximálního namáhání, c- zóna maximálního napětí (napětí na tah), d- prasky ve směru maximálního namáhání [7]

2.3.4 Biomechanický obsah stop ručního písma

Ruční písmo je vědomým výcvikem získaná dovednost, která obsahuje informace o dynamických a funkčních vlastnostech osoby. V dnešní době je prokázána individuálnost písemného stereotypu. Tento stereotyp můžeme popsat následovně.

„Dynamický stereotyp je ustálený, automatizovaný systém reakcí organismu na opakující se podmínky.“

Biomechanický obsah ručního písma můžeme definovat takto:

„Biomechanickým obsahem ručního písma, vytvořeného při spontánním psaní, budeme rozumět ty znaky, které odrážejí biologické vlastnosti pisatele, funkční a psychický stav objektu a vliv vnějších a vnitřních podmínek na pisatele a stav jeho organismu.“

V biomechanickém obsahu ručního písma můžeme sledovat hned několik vlastností, například biologické vlastnosti pisatele a stav jeho organismu. Další možností je sledování kinematických a dynamických vlastností při vzniku písma, což může být rychlost písma, charakter tahu písma nebo přítlak při psaní. Fyziologické a psychologické stavy mají opět vliv na ruční písmo a je možné poznat zda je člověk opilý nebo střízlivý. Posledním činitelem je vliv prostředí. Vlivem prostředí může být myšlen vliv sociální, fyzikální nebo geografický. [7]

V písemném projevu mužů a žen jsou patrné určité rozdíly. Můžeme předpokládat s určitou pravděpodobností, že se jedná o psaný projev muže nebo ženy, protože každé pohlaví má převyšující počet určitých markantů v písmu a podle toho se dá určit míra pravděpodobnosti. Pravděpodobnost, že se jedná o rukopis ženy lze určit v rozmezí 27-57% a rukopis muže v rozmezí 20-27%, viz tabulky 5 a 6 níže.

Název znaku mužského písma	Rozdíl relativních četností (%)
x_1 - malá vzdálenost mezi řádky	23
x_2 - průměrná vzdálenost mezi řádky	23
x_3 - pravoběžnost písma	27
x_4 - umístění data vlevo	20
x_5 - čárka přes " t "	27
x_6 - krátké koncové tahy	26

Tabulka 5: Přehled rozdílů relativních četností znaků písma mužů [7]

Název znaku ženského písma	Rozdíl relativních četností (%)
x_7 - velká vzdálenost mezi řádky	27
x_8 - spojitost písma	27
x_9 - vždy nahoře uzavřené " a " , " o "	40
x_{10} - existence krycího tahu	57

Tabulka 6: Přehled rozdílů relativních četností znaků písma žen [7]

Další možností využití ručního písma a jeho biomechanického obsahu je určení tělesné výšky pisatele z nápisu na svislé ploše. Experimentálně byly zjištěny závislosti mezi spodním okrajem x_2 a horním okrajem x_1 písma a tělesnou výškou osoby, které můžeme vidět v tabulce.

Psací prostředek	Rovnice
Slabý štětec	$v_T = 0,40x_1 + 0,33x_2 + 50,71$
Malířská štětka	$v_T = 0,43x_1 + 0,34x_2 + 51,66$
Sprej	$v_T = 0,56x_1 + 0,36x_2 + 31,85$
Křída	$v_T = 0,77x_1 + 0,58x_2 - 51,40$

Tabulka 7: Závislost tělesné výšky pisatele na horním a dolním okraji písma [7]

Nejdůležitější pro praktické použití je zjistit, jakým psacím prostředkem byl nápis napsán a určit zda šlo o štětec, sprej nebo malířskou štětku. Po dosazení do vzorců můžeme určit pravděpodobnou výšku pachatele s přesností 5 cm. Odchyly mohou být větší, protože záleží i na ostatních faktorech, a to zejména na vzdálenosti od plochy a způsob držení psacího ústrojí.

2.3.5 Biomechanický obsah stop rukou

Biomechanický obsah stop rukou můžeme zkoumat v trasologických nebo daktyloskopických stopách. Pro kriminalistickou identifikaci je důležitá věková hranice zkoumané osoby. Výzkumem bylo dokázáno, že ukončení růstu ruky nastává v 16 letech. Růst nohy je pak ukončen v 17 letech. Pravá a levá ruka nejsou stejné, ale pro určení tělesné výšky je tento rozdíl zanedbatelný, viz tabulka 8.

Měřený parametr	Měřená hodnota (cm)	Střední odchylka (cm)
Délka pravé ruky	19,42	1,63
Délka levé ruky	19,35	1,58
Šířka pravé ruky	8,39	0,77
Šířka levé ruky	8,36	0,75

Tabulka 8: Rozměrové diference parametrů ruky z hlediska laterality [7]

Z rozměrů ruky pak můžeme vypočítat pravděpodobnou výšku na základě těchto vzorců[7]:

$$v_T = 2,06d_D + 127,97 \text{ (cm)} \quad (23)$$

$$v_T = 3,13d_S + 141,67 \text{ (cm)} \quad (24)$$

Po úpravě vznikne tato rovnice pro obě proměnné[7] :

$$v_T = 1,03d_D + 1,56d_S + 134,82 \text{ (cm)} \quad (25)$$

kde v_T - tělesná výška (cm), d_D - délka ruky (cm), d_S - šířka ruky (cm)

2.3.5.1 Vztah parametrů stopy ruky k predikci tělesné výšky

Pro kriminalisty a soukromé detektivy jsou důležité hlavně stopy rukou, z kterých lze určit pravděpodobná výška pachatele. Na obr.11 lze vidět měřené parametry, které jsou důležité pro predikci výšky.



Obr. 11: Rozměrové parametry na vnitřní straně ruky [7]

kde d_{DR} je délka stopy ruky, d_{SR} je šířka stopy ruky a d_{p1} - d_{p5} jsou délky stop jednotlivých prstů.

Tělesnou výšku můžeme pak podle jednotlivých rozměrů vypočítat takto[7] :

$$v_T = 8,95d_{DR} + 13,67 \text{ (cm)} \quad (26)$$

$$v_T = 45,45d_{SR} - 186,33 \text{ (cm)} \quad (27)$$

$$v_T = 32,86d_{p1} - 28,59 \text{ (cm)} \quad (28)$$

$$v_T = 17,05d_{p2} + 52,62 \text{ (cm)} \quad (29)$$

$$v_T = 26,97d_{p3} - 41,58 \text{ (cm)} \quad (30)$$

$$v_T = 20,83d_{p4} + 17,27 \text{ (cm)} \quad (31)$$

$$v_T = 22,73d_{p5} + 36,80 \text{ (cm)} \quad (32)$$

Zajištěná stopa vnitřní strany rukou obsahuje až 7 měřitelných parametrů. Když si zvolíme dva nejdůležitější parametry, dostaneme následující rovnici[7] :

$$v_T = 4,47d_{DR} + 22,72d_{SR} - 86,33 \text{ (cm)} \quad (33)$$

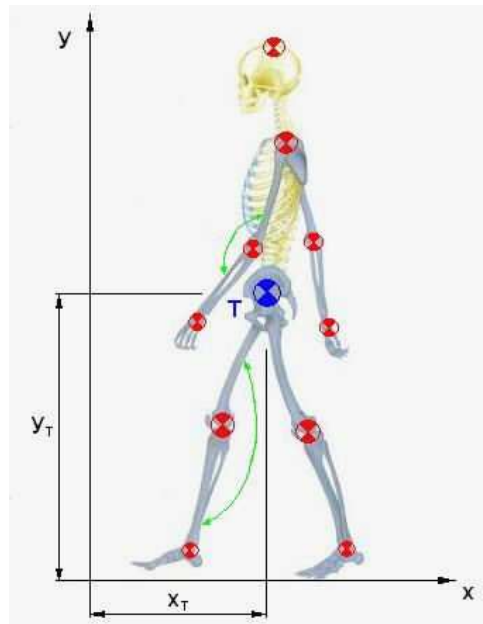
Poslední rovnice obsahuje všech 7 měřitelných parametrů stopy ruky[7] :

$$v_T = 1,28d_{DR} + 6,49d_{SR} + 4,69d_{p1} + 2,44d_{p2} + 3,85d_{p3} + 2,98d_{p4} + 3,25d_{p5} - 19,45 \text{ (cm)} \quad (34)$$

2.3.6 Biomechanická analýza chůze

Biomechanická analýza chůze je velmi zajímavá aplikace forenzní biomechaniky. Začátkem 90. let se začínaly objevovat první aplikace identifikace podle stereotypu chůze. V současnosti je výzkum této aplikace velmi intenzivní jak u nás tak v zahraničí. U nás je největším průkopníkem této aplikace prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc. Výhodou této aplikace je použití v oblasti bezpečnosti. Pro analýzu chůze nám stačí záběr z bezpečnostní kamery, která nemusí mít velké rozlišení, tím pádem můžeme osobu sledovat z větší vzdálenosti. Výhodou identifikace podle chůze je, že tato metoda je neinvazivní, osoba vůbec nemusí tušit, že je natáčena. Například zloděj benzínové pumpy má na hlavě kuklu a ze záběru kamer nelze identifikovat jeho obličej, ale pomocí biomechanické analýzy chůze jej můžeme identifikovat.

Dynamický stereotyp každého člověka je jedinečný, což nám umožňuje identifikaci člověka podle bipedální lokomoce. Identifikační znaky bipedální lokomoce jsou založeny na zkoumání kinematiky pohybu a geometrie těla. [3]



Obr. 12: *Body a úhly popisované při identifikaci podle pohybu [8]*

2.3.7 Ostatní aplikace forenzní biomechaniky

Mezi ostatní aplikace forenzní biomechaniky patří analýza střetného boje. Zde jde hlavně o určení reakčních časů, silového působení a reálnost obranných reakcí. Dopravní nehody a konstrukce motorových vozidel patří také do ostatních aplikací. Zde se posuzuje mechanické působení na účastníky dopravních nehod uvnitř vozidla nebo na sražené osoby. Bodnutí nožem, pád ze stoje na zem, pád ze schodů, nebo další výjimečné nebo kuriózní případy jako například třesení hlavou dítěte, oběšení nebo úrazy při rvačkách spadají také do této kategorie. [3]

3 SOUČASNÉ SMĚRY ZKOUMÁNÍ STOP

Trasologické stopy můžeme rozdělit do čtyř skupin. První skupinu tvoří stopy bosých a obutých nohou, další skupinou jsou stopy lidské lokomoce, stopy autodopravních prostředků a poslední skupinou jsou jiné stopy podobného druhu. Stopy rukou a dlaní patří do poslední kategorie, pokud na nich nelze vidět papilární linie. Ve chvíli, kdy stopa rukou nebo dlaní obsahuje papilární linie, spadají tyto stopy do stop daktyloskopických.

3.1 Daktyloskopie

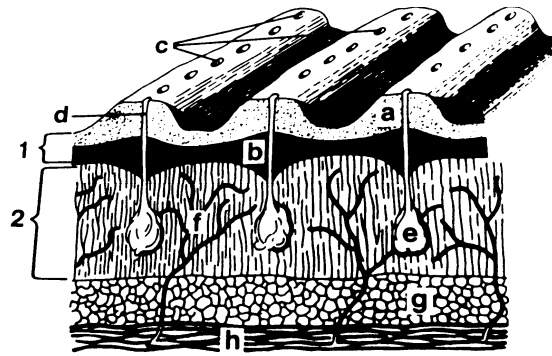
O daktyloskopii můžeme říci, že je to druhá nejstarší použitá kriminalistická metoda, která byla používána již před mnoha tisíci lety ve starých kulturách na území Číny. Tehdejší vládcové ji používali k ověření pravosti různých dokumentů a písemných aktů. Hlavním identifikačním prvkem je otisk obrazců papilárních linií. Ovšem až v 19. století byla daktyloskopie exaktně ověřena. Na ověření daktyloskopie se podílely osobnosti jako např. český přírodovědec Jan Evangelista Turkyň či angličtí lékaři Faulds a Herschel. Jako první ji pak obhájil sir Francis Galton, díky registračnímu systému. Díky němu se stává daktyloskopie na konci 19. století jednou z nejrozšířenějších identifikačních metod, která nahradila antropometrickou metodu identifikace osob. Daktyloskopie je mezi širokou veřejností dodnes nejpoužívanější a nejznámější identifikační metodou. Na většinu daktyloskopických stop můžeme aplikovat forenzní biomechaniku, například na otisk celé ruky nebo na otisk bosé nohy.[4]

3.1.1 Pojem daktyloskopie

Daktyloskopii můžeme jako pojem definovat:

„Daktyloskopie je vědní obor kriminalistické techniky, který zkoumá obrazce papilárních linií na vnitřní straně posledních článků prstů rukou, na dlaních a prstech nohou a chodidlech z hlediska zákonitostí jejich vzniku, vyhledávání, zajišťování a zkoumání s cílem identifikovat osobu.“[2]

Papilární linie mají souvislost s hmatovou a úchopovou funkcí končetin, avšak dodnes nebyl tento účel zcela objasněn. Avšak co lze s přesností říci je fakt, že obrazce papilárních linií se vyskytují pouze u lidských bytostí.



Obr. 13: Schéma stavby kůže s papilárními liniemi (podle Borovanského) [2]

1- pokožka (epidermis), 2- škára (curie), a- rohová vrstva, b- zárodečná vrstva, c- póry, d- vývody potních žláz, e- potní žlázy, f- cévy, g- podkožní tuk, h- svalstvo

3.1.2 Vznik daktyloskopické stopy

Daktyloskopická stopa vznikne když se pokožka s papilárními liniemi dotkne materiálu a zanechá tak na něm obrazec papilárních linií. Existuje několik způsobů vzniku daktyloskopických stop. Tyto stopy pak můžeme rozdělit do 2 skupin: neviditelné (latentní) a viditelné. Viditelné jsou pak navrstvené, odvrstvené a plastické.

Neviditelné neboli latentní daktyloskopické stopy vznikají díky potu při dotyku pokožky s čistým nosičem a jsou nejčastější. Navrstvené jsou viditelné a vznikají tak, že nečistota na pokožce, jakou může být například krev, prach nebo barva, se přenesou dotykem na povrch čistého nosiče. Naopak u odvrstvených stop je nečistota na povrchu nosiče, kterou může být opět prach, barva, krev a při kontaktu s pokožkou dojde k sejmutí této nečistoty a vznikne opět obraz papilárních linií. V měkkém okenním tmelu při kontaktu s pokožkou může ojediněle dojít k plastické daktyloskopické stopě. [4]

3.1.3 Zajišťování daktyloskopických stop

Pokud chceme zkoumat latentní, tedy viditelné daktyloskopické stopy, musíme je nejdříve najít na místě činu. Zajišťování stop probíhá na místě činu. Primárním úkolem je najít a zviditelnit otisk papilárních linií. Máme několik druhů metod zviditelnění otisků. Může to být metoda fyzikální, chemická nebo kombinace fyzikálně-chemické metody.

První metoda je fyzikální a pracuje na rozdílu přilnavosti složek potu k pevným látkám a proto se musí používat na čerstvé stopy. Čím je daktyloskopická stopa starší, tím hůře se dá analyzovat. Ke zviditelnění stop se u této metody nejčastěji používají daktyloskopické prášky. Tím nejpoužívanějším je pak argenterát. Tento prášek je vlastně rozemletý hliník,

má stříbrošedou barvu. Dále se může použít grafit, karborafin, ultramarín, rumělka nebo bronzový, fluorescenční prášek. Pokud chceme zviditelnit daktyloskopickou stopu na papírových nosičích zvolíme například feromagnetický prášek. Pokud chceme sejmout latentní stopu z textilní látky, využijeme k tomu tkanol. V posledních letech se také začaly používat prášky s vyšší intenzitou, které jsou buď bílé nebo černé a hlavně mají velmi nízkou přilnavost k nosiči stopy. Pokud použijeme saze hořícího kafru, bude se také jednat o fyzikální metodu. Na lepidelném povrchu pak použijeme k zviditelnění krystalovou violet'. Na mastný povrch aplikujeme Súdánskou čern. [2]

Chemické metody zviditelňování latentních stop, jak už z názvu vyplývá, jsou založeny na chemické reakci potu a chemikálie. Nejčastěji se používá ninhydrin a dusičnan stříbrný. Tato metoda se hodí například je-li daktyloskopická stopa na papírovém nosiči a reakce chemikálií s potem trvá asi dva až tři dny. Další používaná chemická metoda je DFO. Jde o podobnou reakci jako u ninhydrinu, také reaguje s aminokyselinami potu. Je to modernější a rychlejší metoda s vyšší citlivostí. Jinými chemickými prostředky, které můžeme použít jsou oxid osmičelý a oxid rutheničelý.

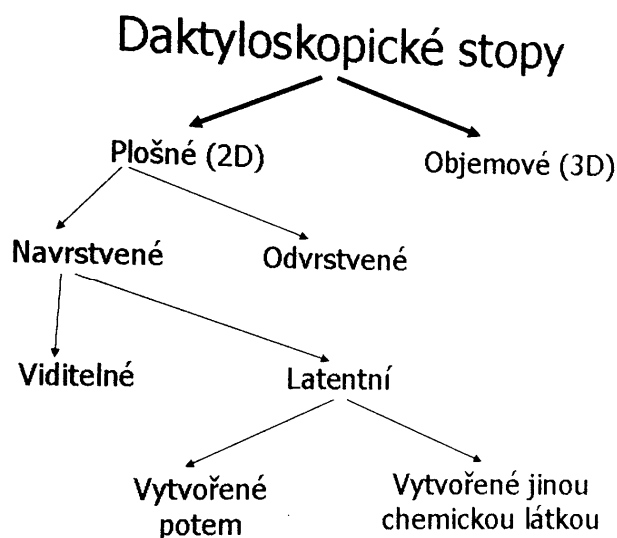
Poslední skupinu tvoří chemicko-fyzikální a speciální metody zviditelnění stop. Nejčastěji se používají jodové páry. Také lze použít metodu napařování kyanoakrylátu. Mezi ty speciální je možné zařadit autoelektronografii, autoradiografii, fluortec nebo laserové metody.

Chceme-li zajistit daktyloskopické stopy, použijeme jednu ze čtyř metod. První metoda se jmenuje in natura. Tato metoda spočívá v tom, že odebereme celý vzorek, tedy stopu i nosič stopy a celé to odešleme do laboratoře. Při transportu nemůže dojít ke zničení daktyloskopické stopy. Tuto metodu používáme například u papírových materiálů.

Nejčastěji používanou zajišťovací pomůckou je daktyloskopická fólie. Tato fólie má dvě části. Většinou se jedná o želatinovou fólii a krycí fólii. Princip sejmutí otisku je pak následující. Nejdříve nanese se prášek na daktyloskopickou stopu, poté odlepíme krycí fólii. Želatinovou fólii přiložíme na stopu, prstem přejedeme a odděláme. Pak už jen vrátíme krycí fólii a máme zviditelněnou daktyloskopickou stopu.

Dalším způsobem, jak můžeme zajistit daktyloskopickou stopu, je fotografování. Nejčastěji fotografujeme již předem zviditelněnou daktyloskopickou stopu nebo přímo plastickou stopu. V dnešní době se k zachycení obrazu používají digitální fotoaparáty. Kriminalističtí specialisté nebo pracovníci SBS používají na fotografování těchto stop upravené

fotoaparáty. Tyto digitální fotoaparáty umožňují vyfotit stopu v měřítku 1:1. Pokud chceme fotit stopu plastickou, použijeme šikmé osvětlení stopy, pokud fotíme zviditelněnou daktyloskopickou stopu, postačí nám obyčejné osvětlení a barevné filtry, popřípadě můžeme použít UV světlo na fluorescenční prášky. Plastická stopa se může sejmut i odlitím. K odlévání se dnes používají silikonové gumy Lukopren nebo Dentaflex. [2]



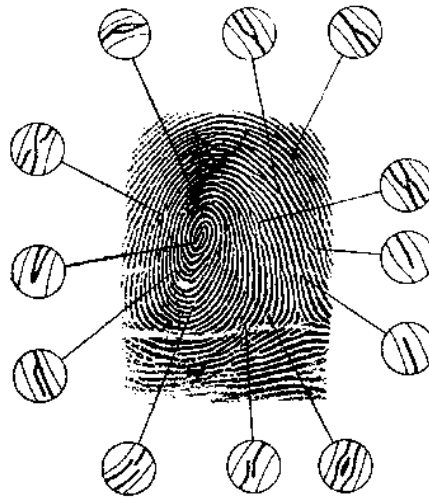
Obr. 14: Klasifikace daktyloskopických stop [2]

3.1.4 Zkoumání daktyloskopických stop

Pokud se budeme bavit o zkoumání daktyloskopických stop, budeme mít na mysli hlavně porovnávání daktyloskopických identifikačních znaků na dvou porovnávacích objektech. Cílem tohoto identifikačního procesu je posouzení, zda tyto dva vzorky mají stejné nebo rozdílné identifikační znaky. Pokud se znaky shodují, a jeden ze vzorků je v databázi, můžeme zjistit totožnost člověka.

Každý člověk má individuální papilární linie. Právě tyto papilární linie jsou charakteristickým identifikačním znakem. Papilární linie vytváří jedinečné a neměnné obrazce. Tyto obrazce jsou individuální identifikační znaky, které nazýváme daktyloskopické markanty. Ke zkoumání daktyloskopické stopy v ČR potřebujeme nejméně 10 markantů, abychom mohli určit individuální identifikaci. Pod pojmem upotřebitelná stopa se nachází otisk, který obsahuje více jak 10 markantů. Počet markantů k identifikaci se může v různých státech měnit. V Rusku stačí pouze 7 markantů a v Itálii je potřeba 17 markantů k upotřebitelné stopě. Na jednom otisku prstu můžeme najít průměrně

75-175 markantů. Daktyloskopické markanty mohou vypadat následovně (viz obr 15). Základní tvary markantů pak můžeme vidět na obr 16.



Obr. 15: Příklady markantů v konkrétním daktyloskopickém otisku [2]



Obr. 16: Daktyloskopické markanty [5]

Na porovnávání markantů se používají algoritmy. Nejdříve je otisk binarizován, pak se z něj extrahují identifikační znaky, zapíše se jejich souřadnice a nakonec se srovnají markanty pořízeného otisku s markanty v databázi. Tento postup se používá jak u policie, tak i v soukromých bezpečnostních službách, například ve snímačích otisků.

3.1.5 Biomechanický obsah daktyloskopických stop a jeho význam pro SBS

Pokud je na dlani nebo rukou vidět odraz papilárních linií, spadají tyto stopy do daktyloskopických stop. Z hlediska forenzní biomechaniky pro nás nejsou důležité papilární linie, ale rozměry ruky nebo prstů. Můžeme tedy říci, že daktyloskopická stopa může mít biomechanický obsah. Tímto obsahem rozumíme otisk celé ruky, dlaně nebo celého prstu, ale také otisk bosé nohy. Z těchto otisků můžeme vypočítat pravděpodobnou výšku člověka. U plantogramu bosé nohy dokonce i váhu člověka. Z anatomického hlediska můžeme říci, že vývoj ruky a chodidla je stejný jako vývoj tělesné výšky. Pokud máme daktyloskopickou stopu celé ruky a porovnáme ji se vzorky v databázi a nenajdeme žádnou schodu markantů, ztrácí tato stopa pro nás přínos. Tuto stopu ovšem můžeme využít k aplikaci jedné z metod forenzní biomechaniky, využít její biomechanický obsah a díky němu určit pravděpodobnou tělesnou výšku člověka. [3]

Stopy s biomechanickým obsahem mohou mít velký význam pro soukromou bezpečnostní službu. Jelikož soukromý detektiv nemá přístup do databáze otisků policie, je pro něj velmi těžké maximálně využít daktyloskopickou stopu. Naopak, pokud použije vědomosti z forenzní biomechaniky, může určit výšku pachatele a tím zmenšit počet eventuelních podezřelých. Získat otisky od podezřelých a porovnat je s danou výškou je pro soukromého detektiva snadný úkol. Kombinací forenzní biomechaniky a daktyloskopie soukromý detektiv může získat důležité důkazy k trestnímu nebo správnímu řízení.

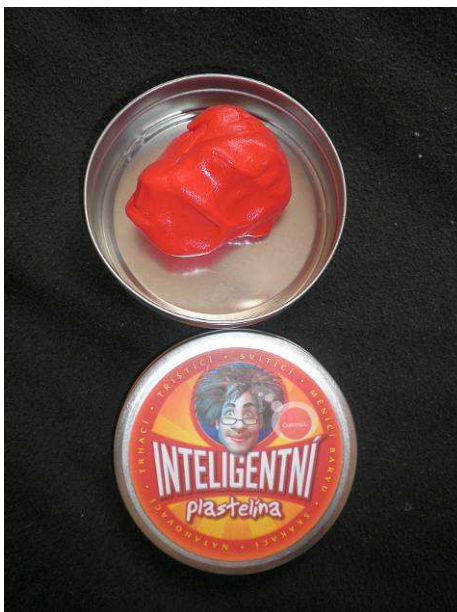
II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ APLIKACE BIOMECHANIKY

Samotné ověřování biomechaniky jsem chtěl původně provádět v laboratorních podmínkách a to ve spolupráci s Policejní akademií České republiky (PA ČR), což by mi umožnilo se prakticky zabývat většinou metod forenzní biomechaniky, ale bohužel jejich dostatečně odborné vybavení je dostupné pouze pro studenty PA ČR. Z tohoto důvodu jsem byl odkázán pouze na měření v podmínkách mně dostupných a musel se tak soustředit převážně jen na metody zjišťující pravděpodobnou výšku a hmotnost pachatele ze zanechaných stop na místě páchaní trestného činu. Aplikoval jsem vzorce z teorie a měřil odchylku od reálných hodnot. Všechny naměřené údaje jsem zanesl do tabulek a vypočítal jsem průměrné hodnoty, minimální a maximální hodnoty a také směrodatnou odchylku u všech měřených parametrů. Veškeré měření jsem provedl 10krát a do vzorečků jsem vždy dosazoval průměrné hodnoty z těchto 10 měření. Do vzorců jsem dosazoval vždy velikost v *cm*, nikoliv v základních jednotkách (*m*), protože všechny vzorce jsou upravené pro dosazování v *cm*. První metodu jakou jsem se rozhodl ověřit byla metoda biomechanického obsahu stop rukou. Tuto metodu jsem ověřoval na 20 mužích a 10 ženách. Ostatní metody a výpočty jsem ověřoval na sobě, vždy jsem provedl 10 měření pro získání přesnějších údajů.

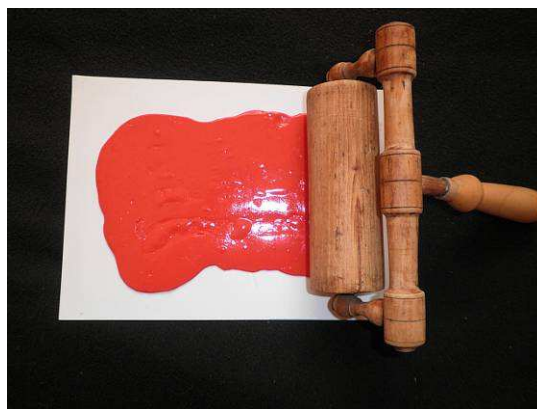
4.1 Biomechanický obsah stop rukou

Dlouho jsem přemýšlel jakou metodu budu zkoumat nejpodrobněji. Bral jsem v úvahu své technické možnosti. Jelikož jsem chtěl pro pokus mít 30 figurantů, měřící aparát musel být přenosný a díky tomu jsem se rozhodl ke zkoumání stop nohou nebo rukou. Stopy nohou nebyly příliš hygienické, proto jsem nakonec zvolil stopy rukou. Postup měření byl pak následující. Nejdříve jsem si musel zvolit vhodný materiál, do kterého budu pořizovat otisky stop rukou. Prvním pokusem bylo natření vnitřní strany rukou vodovou barvou, kterou jsem pak otiskl na bílý papír. Tato metoda se příliš neosvědčila, byla příliš zdlouhavá, „špinavá“ a méně přesná pro samotné ověření. V dalším pokusu jsem použil klasickou plastelínu. Klasická plastelína byla příliš tuhá a výsledný otisk rukou nebyl měřitelný. Nakonec jsem doma našel Inteligentní plastelínu. Inteligentní plastelína je oficiální název výrobku, jedná se o plastelínu vyrobenou v USA viz obr. 17, která nemastí a má specifické vlastnosti. Plastelína se natahuje jako žvýkačka, trhá se jako papír a třítí se jako porcelán.



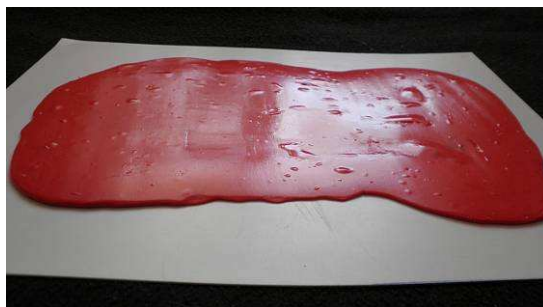
Obr. 17: *Intelligentní plastelína*

Díky svým vlastnostem byla ideální pro mé měření. Intelligentní plastelínu jsem položil na tvrdou umělohmotnou podložku a prsty roztáhl po celé ploše podložky. Tato metoda roztáhnutí plastelíny nebyla vhodná, protože na vrstvě bylo velmi mnoho mých otisků prstů, které pak ztěžovaly odečet naměřených hodnot. Proto jsem pro rozválení plastelíny použil váleček viz obr. 18.



Obr. 18: *Váleček na vyrovnání plastelíny*

Intelligentní plastelínu jsem pomocí válečku uválel do tenké vrstvy na tvrdé podložce. Podložka měla velikost A4. Váleček byl dřevěný a díky svým rozměrům i lehce přenositelný. Po tomto upravení plastelíny jsem měl rovnou plochu bez otisků prstů viz obr. 19.



Obr. 19: *Plastelína rozválená na tvrdé podložce*

Do této rozválené vrstvy jsem pak prováděl otisky rukou viz obr. 20.



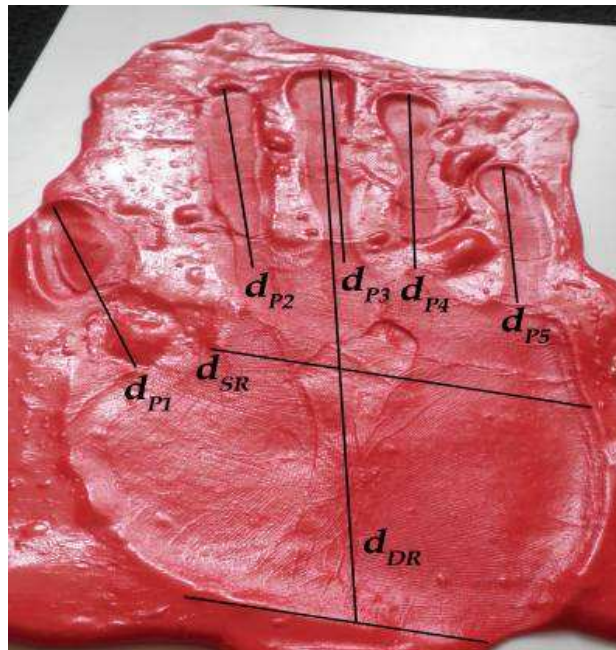
Obr. 20: *Přiložení ruky na plastelínu*

Pro každou osobu jsem provedl 10 otisků rukou a získal tak 10krát každý měřený parametr. Výsledný otisk rukou po přiložení do inteligentní plastelíny můžeme vidět na obr. 21.



Obr. 21: *Otisk ruky v plastelíně*

Stopy vnitřní strany rukou může mít až 7 měřitelných parametrů. Tyto parametry můžeme vidět vyznačené na obr. 22, kde d_{DR} je délka stopy ruky, d_{SR} je šířka stopy ruky a $d_{P1} - d_{P5}$ jsou délky stop jednotlivých prstů. V této stopě jsem u všech 30 osob měřil délku stopy ruky d_{DR} a šířku stopy ruky d_{SR} , protože časově by bylo velmi náročné měřit 10krát všech 7 parametrů u všech osob.

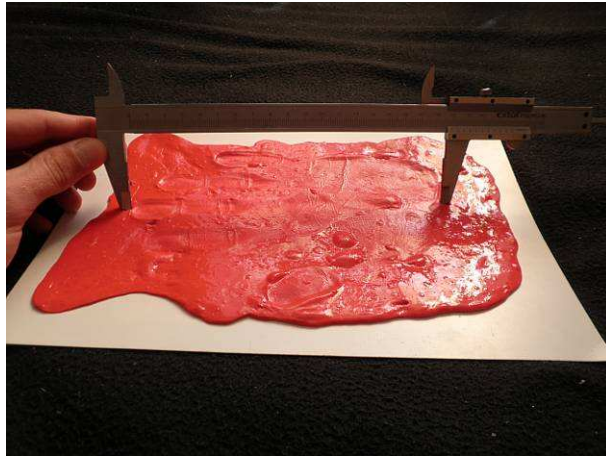


Obr. 22: Vyznačení měřených parametrů

Další důležitou měřicí pomůckou bylo posuvné měřítko dlouhé 25 cm viz obr. 23. Tímto měřítkem jsem odčítal měřené parametry otisku ruky a plantogramu bosé nohy. Přesnost tohoto měřidla je udávána výrobcem 0,05mm. Odčítání hodnot lze vidět na obr. 24.



Obr. 23: Posuvné měřítko dlouhé 25cm



Obr. 24: Měření délky stopy ruky

Veškerá naměřená data jsem vkládal do tabulek. Tyto tabulky všech 30 osob jsou součástí příloh. Dále jsem měřil i výšku osoby, abych ji mohl porovnat s vypočítanou hodnotou a zjistit tak přesnost této metody. K měření výšky osoby jsem použil navíjecí metr o délce 3 m, viz obr. 25.



Obr. 25: Navíjecí metr

Měření osob pak probíhalo následovně. Každá osoba si musela sundat boty, aby měření bylo co nejpřesnější. Měření jsem prováděl na pevné podložce, osoba byla ve všech případech pouze v ponožkách. Ke zdi jsem přiložil navíjecí metr a osoba přistoupila zády ke stěně, viz obr. 26 a obr. 27. Osoba stála vzpřímeně a dívala se před sebe.



Obr. 26: *Měření výšky ženy*



Obr. 27: *Měření výšky muže*

K přesnějšímu odečtu výšky jsem použil pravoúhlé pravítko, viz obr. 28 a tím jsem si hlídal pravý úhel mezi nejvyšším bodem osoby a navíjecím metrem. Detail odečtu lze vidět na obr. 29. Každá osoba 10krát přistoupila a odstoupila od zdi.



Obr. 28: *Pravítko s pravým úhlem dlouhé 23cm*



Obr. 29: Detail odečítání hodnot

Pro výpočet pravděpodobné výšky u všech 30 osob jsem použil vzorec 33, ve kterém měříme délku stopy ruky a šířku stopy ruky. Když si zvolíme dva nejdůležitější parametry k určení tělesné výšky, dostaneme následující rovnici :

$$v_T = 4,47d_{DR} + 22,72d_{SR} - 86,33 \text{ (cm)} \quad (33)$$

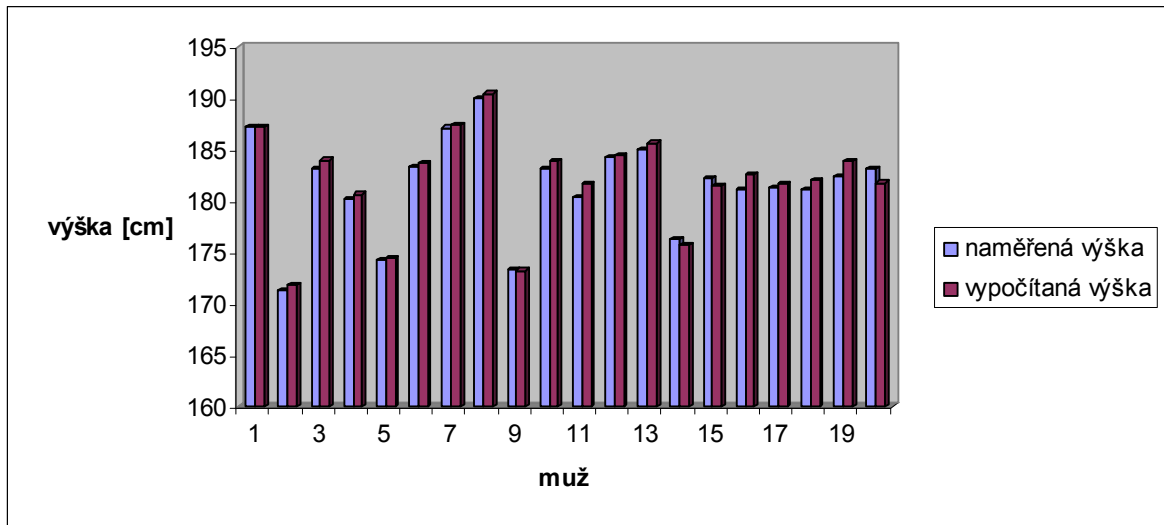
Do této rovnice jsem dosadil průměrné hodnoty, které můžeme vidět v tabulce 9 a 10.

č.m.	pohlaví	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
1	Muž	187,22	19,34	8,24	187,25	-0,03
2	Muž	171,27	18,09	7,80	171,83	-0,56
3	Muž	183,12	18,92	8,18	183,99	-0,87
4	Muž	180,17	17,84	8,24	180,63	-0,46
5	Muž	174,30	17,47	8,04	174,47	-0,17
6	Muž	183,28	18,29	8,29	183,70	-0,42
7	Muž	187,14	19,15	8,28	187,40	-0,26
8	Muž	189,95	20,02	8,25	190,47	-0,52
9	Muž	173,34	17,98	7,89	173,23	0,11
10	Muž	183,13	18,77	8,20	183,88	-0,75
11	Muž	180,36	18,24	8,21	181,71	-1,35
12	Muž	184,25	19,10	8,16	184,40	-0,15
13	Muž	185,01	19,27	8,18	185,64	-0,63
14	Muž	176,26	18,47	7,90	175,79	0,47
15	Muž	182,16	18,28	8,19	181,45	0,71
16	Muž	181,18	17,99	8,30	182,60	-1,42
17	Muž	181,28	18,01	8,25	181,65	-0,37
18	Muž	181,11	18,94	8,08	181,99	-0,88
19	Muž	182,40	19,07	8,15	183,94	-1,54
20	Muž	183,10	18,08	8,24	181,76	1,34

Tabulka 9: Výsledné data mužů

kde v_N - naměřená výška osoby, v_T - vypočítaná výška osoby, d_{DR} - délka stopy ruky, d_{SR} - šířka stopy ruky a o_V - odchylka výšky, $o_V = v_N - v_T$ (cm)

Rozdíly mezi průměrnou naměřenou a průměrnou vypočítanou výškou u mužů můžeme vidět na grafu 1, u žen na grafu 2.

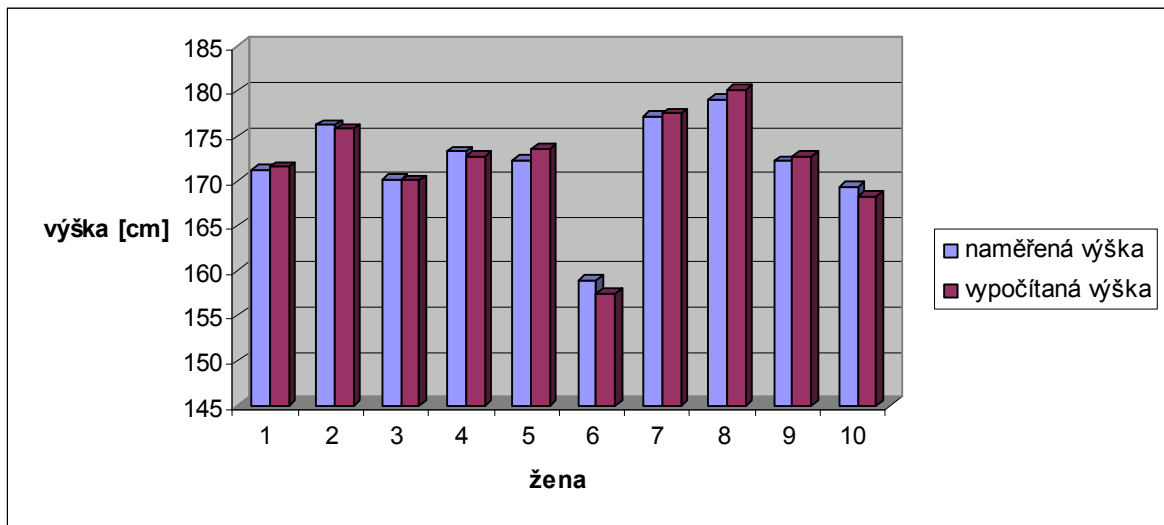


Graf 1: Rozdíl naměřené a vypočítané výšky 20 mužů

č.m.	pohlaví	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
1	Žena	171,23	18,13	7,79	171,59	-0,36
2	Žena	176,23	18,31	7,94	175,84	0,39
3	Žena	170,21	17,23	7,89	170,07	0,14
4	Žena	173,23	17,51	7,96	172,70	0,53
5	Žena	172,26	18,10	7,88	173,57	-1,31
6	Žena	158,95	15,92	7,60	157,45	1,50
7	Žena	177,24	17,24	8,22	177,47	-0,23
8	Žena	179,08	18,58	8,07	180,11	-1,03
9	Žena	172,25	17,13	8,03	172,76	-0,51
10	Žena	169,30	17,78	7,71	168,24	1,06

Tabulka 10: Výsledné data ženy

kde v_N - naměřená výška osoby, v_T - vypočítaná výška osoby, d_{DR} - délka stopy ruky, d_{SR} - šířka stopy ruky a $o_V = v_N - v_T$ (cm)



Graf 2: Rozdíl naměřené a vypočítané výšky 10 žen

Tělesnou výšku z jednotlivých parametrů stopy ruky jsem vypočítal následovně z vlastních parametrů, vždy jsem použil průměrné hodnoty z 10 měření vlastní ruky.

Pomocí vzorce 26 vypočítáme výšku osoby z délky stopy ruky:

$$v_T = 8,95d_{DR} + 13,67 \text{ (cm)} \quad (26)$$

$$v_T = 8,95 \cdot 19,34 + 13,67 = 186,76 \text{ cm}$$

Pomocí vzorce 27 vypočítáme výšku osoby z šířky stopy ruky:

$$v_T = 45,45d_{SR} - 186,33 \text{ (cm)} \quad (27)$$

$$v_T = 45,45 \cdot 8,24 - 186,33 = 188,18 \text{ cm}$$

Pomocí vzorce 28 vypočítáme výšku osoby z délky stopy palce:

$$v_T = 32,86d_{p1} - 28,59 \text{ (cm)} \quad (28)$$

$$v_T = 32,86 \cdot 6,59 - 28,59 = 187,96 \text{ cm}$$

Pomocí vzorce 29 vypočítáme výšku osoby z délky stopy ukazováčku:

$$v_T = 17,05d_{p2} + 52,62 \text{ (cm)} \quad (29)$$

$$v_T = 17,05 \cdot 7,92 + 52,62 = 187,66 \text{ cm}$$

Pomocí vzorce 30 vypočítáme výšku osoby z délky stopy prostředníčku:

$$v_T = 26,97d_{p3} - 41,58 \text{ (cm)} \quad (30)$$

$$v_T = 26,97 \cdot 8,53 - 41,58 = 188,47 \text{ cm}$$

Pomocí vzorce 31 vypočítáme výšku osoby z délky stopy prsteníčku:

$$v_T = 20,83d_{p4} + 17,27 \text{ (cm)} \quad (31)$$

$$v_T = 20,83 \cdot 8,17 + 17,27 = 187,45 \text{ cm}$$

Pomocí vzorce 32 vypočítáme výšku osoby z délky stopy malíčku:

$$v_T = 22,73d_{p5} + 36,80 \text{ (cm)} \quad (32)$$

$$v_T = 22,73 \cdot 6,60 + 36,80 = 186,82 \text{ cm}$$

Když si zvolíme dva nejdůležitější parametry - délku a šířku stopy ruky, dostaneme následující rovnici :

$$v_T = 4,47d_{DR} + 22,72d_{SR} - 86,33 \text{ (cm)} \quad (33)$$

Po dosazení do rovnice 33 dostaneme pravděpodobnou výšku osoby:

$$v_T = 4,47 \cdot 19,34 + 22,72 \cdot 8,24 - 86,33 = 187,25 \text{ cm}$$

Poslední rovnice obsahuje všech 7 měřitelných parametrů stopy ruky:

$$v_T = 1,28d_{DR} + 6,49d_{SR} + 4,69d_{p1} + 2,44d_{p2} + 3,85d_{p3} + 2,98d_{p4} + 3,25d_{p5} - 19,45 \text{ (cm)} \quad (34)$$

Po dosazení průměrných hodnot (dvanáctý řádek tabulky 11) do rovnice 34 dostaneme pravděpodobnou výšku osoby:

$$v_T = 1,28 \cdot 19,34 + 6,49 \cdot 8,24 + 4,69 \cdot 6,59 + 2,44 \cdot 7,92 + 3,85 \cdot 8,53 + 2,98 \cdot 8,17 + 3,25 \cdot 6,60 - 19,45 = 187,65 \text{ cm}$$

muž	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]	p_1 [cm]	p_2 [cm]	p_3 [cm]	p_4 [cm]	p_5 [cm]
	1	187,5	19,43	8,33	189,78	-2,28	6,53	7,82	8,51	8,11	6,49
	2	186,9	19,34	8,18	185,97	0,93	6,58	7,86	8,47	8,16	6,62
	3	186,8	19,35	8,16	185,56	1,24	6,54	7,92	8,46	8,09	6,50
	4	187,3	19,48	8,23	187,73	-0,43	6,66	8,01	8,56	8,15	6,64
	5	187,2	19,39	8,28	188,46	-1,26	6,61	7,94	8,59	8,21	6,59
	6	187,4	19,29	8,31	188,70	-1,30	6,62	7,93	8,61	8,23	6,67
	7	187,1	19,22	8,18	185,43	1,67	6,59	7,98	8,49	8,18	6,63
	8	187,2	19,38	8,21	186,83	0,37	6,60	7,89	8,53	8,20	6,64
	9	187,3	19,31	8,23	186,97	0,33	6,62	7,97	8,57	8,14	6,61
	10	187,5	19,23	8,25	187,07	0,43	6,57	7,88	8,53	8,19	6,58
průměr		187,22	19,34	8,24	187,25	-0,03	6,59	7,92	8,53	8,17	6,60
σ		0,22	0,08	0,05	1,35	1,19	0,04	0,06	0,05	0,04	0,06
min		186,80	19,22	8,16	185,43	-2,28	6,53	7,82	8,46	8,09	6,49
max		187,50	19,48	8,33	189,78	1,67	6,66	8,01	8,61	8,23	6,67

Tabulka 11: Všechny 7 parametrů stopy ruky muže

kde v_N - naměřená výška osoby, v_T - vypočítaná výška osoby, d_{DR} - délka stopy ruky, d_{SR} - šířka stopy ruky a o_V - odchylka výšky, $o_V = v_N - v_T$ (cm), p_1 - délka stopy palce, p_2 - délka stopy ukazováčku, p_3 - délka stopy prostředníčku, p_4 - délka stopy prsteníčku, p_5 - délka stopy malíčku, σ - směrodatná odchylka.

4.2 Geometrické znaky biomechanického obsahu

V této části jsem se pokusil ověřit platnost vzorců a rovnic na souboru stop kroků a dvojkroků. První pokusy měření kroku a dvojkroku chůze jsem chtěl měřit pomocí namočení boty do vody a ujití určité vzdálenosti. Tato metoda ovšem nebyla měřitelná, začátek stopy chůze byla jedna velká louže a na konci zase nešel vidět celý obrys boty. V blízkosti mého domu jsem hledal jinou možnost zachycení stop obuvi a našel jsem ideální podklad – ztvrdlou hlínu viz obr. 30.



Obr. 30: *Pevná podložka (ztvrdlá hlína)*

Na tuto hlínu jsem nasypal další vrstvu hlíny abych mohl lépe zviditelnit stopy. Takto upravenou dráhu můžete vidět na obrázku 31.



Obr. 31: *Posyp jemnou vrstvou hlíny*

Na tomto povrchu byly stopy obuvi vidět výborně, viz obr. 32 a jejich měření bylo bezproblémové. Po takto upravené dráze jsem se 10krát prošel a data jsem zapisoval do tabulky 12.



Obr. 32: *Viditelné stopy chůze*

Vzdálenost kroku a dvojkroku chůze jsem vždy měřil od paty k patě. Pro měření kroku a dvojkroku chůze jsem použil navíjecí metr s délkou 3m, který jsem použil i při měření výšky osob. Měření délky kroku a dvojkroku lze vidět na obrázku 33. a 34.



Obr. 33: *Měření kroku*



Obr. 34: Měření dvojkroku

4.2.1 Výpočet výšky osoby z délky kroku a dvojkroku chůze

Veškeré takto naměřené hodnoty jsem zapsal do tabulky 12.

	č.m.	d_K [cm]	d_{DK} [cm]	v_N [cm]	$v_T(2)$ [cm]	$v_T(4)$ [cm]	$v_T(o)$ [cm]	$v_T(a)$ [cm]
	1	85,00	184,00	187,50	189,78	187,20	189,83	185,11
	2	83,00	187,00	186,90	189,15	187,73	189,80	185,14
	3	91,00	179,00	186,80	191,67	186,33	190,62	185,87
	4	81,00	172,00	187,30	188,52	185,10	186,62	181,27
	5	83,00	181,00	187,20	189,15	186,68	188,75	183,84
	6	86,00	182,00	187,40	190,09	186,85	189,76	184,98
	7	83,00	178,00	187,10	189,15	186,15	188,22	183,19
	8	85,00	187,00	187,20	189,78	187,73	190,36	185,76
	9	86,00	182,00	187,30	190,09	186,85	189,76	184,98
	10	82,00	185,00	187,50	188,83	187,38	189,17	184,40
Průměr		84,50	181,70	187,22	189,62	186,80	189,29	184,45
σ		2,69	4,34	0,22	0,85	0,76	1,12	1,31
Min		81,00	172,00	186,80	188,52	185,10	186,62	181,27
Max		91,00	187,00	187,50	191,67	187,73	190,62	185,87

Tabulka 12: Délky kroku a dvojkroku na hliněném podkladu

kde d_K - délka kroku, d_{DK} - délka dvojkroku, v_N - naměřená výška osoby, $v_T(2)$ - vypočítaná výška osoby podle vzorce 2, $v_T(4)$ - vypočítaná výška podle vzorce 4, $v_T(o)$ - vypočítaná výška podle vzorce pro oranici, $v_T(a)$ - vypočítaná výška podle vzorce pro asfalt a σ - směrodatná odchylka.

Pro délku kroku nad 70 cm použijeme následující vzorec:

$$v_T = 0,315d_K + 163 \text{ (cm)} \quad (2)$$

Po dosazení průměrných hodnot do vzorce 2 vyjde pravděpodobná výška osoby takto:

$$v_T = 0,315 \cdot 84,5 + 163 = 189,62 \text{ cm}$$

Pokud má dvojkrok velikost větší než 142 cm použijeme tento vzorec:

$$v_T = 0,175d_{DK} + 155 \text{ (cm)} \quad (4)$$

$$v_T = 0,175 \cdot 181,7 + 155 = 186,80 \text{ cm}$$

Pak jsem zkoušel dosazovat naměřená data do podobných materiálů. Z dat naměřených na hliněném podkladu jsem použil obecné vzorce a vzorec pro oranici a asfalt.

Pro dosažení průměrných hodnot z tabulky 12 do těchto vzorců vyšly tyto výsledky:

Oranice: $v_T = 0,278 \cdot 84,5 + 0,175 \cdot 181,7 + 134 = 189,29 \text{ cm}$

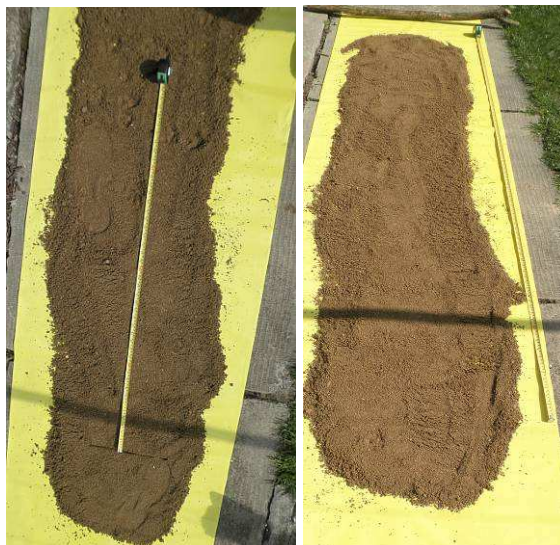
Asfalt: $v_T = 0,308 \cdot 84,5 + 0,217 \cdot 181,7 + 119 = 184,45 \text{ cm}$

Pak jsem si nachystal igelit, který jsem položil na pevný podklad a na něj sem vysypal písek viz obr. 35.



Obr. 35: *Dráha s písčitým podkladem*

Opět jsem se 10krát prošel a zaznamenal data do tabulky 13. Měření kroku a dvojkroku lze vidět na obr. 36. K měření jsem opět použil navíjecí metr.



Obr. 36: Měření chůze v písku

	č.m.	d_K [cm]	d_{DK} [cm]	v_N [cm]	$v_T(2)$ [cm]	$v_T(4)$ [cm]	$v_T(\text{š})$ [cm]	$v_T(p)$ [cm]
	1	102,00	196,00	187,50	195,13	189,30	190,90	188,87
	2	92,00	182,00	186,90	191,98	186,85	184,00	182,93
	3	94,00	187,00	186,80	192,61	187,73	185,86	184,55
	4	96,00	192,00	187,30	193,24	188,60	187,72	186,16
	5	93,00	186,00	187,20	192,30	187,55	185,26	184,03
	6	90,00	189,00	187,40	191,35	188,08	184,76	183,65
	7	97,00	194,00	187,10	193,56	188,95	188,54	186,87
	8	104,00	204,00	187,20	195,76	190,70	193,41	191,06
	9	92,00	184,00	187,30	191,98	187,20	184,44	183,32
	10	92,00	183,00	187,50	191,98	187,03	184,22	183,13
Průměr		95,20	189,70	187,22	192,99	188,20	186,91	185,46
σ		4,38	6,53	0,22	1,38	1,14	3,03	2,61
Min		90,00	182,00	186,80	191,35	186,85	184,00	182,93
Max		104,00	204,00	187,50	195,76	190,70	193,41	191,06

Tabulka 13: Délky kroku a dvojkroku na písčitém podkladu

kde d_K - délka kroku, d_{DK} - délka dvojkroku, v_N - naměřená výška osoby, $v_T(2)$ - vypočítaná výška osoby podle vzorce 2, $v_T(4)$ - vypočítaná výška podle vzorce 4, $v_T(\text{š})$ - vypočítaná výška podle vzorce pro škváru, $v_T(p)$ - vypočítaná výška podle vzorce pro písek a σ - směrodatná odchylka.

Pak jsem zkoušel dosazovat naměřená data do podobných materiálů. Pro data z písčitého podkladu jsem opět použil obecné vzorce. Pro vzorečky škvára a písek jsem použil délku kroku a dvojkroku změřenou na písčitém podkladu a výsledná pravděpodobná výška osoby je:

$$\text{Škvára: } v_T = 0,384 \cdot 95,20 + 0,218 \cdot 187,22 + 109 = 186,91 \text{ cm}$$

Písek: $v_T = 0,322 \cdot 95,20 + 0,196 \cdot 187,22 + 118 = 185,46 \text{ cm}$

Na obr. 37 můžeme vidět detail stopy obuvi v písku.



Obr. 37: Detail stopy v písku

4.2.2 Výpočet výšky osoby z délky kroku a dvojkroku běhu

Pro měření kroku a dvojkroku běhu jsem použil naši zahradu. Rozběhová dráha byla dlouhá 730 cm a dráha, na které jsem měřil délku kroků a dvojkroků byla dlouhá 560 cm. Délku kroku a dvojkroku běhu jsem měřil pásmem o délce 10 m viz obr. 38.



Obr. 38: Pásmo 10 m

Na obr. 39 můžeme vidět stopy obuvi zanechané po běhu v hliněném podkladu.



Obr. 39: *Stopy běhu na hliněném podkladu*

Délku kroku a dvojkroku běhu jsem měřil od špičky po špičku viz obr. 40, jelikož při běhu se pata neotiskuje do podložky celá.



Obr. 40: *Měření stop běhu*

Běžel jsem velmi rychle, abych simuloval útěk pachatele. Měření jsem opět provedl 10krát a hodnoty jsem vložil do následující tabulky 14.

	č.m.	d_K [cm]	d_{DK} [cm]	v_N [cm]	$v_T(7)$ [cm]	$v_T(8)$ [cm]	$v_T(9)$ [cm]
	1	190,00	388,00	187,50	227,02	225,94	226,48
	2	206,00	416,00	186,90	239,15	234,95	237,05
	3	199,00	421,00	186,80	233,84	236,56	235,20
	4	201,00	414,00	187,30	235,36	234,31	234,83
	5	216,00	426,00	187,20	246,73	238,17	242,45
	6	226,00	464,00	187,40	254,31	250,41	252,36
	7	199,00	394,00	187,10	233,84	227,87	230,86
	8	218,00	404,00	187,20	248,24	231,09	239,67
	9	201,00	430,00	187,30	235,36	239,46	237,41
	10	218,00	420,00	187,50	248,24	236,24	242,24
Průměr		207,40	417,70	187,22	240,21	235,50	237,85
σ		10,83	20,07	0,22	8,21	6,46	6,70
Min		190,00	388,00	186,80	227,02	225,94	226,48
Max		226,00	464,00	187,50	254,31	250,41	252,36

Tabulka 14: Délka kroku a dvojkroku běhu

kde d_K - délka kroku, d_{DK} - délka dvojkroku, v_N - naměřená výška osoby, $v_T(7)$ - vypočítaná výška osoby podle vzorce 7, $v_T(8)$ - vypočítaná výška podle vzorce 8, $v_T(9)$ - vypočítaná výška podle vzorce 9 a σ - směrodatná odchylka.

Po dosazení průměrných hodnot z tabulky 14 do konkrétních vzorců nám vyjde pravděpodobná výška osoby takto:

Pro výpočet tělesné výšky z délky jednoho kroku běhu nám slouží tento vzorec:

$$v_T = 0,758d_K + 83 \text{ (cm)} \quad (7)$$

$$v_T = 0,758 \cdot 207,4 + 83 = 240,21 \text{ cm}$$

Pro výpočet tělesné výšky z délky dvojkroku běhu nám slouží pak tento vzorec :

$$v_T = 0,322d_{DK} + 101 \text{ (cm)} \quad (8)$$

$$v_T = 0,322 \cdot 417,70 + 101 = 235,50 \text{ cm}$$

Pro přesnější výpočet pak můžeme použít kombinaci kroku a dvojkroku běhu a dostaneme vzorec, ze kterého se tělesná výška vypočítá takto :

$$v_T = 0,379d_K + 0,161d_{DK} + 92 \text{ (cm)} \quad (9)$$

$$v_T = 0,379 \cdot 207,40 + 0,161 \cdot 417,70 + 92 = 237,85 \text{ cm}$$

Z těchto výsledků jasně vyplývá, že měření nebylo vůbec ideální, výsledná výška 235 cm až 240 cm jasně dokazuje chybu měření. S největší pravděpodobností za to může terén a

rychlost běhu. Pokaždé jsem se snažil běžet co nejrychleji. Všechna 10 měření jsme provedli hned za sebou, takže musíme brát potaz i únavu svalů. Velký rozdíl jde vidět i v jednotlivých délkách kroků a dvojkroků.

4.2.3 Výpočet výšky osoby ze stopy obuvi

Dalším způsobem zjištění tělesné výšky je určení ze stopy botou. Tady nás opět zajímá šířka stopy obuvi s_o a délka stopy obuvi d_o . Délku a šířku stopy obuvi jsem opět měřil na hliněném podkladu stejně jako délku kroku a dvojkroku chůze viz obr. 41.



Obr. 41: Měření délky stopy obuvi v hlině

Na nohou jsme měli pánskou sportovní obuv. K měření šířky a délky jsem opět použil navíjecí metr. Posuvné měřítko jsem nemohl použít, protože délka stopy obuvi byla delší než 25cm. Měření délky obuvi lze vidět na obr. 42.



Obr. 42: Měření délky stopy obuvi

Na dalším obrázku (obr. 43) můžeme vidět měření šířky stopy boty obuvi.



Obr. 43: Měření šířky stopy obuvi

V hliněném podkladu šel opět velmi dobře vidět detail stopy obuvi, viz obr. 44. Měření jsem opět provedl 10krát a data zapsal do tabulky 15.



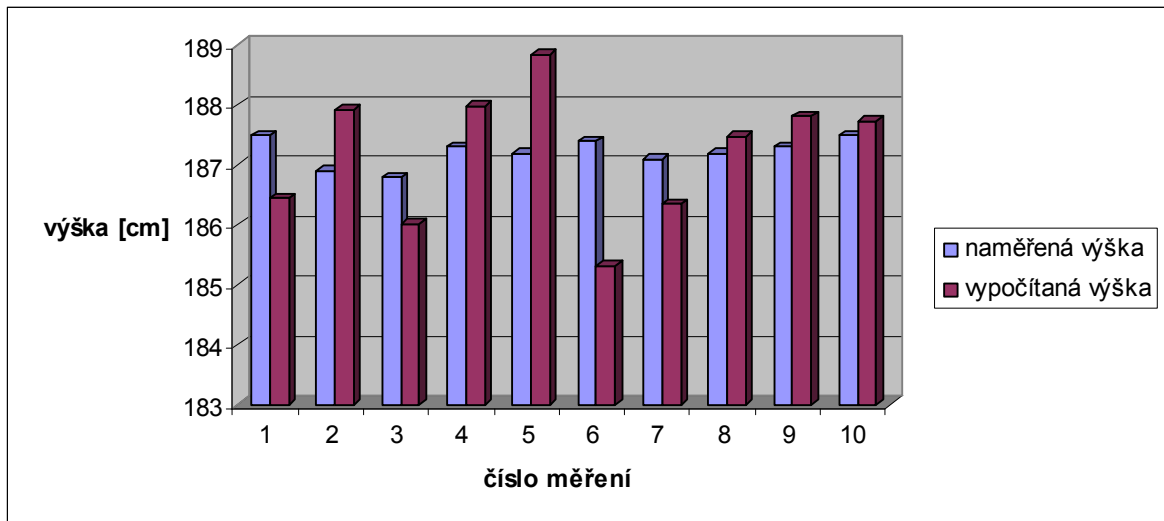
Obr. 44: Detail stopy v hlíně

	č.m.	d_o [cm]	$š_o$ [cm]	v_T [cm]	v_N [cm]	o_V [cm]
	1	32,2	11,1	186,45	187,5	1,05
	2	32,6	11,2	187,92	186,9	-1,02
	3	31,7	11,3	186,01	186,8	0,79
	4	31,8	11,7	187,99	187,3	-0,69
	5	31,8	11,9	188,85	187,2	-1,65
	6	31,6	11,2	185,32	187,4	2,08
	7	31,5	11,5	186,35	187,1	0,75
	8	32,1	11,4	187,48	187,2	-0,28
	9	31,9	11,6	187,82	187,3	-0,52
	10	32,2	11,4	187,74	187,5	-0,24
průměr		31,94	11,43	187,19	187,22	0,03
σ		0,32	0,24	1,04	0,22	-0,82
Min		31,50	11,10	185,32	186,80	1,48
max		32,60	11,90	188,85	187,50	-1,35

Tabulka 15: Naměřené hodnoty délky a šířky stopy obuvi

kde \check{s}_o - šířka stopy obuvi, d_o - délka stopy obuvi, v_N - naměřená výška osoby, v_T - vypočítaná výška osoby, o_V - odchylka výšky, $o_V = v_N - v_T$ (cm), σ - směrodatná odchylka.

Graficky můžeme vidět odchylku výšky o_V na grafu 3.



Graf 3 : Rozdíl mezi naměřenou a vypočítanou výškou osoby

Vzorec pro vypočítání tělesné výšky z rozměrů obuvi je :

$$v_T = 2,6d_o + 4,3\check{s}_o + 55(\text{cm}) \quad (6)$$

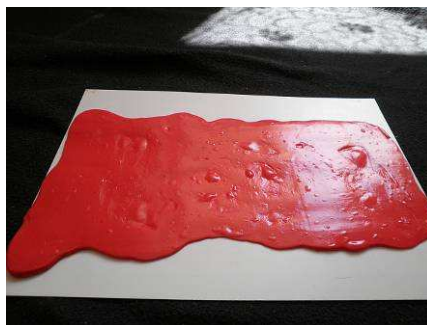
Po dosazení hodnot do vzorce 6 vyjde pravděpodobná výška osoby takto:

$$v_T = 2,6 \cdot 31,94 + 4,3 \cdot 11,43 + 55 = 187,22\text{cm}$$

4.3 Dynamické znaky biomechanického obsahu

4.3.1 Výpočet výšky osoby z plantogramu bosé nohy

Postup pro výpočet tělesné výšky osoby z plantogramu bosé nohy je následující. Na pevnou podložku jsem nanesl inteligentní plastelínu, válečkem opět rozválel na tenkou vrstvu přes celou délku podložky viz obr. 45.



Obr. 45: *Nachystaná podložka s plastelínou na otisk*

Osoba položila bosou nohu na plastelínu viz obr. 46.



Obr. 46: *Přiložení bosé nohy na podložku*

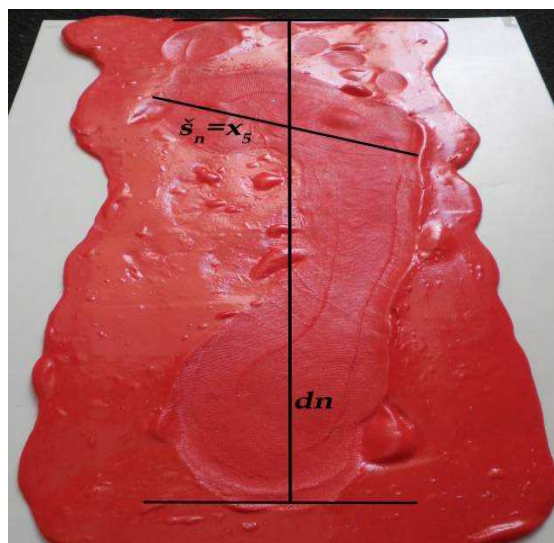
Po sundání nohy z podložky vznikl otisk bosé nohy – plantogram, který můžeme vidět na obr. 47.



Obr. 47: *Výsledný plantogram*

Na tomto otisku jsem měřil délku nohy a šířku nohy posuvným měřidlem. Délku jsem musel měřit na dvakrát, jelikož posuvné měřítko má jen 25 cm a délka chodidla se

pohybovala okolo 30 cm. Vždy jsem si vyznačil na plantogramu dva parametry, které jsme měřil viz obr. 48.



Obr. 48: Vyznačení měřených parametrů

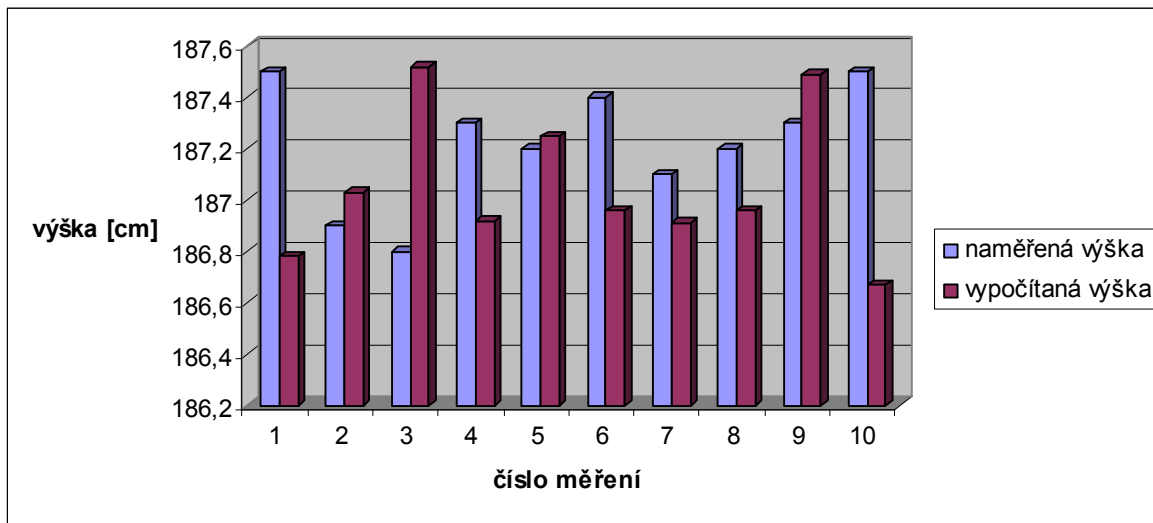
Hodnoty jsem zanesl do následujících tabulek.

	č.m.	d_n [cm]	\check{s}_n [cm]	v_T [cm]	v_N [cm]	o_V [cm]
	1	29,98	10,21	186,78	187,5	0,72
	2	30,01	10,25	187,03	186,9	-0,13
	3	30,13	10,28	187,52	186,8	-0,72
	4	30,05	10,19	186,92	187,3	0,39
	5	30,03	10,29	187,25	187,2	-0,05
	6	29,91	10,31	186,96	187,4	0,44
	7	29,97	10,25	186,91	187,1	0,19
	8	30,09	10,17	186,96	187,2	0,24
	9	30,12	10,28	187,49	187,3	-0,19
	10	29,97	10,19	186,67	187,5	0,83
průměr		30,03	10,24	187,05	187,22	0,17
σ		0,07	0,05	0,27	0,22	0,44
Min		29,91	10,17	186,67	186,80	-0,72
max		30,13	10,31	187,52	187,50	0,83

Tabulka 16: Délka a šířka plantogramu muže

kde \check{s}_n - šířka stopy bosé nohy d_n - délka stopy bosé nohy, v_N - naměřená výška osoby, v_T - vypočítaná výška osoby, o_V - odchylka výšky, $o_V = v_N - v_T$ (cm), σ - směrodatná odchylka.

Graficky můžeme vidět odchylku výšky na grafu 4.



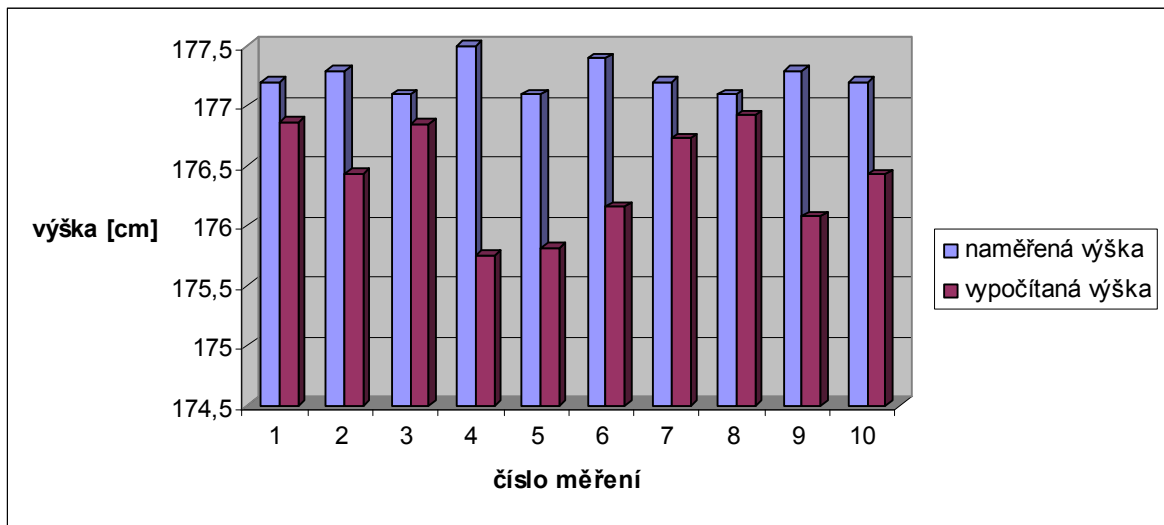
Graf 4 : Rozdíl mezi naměřenou a vypočítanou výškou muže

	č.m.	d_n [cm]	\check{s}_n [cm]	v_T [cm]	v_N [cm]	o_V [cm]
	1	28,10	9,19	176,87	177,2	0,33
	2	28,05	9,12	176,44	177,3	0,87
	3	28,17	9,13	176,85	177,1	0,25
	4	28,14	8,88	175,75	177,5	1,75
	5	28,11	8,92	175,82	177,1	1,28
	6	28,05	9,05	176,16	177,4	1,25
	7	28,21	9,07	176,73	177,2	0,47
	8	28,22	9,11	176,92	177,1	0,18
	9	28,18	8,93	176,08	177,3	1,22
	10	28,19	9,01	176,43	177,2	0,77
průměr		28,14	9,04	176,40	177,24	0,84
σ		0,06	0,10	0,41	0,13	0,50
Min		28,05	8,88	175,75	177,10	0,18
Max		28,22	9,19	176,92	177,50	1,75

Tabulka 17: Délka a šířka plantogramu ženy

kde \check{s}_n - šířka stopy bosé nohy d_n - délka stopy bosé nohy, v_N - naměřená výška osoby, v_T - vypočítaná výška osoby, o_V - odchylka výšky, $o_V = v_N - v_T$ (cm), σ - směrodatná odchylka.

Graficky můžeme opět vidět odchylku výška na grafu 5.



Graf 5 : Rozdíl mezi naměřenou a vypočítanou výškou ženy

Měření jsme provedli na jednom muži a jedné ženě, i když pro muže a ženy platí stejný vzorec.

Pro určení tělesné výšky z délky a šířky bosé nohy slouží následující vzorec, kde v_T je tělesná výška, d_n je délka nohy a $š_n$ je šířka nohy.

$$v_T = 3,1d_n + 4,0š_n + 53(cm) \quad (5)$$

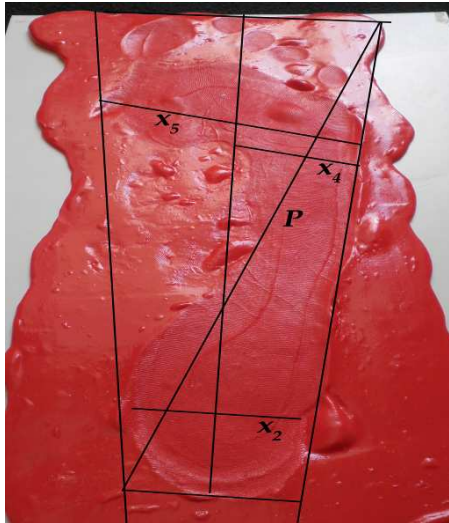
Po dosazení do vzorce 5 vyjde pravděpodobná výška osoby takto:

$$\text{Muž: } v_T = 3,1 \cdot 30,03 + 4,0 \cdot 10,24 + 53 = 187,05cm$$

$$\text{Žena: } v_T = 3,1 \cdot 28,14 + 4,0 \cdot 9,04 + 53 = 176,40cm$$

4.3.2 Výpočet hmotnosti osoby z plantogramu bosé nohy

Pro toto měření jsem opět využil podložku s inteligentní plastelinou. Plastelínu jsem opět rozválel válečkem jako u otisku nohou, viz obr. 45, a do takto nachystané hmoty jsem obtiskoval nohu muže a ženy, protože k určení přesnější hmotnosti osoby slouží vzorce pro ženské pohlaví a mužské pohlaví. Po obtisknutí plantogramu bosé nohy jsem si opět zaznačil měřené parametry, viz obr. 49.



Obr. 49: Měřené parametry plantogramu

Rozměry z plantogramu bosé nohy jsem odečítal posuvným měřítkem a zaznamenával do tabulky 17. Měření jsem opět provedl 10krát. Pak jsem použil osobní váhu. Tato váha má přesnost 0,5 kg. Funkčnost váhy jsem si ověřil 1kg a 2kg cukru, viz obr. 50. Na sáčku cukru nebyla uvedena chyba strojového plnění sáčku.



Obr. 50: Testování přesnosti váhy

Váhu jsem položil na pevnou podložku (dlažbu). Provedl jsme 10 měření hmotnosti každé osoby, viz obr 51. Hodnoty jsem opět zanesl do tabulky 17.



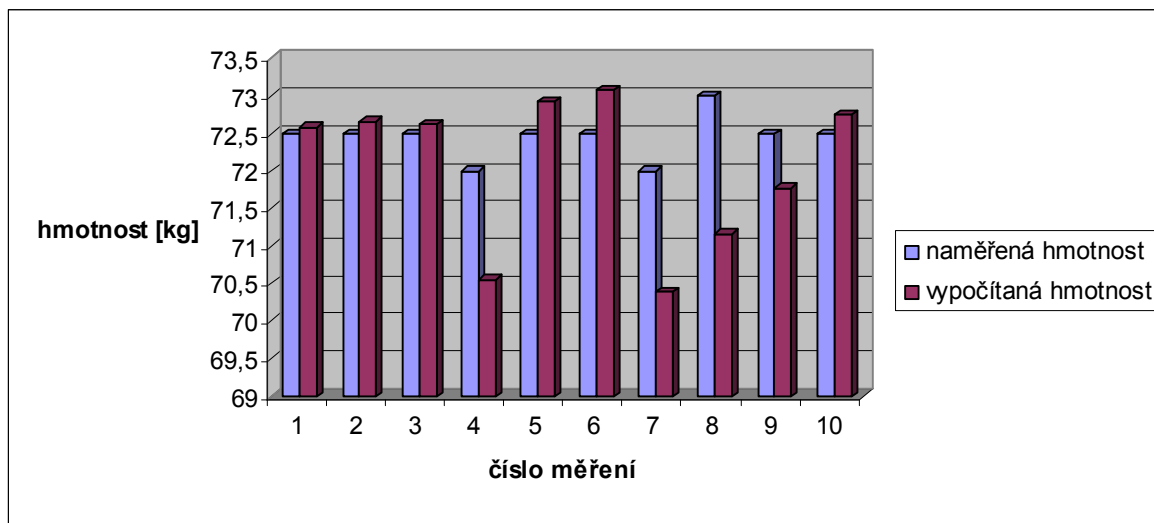
Obr. 51: Měření váhy muže a ženy

	č.m.	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_N [kg]	h [kg]	o_V [kg]
	1	26,69	5,45	4,62	10,21	72,50	72,58	-0,08
	2	26,18	5,57	4,42	10,25	72,50	72,66	-0,16
	3	26,52	5,47	4,61	10,28	72,50	72,62	-0,12
	4	26,42	5,33	4,53	10,19	72,00	70,55	1,45
	5	26,57	5,49	4,58	10,29	72,50	72,93	-0,43
	6	26,39	5,55	4,44	10,31	72,50	73,07	-0,57
	7	26,48	5,29	4,51	10,25	72,00	70,38	1,62
	8	26,62	5,37	4,39	10,17	73,00	71,16	1,84
	9	26,51	5,41	4,47	10,28	72,50	71,77	0,73
	10	26,45	5,52	4,59	10,19	72,50	72,74	-0,24
průměr		26,48	5,45	4,52	10,24	72,45	72,04	0,41
σ		0,13	0,09	0,08	0,05	0,27	0,96	0,87
Min		26,18	5,29	4,39	10,17	72,00	70,38	-0,57
Max		26,69	5,57	4,62	10,31	73,00	73,07	1,84

Tabulka 18: Parametry plantogramu muže

kde h - vypočítaná hmotnost, P - úhlopříčka sestavená v lichoběžníku vzniklém z pravé a levé tečny plantogramu a tečny paty a prstů, x_2 - šířka paty, x_4 - hodnota parametru, která je velmi závislá na kvalitě plantogramu, x_5 - šířka přední části chodidla. o_h - odchylka hmotnosti, $o_h = h_N - h$ (kg), σ - směrodatná odchylka.

Odchylku hmotnosti o_h můžeme vidět na grafu 6.



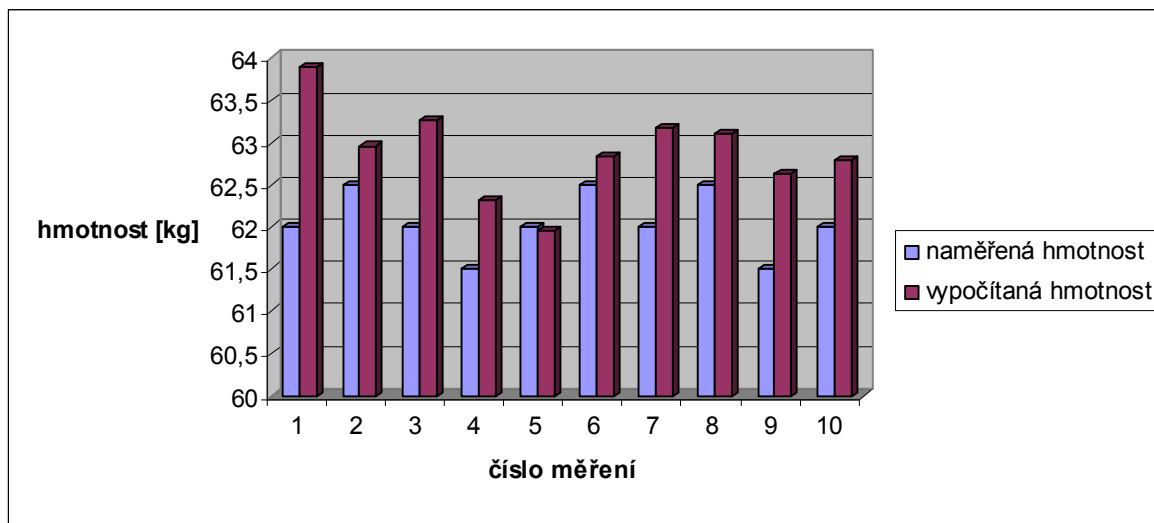
Graf 6 : Rozdíl naměřené a vypočítané hmotnosti muže

	č.m.	P [cm]	x_2 [cm]	x_4 [cm]	x_5 [cm]	h_N [kg]	h [kg]	o_h [kg]
	1	23,15	4,59	4,19	9,19	62,00	63,90	-1,90
	2	23,12	4,52	3,91	9,12	62,50	62,96	-0,46
	3	23,08	4,49	4,21	9,13	62,00	63,26	-1,26
	4	23,10	4,52	4,19	8,88	61,50	62,31	-0,81
	5	23,03	4,48	3,99	8,92	62,00	61,95	0,05
	6	23,09	4,53	4,05	9,05	62,50	62,84	-0,34
	7	23,12	4,58	4,09	9,07	62,00	63,17	-1,17
	8	23,08	4,51	4,12	9,11	62,50	63,11	-0,61
	9	23,13	4,55	4,17	8,93	61,50	62,63	-1,13
	10	23,14	4,52	4,09	9,01	62,00	62,79	-0,79
Průměr		23,10	4,53	4,10	9,04	62,05	62,89	-0,84
σ		0,03	0,03	0,09	0,10	0,35	0,51	0,52
Min		23,03	4,48	3,91	8,88	61,50	61,95	-1,90
Max		23,15	4,59	4,21	9,19	62,50	63,90	0,05

Tabulka 19: Parametry plantogramu ženy

kde h - vypočítaná hmotnost, P - úhlopříčka sestavená v lichoběžníku vzniklém z pravé a levé tečny plantogramu a tečny paty a prstů, x_2 - šířka paty, x_4 - hodnota parametru, která je velmi závislá na kvalitě plantogramu, x_5 - šířka přední části chodidla. o_h - odchylka hmotnosti, $o_h = h_N - h$ (kg), σ - směrodatná odchylka.

Odchylku hmotnosti o_h můžeme vidět na grafu 7.



Graf 7 : Rozdíl naměřené a vypočítané hmotnosti ženy

Pro poměrně přesný výpočet predikce tělesné hmotnosti osoby můžeme použít následující vzorec.

Pro soubor mužů platí k predikci přesnější hmotnosti následující vzorec:

$$h = 2,1p + 10,8x_2 + 1,3x_4 + 2,7x_5 - 75,9 \text{ (kg)} \quad (21)$$

Po dosazení průměrných hodnot z tabulky 18 do vzorce 21 vyjde pravděpodobná hmotnost osoby takto:

$$h = 2,1 \cdot 26,48 + 10,8 \cdot 5,45 + 1,3 \cdot 4,52 + 2,7 \cdot 10,24 - 75,9 = 72,04 \text{ kg}$$

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

$$h = 1,9p + 2,8x_2 + 1,4x_4 + 4,2x_5 - 37,4 \text{ (kg)} \quad (22)$$

Po dosazení průměrných hodnot z tabulky 19 do vzorce 22 vyjde pravděpodobná hmotnost osoby takto:

$$h = 1,9 \cdot 23,10 + 2,8 \cdot 4,53 + 1,4 \cdot 4,10 + 4,2 \cdot 9,04 - 37,4 = 62,89 \text{ kg}$$

5 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

V praktické části jsem se pokusil ověřit několik základních metod použití forenzní biomechaniky v mně dostupných podmínkách. Nejrozsáhlejší měření jsem provedl na 20 mužích a 10 ženách. Na těchto 30 osobách jsem počítal pravděpodobnou výšku z délky a šířky stopy vnitřní strany rukou. U souboru 20 mužů jsem došel k těmto výsledkům. Odchylka naměřené a vypočítané výšky o_v u mužů byla od -1,54 cm do 1,34 cm. Tudiž můžeme říci, že pro soubor mužů byla přesnost predikce tělesné výšky $\pm 1,44$ cm. U souboru žen pak odchylka naměřené a vypočítané o_v byla od -1,54 cm do 1,50 cm. Přesnost predikce tělesné váhy byla žen byla $\pm 1,52$ cm. Tato nepřesnost dle mého názoru nebyla zapříčiněna výpočty, resp. výpočtovými vztahy, ale především odečtem z posuvného měřítka při samotném měření. I přesto si za daných podmínek troufám tvrdit, že vyhodnocení bylo dostatečně přesné. Nevýhodou této metody je, že v praxi bychom museli najít velmi detailní stopu ruky, abychom mohli určit co nejpřesnější pravděpodobnou výšku pachatele. V mém případě jsem k tomu účelu použil inteligentní plastelínu a tím získal velmi detailně viditelnou stopu vnitřní strany ruky.

Další série měření, tj. určení tělesné výšky z délky kroku a dvojkroku chůze, z délky kroku a dvojkroku běhu a z délky a šířky stopy obuvi, jsem provedl pouze na sobě. Moje průměrná naměřená výška je 187,22cm. Na jednom otisku ruky jsem měřil všech 7 měřitelných parametrů a dospěl jsem k těmto výsledkům. Při použití všech 7 parametrů pro výpočet výšky jsem došel k nejpřesnější hodnotě vypočítané výšky 187,65 cm. Rozdíl výšek byl pouze 0,43 cm. Při použití jednotlivých parametrů zvláště, vyšla největší vypočítaná výška 188,47 cm u parametru prostředníčku a nejmenší vypočítaná výška byla 186,88 cm u parametru malíčku.

Při vyhodnocování souboru stop v hliněném podkladu vyšla průměrná vypočítaná výška z délky kroku 189,62 cm, z délky dvojkroku 186,80 cm. Po dosazení do vzorců pro oranici vyšla vypočítaná výška 189,29 cm a pro asfalt 184,45 cm. Zde se již projevovaly větší odchylky naměřené a vypočítané výšky. Dle mého názoru to bylo zapříčiněno měřicími pomůckami a manuálním odečtem.

V písčitém podkladu jsem také měřil pravděpodobnou výšku osoby ze soubor stop. Z délky jednoho kroku vyšla vypočítaná výška 192,99 cm a z délky dvojkroku 188,20 cm. Pak jsem dosadil do vzorce pro škváru a naměřená výška vyšla 186,91 cm, která se nejvíce přiblížila mé naměřené výšce. Výška 185,46 cm vyšla při použití vzorce pro písčité podklad.

Nejpřesnější vypočítaná výška byla získaná pro škvárový podklad. Pokud bychom měření provedli například na pláži, kde je souvislý písčitý povrch, odchylky by byly jistě menší.

Běh jsem měřil na zahradě a v této metodě jsem došel k největším odchylkám. Po dosazení do vzorce pro výpočet výšky z délky kroku běhu, byla vypočítaná výška 240,21 cm. Když jsem použil pro výpočet výšky délku dvojkroku, došel jsem k hodnotě 235,5 cm. Nejpřesnější metoda měla být použitím obou délek, tedy délky kroku a dvojkroku běhu. Po dosazení obou hodnot vyšla výška 237,85 cm. Odchylka mezi výškou naměřenou a výškami vypočítanými je až +53 cm. Dle mého názoru za to může rozběh a materiál podkladu. Při měření jsem se snažil běžet co nejrychleji. V teorii není přesně určeno na jaký běh lze vzorce uplatnit (sprint, vytrvalostní běh). Tato metoda výpočtu výšky byla nepoužitelná.

Poslední aplikací forenzní biomechaniky, kterou jsem ověřoval v této sérii, byla metoda určení tělesné výšky ze stopy obuvi. Pro tuto metodu jsem použil hliněný podklad, který jsem používal i při měření kroku a dvojkroku chůze. Nejmenší vypočítaná výška ze stopy obuvi byla 185,32 cm a největší 188,85. Průměrná naměřená výška osoby vyšla 187,19 cm což znamená že rozdíl mezi vypočítanou a naměřenou výškou je 0,03 cm. Zdůraznil bych, že osoba má stejně velkou nohu, ale velikost každé boty se liší. Sportovní boty, mokašiny nebo zimní boty vytvoří jinak velké stopy obuvi. Já jsem měření prováděl v pánské sportovní obuvi.

Další blok metod se zabývá měřením plantogramu bosé nohy a zněj pak vypočítávám výšku a váhu osoby. Obě tyto metody jsem ověřoval na sobě a přítelkyni. Nejdříve jsem počítal výšku osoby. Má průměrná výška je 187,22 cm a přítelkyně měří 177,24 cm. Nejmenší vypočítaná výška muže byla 186,67 cm a největší 187,52 cm, a u ženy nejmenší vypočítaná výška byla 175,75 cm a největší 176,92 cm. Průměrná vypočítaná výška ženy pak byla 176,40 cm a muže 187,05 cm

U druhé metody, která zjišťovala tělesnou váhu osoby jsem dospěl k těmto výsledkům. Muž měl průměrnou naměřenou hmotnost 72,45 kg, průměrná vypočítaná hmotnost vyšla 72,04 kg a průměrná odchylka 0,41 kg. Žena měla naměřenou hmotnost 62,05 kg, průměrná vypočítaná hmotnost byla 62,89 kg a průměrná odchylka 0,84 kg.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce nebylo jen představit základní druhy aplikace forenzní biomechaniky a popsat stopy, které mohou ukrývat biomechanický obsah, ale také ukázat aplikaci použití forenzní biomechaniky v praxi. Zvláštní důraz je kladen na popis stop trasologických a daktyloskopických. V práci se dále popisuje jak je možné dané stopy zajistit a využít k identifikaci nebo k určení somatických vlastností pachatele, jako například predikce jeho výšky nebo hmotnosti. V dnešní době je většina těchto metod obsáhle zpracovaná a přesto se jich v kriminalistické praxi používá minimálně. V soukromých bezpečnostních službách se používá úplně zřídka. Dle mého názoru by soukromý detektiv mohl aplikovat forenzní biomechaniku při získávání důležitých důkazů k trestnímu nebo správnímu řízení.

Praktická část bakalářské práce vyhodnocuje vlastní měření 30 osob s příklady výpočtů vzorců z teoretické části, které se zabývaly výpočtem výšky pachatele z délky a šířky stopy rukou. Dále bylo nutné ověřit platnost ostatních vzorců v běžně dostupných podmínkách. Některé metody byly přesné, protože pro měření byly použity vhodné měřicí pomůcky a potřeby. Největší problém však nastal při měření délky kroku a dvojkroku běhu, kde výsledky neodpovídaly realitě, což bylo s největší pravděpodobností způsobeno špatným podkladem a rychlostí běhu. Z praktické části jasně vyplývá, že kromě vzorců pro běh je možné použít v praxi všechny ostatní vzorce.

Díky velkému rozvoji techniky, bude možné v budoucnu očekávat širší použití forenzní biomechaniky v praxi. Biomechanická analýza chůze má ze všech uváděných aplikací forenzní biomechaniky do budoucna pravděpodobně největší potenciál. Pomocí této aplikace je totiž možné identifikovat pachatele i přesto, že má kompletně zahalený obličej, jak je tomu, například, při přepadení benzínových pump.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this thesis was to introduce the basic types of applications of forensic biomechanics and to describe the evidence which may contain the biomechanical content. The main focus was on the trasology and dactyloscopy evidence and how it is ensured and used for the identification or for the determination of somatic characteristics of the offender, as the prediction of his height or weight. Most of the methods are being thoroughly processed and yet, they are not used in the criminology so often. The private security services use these methods very rarely and, in my opinion, private detective could apply the forensic biomechanics to obtain important proves for the penal and administrative adjudication.

Practical part of this thesis evaluates personal measurements executed on 30 people, including the examples of formulas from the theoretical part, which focused on the calculation of the offender's height from the length and width of hand prints. Furthermore, it was necessary to verify the other formulas in commonly accessible conditions. Some of the methods were exact because adequate measuring equipment and device were used for the measurements. However, the biggest problem occurred when measuring the length of the step and double-step when running as the results did not correspond to the reality. It was probably caused by wrong surface and the running speed. Thus it was confirmed that, except the formulas for the running, it is possible to use all the other formulas in the practice.

Due to enormous development of technologies, it is possible to expect more frequent use of the forensic biomechanics in practice. Biomechanical analysis of walking will probably become one of the most important and used application of forensic biomechanics. This application enables to convict an offender even if it is not possible to identify his face because it is covered or hidden – as it is typical, for example, for the petrol station robberies.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] STRAUS, Jiří. *Kriminalistická metodika*. Plzeň : Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2006. 310 s. ISBN 80-86898-66-0.
- [2] STRAUS, Jiří. *Kriminalistická technika*. 2., rozš. vyd. Plzeň : Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. 431 s. ISBN 978-80-7380-052-9.
- [3] STRAUS, Jiří; NĚMEC, Miroslav. *Teorie a metodologie kriminalistiky*. Plzeň : Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. 503 s. ISBN 978-80-7380-214-1.
- [4] STRAUS, Jiří; NĚMEC, Miroslav. *Teorie a metodologie kriminalistiky*. Plzeň : Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. 503 s. ISBN 978-80-7380-214-1
- [4] MUSIL, Jan; KONRÁD, Zdeněk; SUCHÁNEK, Jaroslav. *Kriminalistika*. 2., přeprac. a dopl. vyd. V Praze : C.H. Beck, 2004. 583 s. ISBN 80-7179-878-9.
- [5] PORADA, Viktor. *Kriminalistika*. Brno : CERM, 2001. 746 s. ISBN 8072041940.
- [6] *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.
- [7] ŠTRAUS, Jiří. *Aplikace forenzní biomechaniky*. Praha : Police History, 2001. 283 s. ISBN 80-86477-00-2.
- [8] KOVÁČ, Petr. Ezoterická identifikace, druhy, způsob identifikace, přístrojová identifikační technika, vývoj. 2007. 110 s. Bakalářská práce. UTB FAI.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SBS Soukromé bezpečnostní služby

PA Policejní Akademie

ČR Česká republika

ČSR Československá republika

USA Spojené státy americké

FBI Federální úřad pro vyšetřování

DNA deoxyribonukleová kyselina

UV Ultrafialové záření

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: <i>Průkopníci kriminalistiky ve světě</i> [6]	14
Obr. 2: <i>Hans Gross a Alphonse Bertillon</i> [4].....	14
Obr. 3: <i>Pěšinka lokomoce – souvisle řazené trasologické stopy chůze</i>	18
Obr. 4: <i>Závislost rychlosti chůze na délce stopy (d_s), délce dolní končetiny (h_f) a délce kroku (l)</i> [7]	21
Obr. 5: <i>Vyznačení měřených parametrů na plantogramu bosé nohy</i> [7]	23
Obr. 6: <i>Vyznačení parametru pro výpočet tělesné hmotnosti</i> [7].....	24
Obr. 7: <i>Parametry plantogramu k přesnější predikci hmotnosti osoby</i> [7].....	25
Obr. 8: <i>Schéma pádu z výšky</i> [3]	27
Obr. 9: <i>Schéma biomechaniky pádů</i> [7]	28
Obr. 10: <i>Anatomická (AB) a biomechanická hranice (ACD) traumatu lebky</i>	29
Obr. 11: <i>Rozměrové parametry na vnitřní straně ruky</i> [7].....	32
Obr. 12: <i>Body a úhly popisované při identifikaci podle pohybu</i> [8].....	34
Obr. 13: <i>Schéma stavby kůže s papilárními liniemi (podle Borovanského)</i> [2]	36
Obr. 14: <i>Klasifikace daktyloskopických stop</i> [2].....	38
Obr. 15: <i>Příklady markantů v konkrétním daktyloskopickém otisku</i> [2].....	39
Obr. 16: <i>Daktyloskopické markanty</i> [5]	39
Obr. 17: <i>Inteligentní plastelína</i>	43
Obr. 18: <i>Váleček na vyrovnání plastelíny</i>	43
Obr. 19: <i>Plastelína rozválená na tvrdé podložce</i>	44
Obr. 20: <i>Přiložení ruky na plastelínu</i>	44
Obr. 21: <i>Otisk ruky v plastelíně</i>	44
Obr. 22: <i>Vyznačení měřených parametrů</i>	45
Obr. 23: <i>Posuvné měřítko dlouhé 25cm</i>	45
Obr. 24: <i>Měření délky stopy ruky</i>	46
Obr. 25: <i>Navíjecí metr</i>	46
Obr. 26: <i>Měření výšky ženy</i>	47
Obr. 27: <i>Měření výšky muže</i>	47
Obr. 28: <i>Pravítko s pravým úhlem dlouhé 23cm</i>	47
Obr. 29: <i>Detail odečítání hodnot</i>	48
Obr. 30: <i>Pevná podložka (ztvrdlá hlína)</i>	53
Obr. 31: <i>Posyp jemnou vrstvou hlíny</i>	53

Obr. 32: Viditelné stopy chůze	54
Obr. 33: Měření kroku	54
Obr. 34: Měření dvojkroku	55
Obr. 35: Dráha s písčítým podkladem	56
Obr. 36: Měření chůze v písku	57
Obr. 37: Detail stopy v písku	58
Obr. 38: Pásmo 10 m	58
Obr. 39: Stopy běhu na hliněném podkladu	59
Obr. 40: Měření stop běhu	59
Obr. 41: Měření délky stopy obuvi v hlíně	61
Obr. 42: Měření délky stopy obuvi	61
Obr. 43: Měření šířky stopy obuvi	62
Obr. 44: Detail stopy v hlíně	62
Obr. 45: Nachystaná podložka s plastelínou na otisk	64
Obr. 46: Přiložení bosé nohy na podložku	64
Obr. 47: Výsledný plantogram	64
Obr. 48: Vyznačení měřených parametrů	65
Obr. 49: Měřené parametry plantogramu	68
Obr. 50: Testování přesnosti váhy	68
Obr. 51: Měření váhy muže a ženy	68

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: <i>Lineární regrese v závislosti na dvou proměnných při chůzi v různém druhu podkladu [7]</i>	20
Tabulka 2: <i>Formulace pro odhad frekvence kroků při chůzi [7]</i>	22
Tabulka 3: <i>Hodnoty koeficientů pro plastickou stopu [7]</i>	24
Tabulka 4: <i>Hodnoty koeficientů pro plošnou stopu [7]</i>	24
Tabulka 5: <i>Přehled rozdílů relativních četností znaků písma mužů [7]</i>	30
Tabulka 6: <i>Přehled rozdílů relativních četností znaků písma žen [7]</i>	30
Tabulka 7: <i>Závislost tělesné výšky pisatele na horním a dolním okraji písma [7]</i>	31
Tabulka 8: <i>Rozměrové difference parametrů ruky z hlediska laterality [7]</i>	31
Tabulka 9: <i>Výsledné data mužů</i>	48
Tabulka 10: <i>Výsledné data ženy</i>	49
Tabulka 11: <i>Všech 7 parametrů stopy ruky muže</i>	52
Tabulka 12: <i>Délky kroku a dvojkroku na hliněném podkladu</i>	55
Tabulka 13: <i>Délky kroku a dvojkroku na písčitém podkladu</i>	57
Tabulka 14: <i>Délka kroku a dvojkroku běhu</i>	60
Tabulka 15: <i>Naměřené hodnoty délky a šířky stopy obuvi</i>	62
Tabulka 16: <i>Délka a šířka plantogramu muže</i>	65
Tabulka 17: <i>Délka a šířka plantogramu ženy</i>	66
Tabulka 18: <i>Parametry plantogramu muže</i>	69
Tabulka 19: <i>Parametry plantogramu ženy</i>	70

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: <i>Rozdíl naměřené a vypočítané výšky 20 mužů</i>	49
Graf 2: <i>Rozdíl naměřené a vypočítané výšky 10 žen</i>	50
Graf 3 : <i>Rozdíl mezi naměřenou a vypočítanou výškou osoby</i>	63
Graf 4 : <i>Rozdíl mezi naměřenou a vypočítanou výškou muže</i>	66
Graf 5 : <i>Rozdíl mezi naměřenou a vypočítanou výškou ženy</i>	67
Graf 6 : <i>Rozdíl naměřené a vypočítané hmotnosti muže</i>	69
Graf 7 : <i>Rozdíl naměřené a vypočítané hmotnosti ženy</i>	70

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I : Tabulky naměřených údajů 30 osob

PŘÍLOHA P I: TABULKY NAMĚŘENÝCH ÚDAJŮ 30 OSOB

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M1	1	187,5	19,43	8,33	189,78	-2,28
	2	186,9	19,34	8,18	185,97	0,93
	3	186,8	19,35	8,16	185,56	1,24
	4	187,3	19,48	8,23	187,73	-0,43
	5	187,2	19,39	8,28	188,46	-1,26
	6	187,4	19,29	8,31	188,70	-1,30
	7	187,1	19,22	8,18	185,43	1,67
	8	187,2	19,38	8,21	186,83	0,37
	9	187,3	19,31	8,23	186,97	0,33
	10	187,5	19,23	8,25	187,07	0,43
průměr		187,22	19,34	8,24	187,25	-0,03
σ		0,22	0,08	0,05	1,35	1,19
min		186,80	19,22	8,16	185,43	-2,28
max		187,50	19,48	8,33	189,78	1,67

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M2	1	171,2	18,14	7,81	172,20	-1,00
	2	171,3	18,12	7,75	170,75	0,55
	3	171,4	18,05	7,88	173,39	-1,99
	4	171,2	18,15	7,77	171,33	-0,13
	5	171,1	18,02	7,82	171,89	-0,79
	6	171,3	18,04	7,85	172,66	-1,36
	7	171,7	18,16	7,69	169,56	2,14
	8	171,2	18,12	7,86	173,25	-2,05
	9	171,3	18,03	7,82	171,93	-0,63
	10	171	18,11	7,78	171,38	-0,38
průměr		171,27	18,09	7,80	171,83	-0,56
σ		0,18	0,05	0,05	1,10	1,18
min		171,00	18,02	7,69	169,56	-2,05
max		171,70	18,16	7,88	173,39	2,14

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M3	1	183,1	18,96	8,19	184,50	-1,40
	2	182,8	18,88	8,11	182,32	0,48
	3	183,2	18,95	8,12	182,86	0,34
	4	183,1	19,01	8,22	185,40	-2,30
	5	183,3	18,95	8,17	184,00	-0,70
	6	183,1	18,81	8,24	184,96	-1,86
	7	182,9	18,88	8,19	184,14	-1,24
	8	183,3	18,97	8,13	183,18	0,12
	9	183,1	18,84	8,17	183,51	-0,41
	10	183,3	18,93	8,22	185,05	-1,75
průměr		183,12	18,92	8,18	183,99	-0,87
σ		0,16	0,06	0,04	0,96	0,93
min		182,80	18,81	8,11	182,32	-2,30
max		183,30	19,01	8,24	185,40	0,48

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M4	1	180,2	17,82	8,32	182,36	-2,16
	2	179,9	17,78	8,25	180,59	-0,69
	3	180,3	17,88	8,29	181,94	-1,64
	4	180,1	17,81	8,17	178,90	1,20
	5	180,2	17,86	8,22	180,26	-0,06
	6	180,5	17,79	8,27	181,09	-0,59
	7	180,2	17,91	8,25	181,17	-0,97
	8	180,4	17,83	8,19	179,45	0,95
	9	180,1	17,86	8,28	181,63	-1,53
	10	179,8	17,87	8,16	178,94	0,86
průměr		180,17	17,84	8,24	180,63	-0,46
σ		0,20	0,04	0,05	1,16	1,11
min		179,80	17,78	8,16	178,90	-2,16
max		180,50	17,91	8,32	182,36	1,20

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M5	1	174,1	17,48	7,98	173,11	0,99
	2	174,3	17,55	7,95	172,74	1,56
	3	174,5	17,42	8,01	173,52	0,98
	4	174,1	17,44	8,12	176,11	-2,01
	5	174,2	17,51	8,03	174,38	-0,18
	6	174,4	17,49	7,99	173,38	1,02
	7	174,4	17,45	8,14	176,61	-2,21
	8	174,3	17,46	8,11	175,98	-1,68
	9	174,2	17,51	7,99	173,47	0,73
	10	174,5	17,42	8,09	175,34	-0,84
průměr		174,30	17,47	8,04	174,47	-0,17
σ		0,14	0,04	0,06	1,35	1,35
min		174,10	17,42	7,95	172,74	-2,21
max		174,50	17,55	8,14	176,61	1,56

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M6	1	183,1	18,29	8,32	184,46	-1,36
	2	183,3	18,22	8,25	182,55	0,75
	3	183,4	18,32	8,22	182,32	1,08
	4	183,2	18,35	8,29	184,04	-0,84
	5	183,3	18,33	8,28	183,73	-0,43
	6	183,2	18,29	8,33	184,68	-1,48
	7	183,4	18,27	8,31	184,14	-0,74
	8	183,3	18,33	8,32	184,64	-1,34
	9	183,1	18,21	8,28	183,19	-0,09
	10	183,5	18,27	8,27	183,23	0,27
průměr		183,28	18,29	8,29	183,70	-0,42
σ		0,12	0,04	0,03	0,80	0,86
min		183,10	18,21	8,22	182,32	-1,48
max		183,50	18,35	8,33	184,68	1,08

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M7	1	186,9	19,15	8,31	188,07	-1,17
	2	187,1	19,11	8,29	187,44	-0,34
	3	187,2	19,05	8,24	186,04	1,16
	4	186,8	19,21	8,33	188,80	-2,00
	5	187,2	19,13	8,28	187,30	-0,10
	6	187,4	19,17	8,29	187,71	-0,31
	7	187,3	19,11	8,26	186,76	0,54
	8	187,1	19,22	8,21	186,11	0,99
	9	187,1	19,18	8,32	188,44	-1,34
	10	187,3	19,19	8,27	187,34	-0,04
průměr		187,14	19,15	8,28	187,40	-0,26
σ		0,17	0,05	0,03	0,87	0,96
min		186,80	19,05	8,21	186,04	-2,00
max		187,40	19,22	8,33	188,80	1,16

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M8	1	189,8	20,01	8,21	189,65	0,15
	2	189,7	20,05	8,29	191,64	-1,94
	3	189,9	19,98	8,26	190,65	-0,75
	4	190,1	19,95	8,27	190,74	-0,64
	5	190,3	20,08	8,22	190,19	0,11
	6	189,8	20,09	8,23	190,46	-0,66
	7	189,7	19,99	8,26	190,69	-0,99
	8	190,2	20,04	8,18	189,10	1,10
	9	190,1	20,01	8,22	189,87	0,23
	10	189,9	19,97	8,31	191,74	-1,84
průměr		189,95	20,02	8,25	190,47	-0,52
σ		0,20	0,04	0,04	0,78	0,90
min		189,70	19,95	8,18	189,10	-1,94
max		190,30	20,09	8,31	191,74	1,10

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M9	1	173,3	17,93	7,83	171,71	1,59
	2	173,5	18,01	7,91	173,89	-0,39
	3	173,3	18,11	7,88	173,66	-0,36
	4	173,6	17,99	7,92	174,03	-0,43
	5	173,1	17,91	7,86	172,31	0,79
	6	173,4	17,89	7,87	172,44	0,96
	7	173,3	18,03	7,89	173,52	-0,22
	8	173,2	18,01	7,93	174,34	-1,14
	9	173,5	17,95	7,91	173,62	-0,12
	10	173,2	17,92	7,88	172,81	0,39
průměr		173,34	17,98	7,89	173,23	0,11
σ		0,15	0,06	0,03	0,82	0,77
min		173,10	17,89	7,83	171,71	-1,14
max		173,60	18,11	7,93	174,34	1,59

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M10	1	182,8	18,75	8,22	184,24	-1,44
	2	182,6	18,71	8,12	181,79	0,81
	3	183,1	18,81	8,16	183,15	-0,05
	4	183,3	18,85	8,19	184,01	-0,71
	5	183,2	18,82	8,25	185,24	-2,04
	6	183,1	18,76	8,22	184,29	-1,19
	7	183,4	18,71	8,17	182,93	0,47
	8	183,2	18,77	8,19	183,65	-0,45
	9	183,1	18,71	8,26	184,97	-1,87
	10	183,5	18,82	8,22	184,55	-1,05
průměr		183,13	18,77	8,20	183,88	-0,75
σ		0,25	0,05	0,04	0,98	0,90
min		182,60	18,71	8,12	181,79	-2,04
max		183,50	18,85	8,26	185,24	0,81

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M11	1	180,4	18,23	8,21	181,69	-1,29
	2	180,3	18,26	8,22	182,05	-1,75
	3	180,6	18,19	8,26	182,65	-2,05
	4	180,4	18,25	8,21	181,78	-1,38
	5	180,1	18,22	8,22	181,87	-1,77
	6	180,3	18,25	8,18	181,10	-0,80
	7	180,6	18,21	8,22	181,83	-1,23
	8	180,5	18,27	8,19	181,41	-0,91
	9	180,1	18,33	8,22	182,36	-2,26
	10	180,3	18,19	8,16	180,37	-0,07
průměr		180,36	18,24	8,21	181,71	-1,35
σ		0,17	0,04	0,03	0,61	0,62
min		180,10	18,19	8,16	180,37	-2,26
max		180,60	18,33	8,26	182,65	-0,07

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M12	1	184,3	19,14	8,19	185,30	-1,00
	2	184,1	19,11	8,21	185,62	-1,52
	3	184,2	19,06	8,14	183,81	0,39
	4	184,4	19,09	8,17	184,62	-0,22
	5	184,4	19,13	8,21	185,71	-1,31
	6	184,1	19,17	8,18	185,21	-1,11
	7	184,2	19,08	8,09	182,76	1,44
	8	184,3	19,02	8,12	183,18	1,12
	9	184,1	19,09	8,08	182,58	1,52
	10	184,4	19,12	8,19	185,21	-0,81
průměr		184,25	19,10	8,16	184,40	-0,15
σ		0,12	0,04	0,05	1,15	1,12
min		184,10	19,02	8,08	182,58	-1,52
max		184,40	19,17	8,21	185,71	1,52

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M13	1	184,9	19,32	8,11	184,29	0,61
	2	184,8	19,26	8,13	184,48	0,32
	3	185,1	19,19	8,22	186,21	-1,11
	4	185,2	19,22	8,17	185,21	-0,01
	5	185,1	19,33	8,19	186,15	-1,05
	6	184,8	19,24	8,26	187,34	-2,54
	7	185,3	19,26	8,14	184,70	0,60
	8	184,9	19,22	8,18	185,43	-0,53
	9	184,8	19,31	8,21	186,52	-1,72
	10	185,2	19,32	8,19	186,11	-0,91
průměr		185,01	19,27	8,18	185,64	-0,63
σ		0,18	0,05	0,04	0,94	0,98
min		184,80	19,19	8,11	184,29	-2,54
max		185,30	19,33	8,26	187,34	0,61

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M14	1	176,3	18,46	7,95	176,81	-0,51
	2	176,2	18,51	7,88	175,44	0,76
	3	176,5	18,42	7,91	175,72	0,78
	4	176,2	18,46	7,85	174,54	1,66
	5	176,1	18,49	8,01	178,31	-2,21
	6	176,3	18,39	7,87	174,68	1,62
	7	176,2	18,52	7,92	176,40	-0,20
	8	176,1	18,43	7,83	173,95	2,15
	9	176,3	18,51	7,94	176,81	-0,51
	10	176,4	18,47	7,88	175,26	1,14
průměr		176,26	18,47	7,90	175,79	0,47
σ		0,12	0,04	0,05	1,24	1,25
min		176,10	18,39	7,83	173,95	-2,21
max		176,50	18,52	8,01	178,31	2,15

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M15	1	181,7	18,25	8,12	179,73	1,97
	2	182,3	18,32	8,17	181,18	1,12
	3	182,1	18,18	8,21	181,47	0,63
	4	182,4	18,21	8,18	180,92	1,48
	5	182,2	18,33	8,12	180,09	2,11
	6	182,4	18,29	8,16	180,82	1,58
	7	181,8	18,34	8,25	183,09	-1,29
	8	182,2	18,31	8,27	183,41	-1,21
	9	182,4	18,26	8,23	182,28	0,12
	10	182,1	18,29	8,19	181,50	0,60
průměr		182,16	18,28	8,19	181,45	0,71
σ		0,23	0,05	0,05	1,13	1,14
min		181,70	18,18	8,12	179,73	-1,29
max		182,40	18,34	8,27	183,41	2,11

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M16	1	181,1	17,99	8,29	182,43	-1,33
	2	181,2	18,02	8,31	183,02	-1,82
	3	181,1	17,92	8,33	183,03	-1,93
	4	181,4	17,98	8,31	182,84	-1,44
	5	181,3	18,08	8,27	182,38	-1,08
	6	181,2	18,05	8,29	182,70	-1,50
	7	180,9	17,97	8,33	183,25	-2,35
	8	181,1	17,96	8,24	181,16	-0,06
	9	181,3	17,99	8,28	182,21	-0,91
	10	181,2	17,95	8,32	182,94	-1,74
průměr		181,18	17,99	8,30	182,60	-1,42
σ		0,13	0,05	0,03	0,57	0,60
min		180,90	17,92	8,24	181,16	-2,35
max		181,40	18,08	8,33	183,25	-0,06

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M17	1	181,5	17,91	8,32	182,76	-1,26
	2	181,3	17,99	8,22	180,84	0,46
	3	181,4	18,02	8,26	181,89	-0,49
	4	181,1	18,06	8,21	180,93	0,17
	5	181,3	17,96	8,19	180,03	1,27
	6	181,4	17,98	8,25	181,48	-0,08
	7	181,2	18,07	8,29	182,79	-1,59
	8	181,1	18,03	8,24	181,48	-0,38
	9	181,2	18,09	8,26	182,20	-1,00
	10	181,3	17,97	8,28	182,12	-0,82
průměr		181,28	18,01	8,25	181,65	-0,37
σ		0,12	0,05	0,04	0,83	0,82
min		181,10	17,91	8,19	180,03	-1,59
max		181,50	18,09	8,32	182,79	1,27

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M18	1	180,9	19,01	8,11	182,90	-2,00
	2	180,8	18,99	8,08	182,13	-1,33
	3	181,1	18,88	8,05	180,96	0,14
	4	180,9	18,91	8,09	182,00	-1,10
	5	181,2	18,87	8,04	180,69	0,51
	6	181,1	18,89	8,11	182,37	-1,27
	7	181,2	18,95	8,13	183,09	-1,89
	8	181,3	18,96	8,07	181,77	-0,47
	9	181,2	18,89	8,08	181,69	-0,49
	10	181,4	19,02	8,08	182,27	-0,87
průměr		181,11	18,94	8,08	181,99	-0,88
σ		0,18	0,05	0,03	0,72	0,77
min		180,80	18,87	8,04	180,69	-2,00
max		181,40	19,02	8,13	183,09	0,51

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M19	1	182,1	19,08	8,13	183,67	-1,57
	2	182,2	19,06	8,15	184,04	-1,84
	3	182,4	19,01	8,19	184,72	-2,32
	4	182,4	19,12	8,09	182,94	-0,54
	5	182,5	19,18	8,09	183,21	-0,71
	6	182,6	19,01	8,12	183,13	-0,53
	7	182,3	19,08	8,16	184,35	-2,05
	8	182,6	19,11	8,17	184,71	-2,11
	9	182,5	19,02	8,17	184,31	-1,81
	10	182,4	18,98	8,18	184,36	-1,96
průměr		182,40	19,07	8,15	183,94	-1,54
σ		0,15	0,06	0,03	0,63	0,65
min		182,10	18,98	8,09	182,94	-2,32
max		182,60	19,18	8,19	184,72	-0,53

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
M20	1	182,8	17,92	8,25	181,21	1,59
	2	182,9	18,01	8,21	180,71	2,19
	3	182,9	18,12	8,19	180,74	2,16
	4	183,1	18,11	8,27	182,52	0,58
	5	183,3	18,08	8,29	182,84	0,46
	6	183,1	18,15	8,27	182,69	0,41
	7	183,2	18,19	8,26	182,65	0,55
	8	183,4	17,99	8,22	180,84	2,56
	9	183,2	18,09	8,24	181,75	1,45
	10	183,1	18,11	8,23	181,61	1,49
průměr		183,10	18,08	8,24	181,76	1,34
σ		0,18	0,08	0,03	0,82	0,76
min		182,80	17,92	8,19	180,71	0,41
max		183,40	18,19	8,29	182,84	2,56

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
Ž1	1	171,1	18,18	7,79	171,92	-0,82
	2	171,2	18,12	7,78	171,43	-0,23
	3	171,3	18,16	7,76	171,15	0,15
	4	171,1	18,17	7,81	172,33	-1,23
	5	171,4	18,11	7,86	173,20	-1,80
	6	171,1	18,08	7,85	172,84	-1,74
	7	171,3	18,07	7,83	172,34	-1,04
	8	171,5	18,09	7,75	170,61	0,89
	9	171,2	18,11	7,73	170,25	0,95
	10	171,1	18,21	7,69	169,79	1,31
průměr		171,23	18,13	7,79	171,59	-0,36
σ		0,13	0,04	0,05	1,08	1,09
min		171,10	18,07	7,69	169,79	-1,80
max		171,50	18,21	7,86	173,20	1,31

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
Ž2	1	176,3	18,38	7,98	177,13	-0,83
	2	176,1	18,35	8,01	177,68	-1,58
	3	176,3	18,29	7,99	176,96	-0,66
	4	176,2	18,36	7,89	175,00	1,20
	5	176,4	18,28	7,92	175,32	1,08
	6	176,1	18,36	7,88	174,77	1,33
	7	176,2	18,31	7,95	176,14	0,06
	8	176,1	18,27	7,87	174,14	1,96
	9	176,4	18,21	7,93	175,24	1,16
	10	176,2	18,24	7,96	176,05	0,15
průměr		176,23	18,31	7,94	175,84	0,39
σ		0,11	0,05	0,05	1,09	1,08
min		176,10	18,21	7,87	174,14	-1,58
max		176,40	18,38	8,01	177,68	1,96

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
Ž3	1	170,3	17,19	7,96	171,36	-1,06
	2	170,1	17,22	7,99	172,18	-2,08
	3	170,2	17,29	7,87	169,76	0,44
	4	169,9	17,26	7,83	168,72	1,18
	5	169,8	17,17	7,81	167,86	1,94
	6	170,2	17,31	7,86	169,62	0,58
	7	170,3	17,22	7,89	169,90	0,40
	8	170,4	17,18	7,91	170,18	0,22
	9	170,1	17,15	7,93	170,50	-0,40
	10	170,77	17,34	7,91	170,78	0,32
průměr		1,88	0,35	0,06	2,57	1,20
σ		169,80	17,15	7,81	167,86	-2,08
min		176,40	18,38	8,01	177,68	1,96
max		170,3	17,19	7,96	171,36	-1,06

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
Ž4	1	173,2	17,52	7,88	171,02	2,18
	2	173,1	17,42	7,91	171,25	1,85
	3	173,2	17,46	7,96	172,57	0,63
	4	173,4	17,56	7,88	171,20	2,20
	5	173,4	17,59	7,99	173,83	-0,43
	6	173,2	17,47	8,01	173,75	-0,55
	7	173,1	17,43	8,03	174,02	-0,92
	8	173,2	17,54	7,97	173,15	0,05
	9	173,1	17,49	7,89	171,11	1,99
	10	173,4	17,58	8,05	175,15	-1,75
průměr		173,23	17,51	7,96	172,70	0,53
σ		0,12	0,06	0,06	1,42	1,38
min		173,10	17,42	7,88	171,02	-1,75
max		173,40	17,59	8,05	175,15	2,20

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
Ž5	1	172,2	17,98	7,91	173,76	-1,56
	2	172,1	18,01	7,89	173,44	-1,34
	3	172,5	18,09	7,85	172,88	-0,38
	4	172,3	18,11	7,94	175,02	-2,72
	5	172,4	18,14	7,81	172,20	0,20
	6	172,2	18,21	7,79	172,06	0,14
	7	172,3	18,17	7,87	173,70	-1,40
	8	172,1	18,19	7,88	174,01	-1,91
	9	172,1	18,07	7,93	174,61	-2,51
	10	172,4	18,03	7,91	173,98	-1,58
průměr		172,26	18,10	7,88	173,57	-1,31
σ		0,14	0,07	0,05	0,91	0,96
min		172,10	17,98	7,79	172,06	-2,72
max		172,50	18,21	7,94	175,02	0,20

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
Ž6	1	159,1	15,92	7,61	157,73	1,37
	2	158,8	15,89	7,58	156,92	1,88
	3	158,9	15,86	7,52	155,42	3,48
	4	158,7	15,91	7,63	158,14	0,56
	5	158,9	15,93	7,66	158,91	-0,01
	6	159,1	15,99	7,62	158,27	0,83
	7	159,2	15,87	7,59	157,05	2,15
	8	159,1	15,88	7,62	157,78	1,32
	9	158,8	16,01	7,56	157,00	1,80
	10	158,9	15,97	7,58	157,27	1,63
průměr		158,95	15,92	7,60	157,45	1,50
σ		0,16	0,05	0,04	0,91	0,91
min		158,70	15,86	7,52	155,42	-0,01
max		159,20	16,01	7,66	158,91	3,48

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
Ž7	1	177,2	17,22	8,19	176,72	0,48
	2	177,3	17,26	8,21	177,35	-0,05
	3	177,1	17,32	8,28	179,21	-2,11
	4	177,5	17,24	8,19	176,81	0,69
	5	177,1	17,25	8,22	177,54	-0,44
	6	177,4	17,19	8,25	177,95	-0,55
	7	177,2	17,16	8,16	175,77	1,43
	8	177,1	17,21	8,17	176,22	0,88
	9	177,3	17,23	8,24	177,90	-0,60
	10	177,2	17,27	8,29	179,22	-2,02
průměr		177,24	17,24	8,22	177,47	-0,23
σ		0,13	0,04	0,04	1,09	1,11
min		177,10	17,16	8,16	175,77	-2,11
max		177,50	17,32	8,29	179,22	1,43

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
Ž8	1	179,1	18,65	8,04	179,70	-0,60
	2	179,2	18,51	8,12	180,90	-1,70
	3	178,9	18,55	8,09	180,39	-1,49
	4	178,9	18,57	8,06	179,80	-0,90
	5	178,8	18,59	8,07	180,12	-1,32
	6	179,2	18,62	8,03	179,34	-0,14
	7	179,1	18,61	8,06	179,98	-0,88
	8	179,3	18,57	8,08	180,26	-0,96
	9	179,1	18,53	8,06	179,62	-0,52
	10	179,2	18,59	8,11	181,03	-1,83
průměr		179,08	18,58	8,07	180,11	-1,03
σ		0,15	0,04	0,03	0,52	0,51
min		178,80	18,51	8,03	179,34	-1,83
max		179,30	18,65	8,12	181,03	-0,14

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
Ž9	1	172,1	17,12	7,99	171,73	0,37
	2	172,3	17,18	8,02	172,68	-0,38
	3	172,4	17,09	8,06	173,19	-0,79
	4	172,3	17,07	7,98	171,28	1,02
	5	172,1	17,15	7,96	171,18	0,92
	6	172,3	17,11	8,02	172,37	-0,07
	7	172,1	17,08	8,09	173,82	-1,72
	8	172,5	17,14	8,11	174,55	-2,04
	9	172,1	17,16	8,04	173,04	-0,94
	10	172,3	17,21	8,06	173,72	-1,42
průměr		172,25	17,13	8,03	172,76	-0,51
σ		0,14	0,04	0,05	1,07	1,01
min		172,10	17,07	7,96	171,18	-2,04
max		172,50	17,21	8,11	174,55	1,02

osoba	č.m.	v_N [cm]	d_{DR} [cm]	d_{SR} [cm]	v_T [cm]	o_V [cm]
Ž10	1	169,4	17,72	7,67	167,14	2,26
	2	169,2	17,82	7,69	168,04	1,16
	3	169,1	17,69	7,66	166,78	2,32
	4	169,3	17,79	7,63	166,54	2,76
	5	169,4	17,77	7,71	168,27	1,13
	6	169,3	17,81	7,78	170,04	-0,74
	7	169,5	17,71	7,69	167,55	1,95
	8	169,1	17,76	7,72	168,46	0,64
	9	169,3	17,86	7,75	169,58	-0,28
	10	169,4	17,89	7,76	169,95	-0,55
průměr		169,30	17,78	7,71	168,24	1,06
σ		0,13	0,06	0,04	1,21	1,20
min		169,10	17,69	7,63	166,54	-0,74
max		169,50	17,89	7,78	170,04	2,76