Predikce tělesné výšky osoby ze stop lokomoce

Prediction of a Person's Body Height from Traces of Locomotion

JIŘÍ STRAUS¹

JIŘÍ JONÁK²

Abstrakt

V článku jsou prezentovány možnosti predikce tělesné výšky osoby podle rozměrů nohy nebo parametrů chůze. Forenzní biomechanika umožňuje studovat především trasologické stopy lokomoce, které byly dosud v kriminalistice na okraji zájmu. Trasologické stopy bipedální lokomoce jsou typickým představitelem stop, které odrážejí funkční a dynamické vlastnosti působícího objektu a je možné z těchto stop dekodovat biomechanický obsah. Tělesná výška je jednou ze základních charakteristik, která slouží k identifikaci osoby. V článku jsou uvedeny vztahy pro predikci tělesné výšky z délky nohy nebo délky kroku a dvojroku.

Klíčová slova

trasologické stopy, tělesná výška, délka nohy, forenzní biomechanika, kriminalistika

Abstract

The article presents the possibilities of predicting a person's body height according to the dimensions of the leg or the parameters of walking. Forensic biomechanics makes it possible to study mainly trasological traces of locomotion, which have so far been on the fringes of interest in criminalistics. Trasological traces of bipedal locomotion are a typical representative of traces that reflect the functional and dynamic properties of the acting object and it is possible to decode biomechanical content from these traces. Body height is one of the basic characteristics that serves to identify a person. The article presents relations for the prediction of body height from the length of the leg or length of the step and two steps.

Key words

footprints, body height, leg length, width legs, forensic biomechanics, criminology

DOI

<http://dx.doi.org/10.37355/fvpk-2021/2-03>

1 prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc., Vysoká škola finanční a správní, katedra kriminalistiky a forenzních disciplín

2 doc. Ing. Jiří Jonák, PhD., Policejní akademie ČR

Úvod

V kriminalistice se v posledních 30 letech objevuje nový pojem, kterým je forenzní biomechanika. Dosud je nejvíce biomechanika prostudována v kriminalistické trasologii, kde biomechanický obsah trasologických stop odhaluje nové poznatky o somatometrii osoby a pohybovém chování na místě činu. Kriminalistická zkoumání trasologických stop vyžadují hledání nových metod dekódování informací, které stopa obsahuje. Je nutné tvůrčím přístupem rozpracovávat nové metody, postupy a prostředky jak v oblasti kriminalistické vědy, tak i v oblasti kriminalistické praktické činnosti, a aktivně využívat a aplikovat již rozvinuté poznatky jiných vědních oborů.

Biomechanika se zabývá aplikací zákonů mechaniky v biologii, medicíně, tělovýchově a sportu, kriminalistice apod.³ Biomechanika je *definována jako interdisciplinární věda, zabývající se především studiem mechanické struktury a mechanického chování živých systémů a jejich interakcí s okolím.*⁴ Využití biomechaniky v kriminalistice je především závislé na samotné stopě trestného činu. Možnosti využití biomechaniky v kriminalistice jsou závislé také na tom, zda stopa má biomechanický obsah. Tím máme na mysli zakódované informace o svalově-kosterním aparátu pachatele a jeho pohybovém chování ve stopě.⁵

Za kriminalistickou stopu je považována každá změna v materiálním prostředí nebo ve vědomí člověka, která příčinně nebo alespoň místně nebo časově souvisí s vyšetřovanou událostí, obsahuje kriminalisticky nebo trestněprávně relevantní informaci a je zjistitelná, zjistitelná a informace z ní využitelná pomocí přístupných kriminalistických, přírodovědných a technických metod, prostředků a postupů.⁶

Kriminalistická stopa odrážející funkční a dynamické vlastnosti a návyky

Kriminalistické stopy odrážející funkční a dynamické vlastnosti objektu vznikají při pohybu nebo jiném funkčním projevu člověka, např. při chůzi, běhu, mluvení nebo při psaní. Vlastnosti jeho pohybu nebo jiného funkčního projevu se přenesou předáním energie nebo hmoty na jiný hmotný objekt (odrážející objekt) formou zobrazení nebo jiného zachycení (uchování, podržení, fixace). Těmito stopami jsou zejména:

- stopy chůze a běhu (tzv. pěšinka lokomoce), v nichž se odrážejí formou zobrazení vlastnosti chůze či běhu člověka, tj. délka kroku, úhel chodidla k ose chůze apod.;
- stopy hlasu a řeči zachycené ve zvukovém záznamu, které obsahují informaci o vlastnostech hlasu a řeči člověka;

3 VALENTA, J. a kol. *Biomechanika*. Praha: Academia, 1985.

4 KARAS, V. *Biomechanika pohybového systému člověka*. Praha: UK, 1978.

5 PORADA, V., J. STRAUS a V. KARAS. *Odhad somatických znaků člověka ze stop nohou*. Čs. kriminalistika, 4, 1992. STRAUS, J. *Aplikace forenzní biomechaniky*. Praha: Police history, 2001.

6 STRAUS, J. a kol. *Úvod do kriminalistiky*. 3. rozšířené vydání, Praha: Nakladatelství a vydavatelství Čeněk, s.r.o., 2012, s. 79.

- stopy jiných funkčních a dynamických vlastností a návyků, např. stopy pracovních návyků při používání nástrojů k vloupání, stopy návyků chování na místě činu apod.

Fyziologický základ těchto stop je v tvorbě dynamického stereotypu a pohybovém návyku. Veškeré hybné děje jsou reflexní povahy, opakování jednotlivých pohybů podmíní vypracování podmíněných spojů, jež pak umožní provádění pohybu ekonomičtěji, rychleji a s menší únavou. Mluvíme o tzv. fixaci, vypracování dynamického stereotypu, což lze vymezit jako osvojený soubor úkonů a činností, jež jsou vykonávány na základě stálého podnětu. Každý člověk provádí jednotlivé úkony na podkladě takto vypracovaného stereotypu, i když schopnost dobře vypracovat takový stereotyp je individuální. Vypracování stereotypu není v zásadě trvalé, ale není-li posilováno, slábne a zaniká. Vypracování těchto podmíněných spojů je jednou z podstat vzniku a výcviku jednoduchých i složitých pohybových návyků. Přestože se dynamický stereotyp po vypracování stává automatickým mechanismem, není strnulý. Představuje široký soubor reakcí, jež byly v průběhu vývoje jedince automatizovány, avšak ve vztahu k vyvolávající situaci si zachovaly určitý stupeň volnosti (přizpůsobení). Dynamický stereotyp je základem procesu učení, vytváření návyků a postojů. Dynamický stereotyp představuje dočasně neměnnou soustavu podmíněných a nepodmíněných reflexů, jež vzniká na základě stereotypně se opakujících podnětů, resp. pohybových situací. Dynamický stereotyp je nervová struktura získaná vnějším stereotypem, tj. opakovaným působením podnětů v určitém sledu. Tento vnější podnětový stereotyp vede ke vzniku vnitřního stereotypu v mozkové kůře. Vnitřní i vnější prostředí se neustále mění, čemuž se musí organismus neustále přizpůsobovat, to se označuje jako přizpůsobování, adaptace, plastičnost mozkové kůry. Tato plastičnost umožňuje tvorbu a fixaci stále nových pohybových variant, aniž ovšem dříve vytvořené varianty vymizí.

Trasologické stopy bipedální lokomoce jsou typickým představitelem stop, které odrážejí funkční a dynamické vlastnosti působícího objektu (osoby), a z kterých je možné dekodovat biomechanický obsah. Biomechanický obsah trasologických stop se klasifikuje na znaky geometrické, kinematické a dynamické.

Geometrické znaky biomechanického obsahu trasologických stop

Geometrické znaky biomechanického obsahu trasologických stop se projevují hlavně v prostorovém uspořádání souboru stop, a to v prostorových vztazích mezi stopami u souboru stop. Mezi základní charakteristiky geometrických znaků biomechanického obsahu trasologických stop patří – délka a šířka bosé nohy, délka kroku pravé a levé nohy, délka dvojkroku pravého a levého, úhel stopy levé a pravé.⁷ Délka kroku i dvojkroku se měří od špičky jedné nohy ke špičce nohy druhé, případně od paty k patě. Při běhu se

7 PORADA, V. *Teorie kriminalistických stop a identifikace*. Praha: Academia, 1987. PORADA, V. *Kriminalistická biomechanika*. In: VALENTA, J. a kol. *Biomechanika*. Praha: Academia, 1985. KARAS, V. *Biomechanika pohybového systému člověka*. Praha: UK, 1978.

ovšem pata ve stopě odráží slabě nebo téměř vůbec ne, a proto je vhodnější měřit délku dvojkroku. Úhel stopy vzhledem k linii lokomoce se určí jako úhel, který svírá vnitřní tečna stopy k ose lokomoce.⁸

V literatuře bylo prezentováno množství výsledků empirických výzkumů, které zjišťovaly vztah tělesné výšky a délky nohy z různých hledisek, např. v dětské populaci⁹ nebo u různých etnických skupin.¹⁰ Při bližším pohledu na jednotlivé přístupy zjistíme, že autoři se liší vzájemně jak v druhu uvažovaných parametrů, tak i v jejich kvalitě. Např. je poměrně velké množství autorů, kteří berou v úvahu pouze jeden parametr, a to známou délku nohy. V posledních letech se objevily v literatuře i výsledky výzkumů, které umožňují predikci tělesné výšky osoby z parametrů jak jedné stopy obuvi,¹¹ tak i ze známé délky kroku nebo dvojkroku.¹²

Rozsáhlým měřením na velkých souborech bylo zcela jasně prokázáno, že tělesná výška osoby je signifikantní s délkou a šířkou bosé nohy, a je možné poměrně přesně vypočítat pravděpodobnou tělesnou výšku podle těchto parametrů.

Odhad výšky postavy z různých měření nohou a bot pomocí statistických metod je dobře znám. Bylo však publikováno velmi málo studií na predikci výšky postavy z délky kroku. Je nutné si zdůraznit, že tato predikce se může lišit v různých rychlostech chůze a při různých stylech chůze.¹³

Při zajišťování stop lidské lokomoce se využívá jednotlivých prvků pěšinky lokomoce a vybírají se souvisle řazené stopy přímé chůze, minimální počet jsou čtyři řazené trasologické stopy za sebou. Hodnoty pěšinky chůze stop bosých či obutých nohou vyplývají ze základní charakteristiky individuálních znaků projevu lokomoce.¹⁴

8 BORKOWSKI, K. *Kryminalistyczna identyfikacja śladów stóp*. Warszawa: Wydawnictwo Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego Policji institutu badawczego, 2013, 254 stran.

9 GRIVAS, T. B., C. MIHAS, A. ARAPAKI and E. VASILADIS. *Correlation of foot length with height and weight in school age children*. *J Forensic Leg Med.* 2/2008, 15 (2): 89–95.

10 EWUNONU, E. O., A. O. EGWU, A. N. ETEUDO and K. I. AJOKU. *Bilateral Foot Asymmetry and Sexual Dimorphism in Young-Adult Igbo People of South-Eastern Nigeria*. *European Journal of Biotechnology and Bioscience* 2014; 1 (4), pp. 01–05. DAVIS, K. T. *The foot length to stature ratio*. In: *Anthropology a thesis in anthropology*. Submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Arts, 1990.

11 DAVIS, K. T. *The foot length to stature ratio*. In *Anthropology a thesis in anthropology*. Submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Arts. 1990.

12 KANCHAN, T., S. SINHA and K. KRISHAN. *Is There a Correlation Between Footstep Length, Lower Extremities, and Stature?* *J Forensic Sci*, September 2015, Vol. 60, No. 5, s. 1337–1340.

13 JASUJA O. P., S. HARBHAJAN and K. ANUPAMA. *Estimation of stature from stride length while walking fast*. *Forensic Sci Int* 1997, 86:181–6.

14 STRAUS, J. a V. PORADA. *Kriminalistická trasologie*. Praha: MV České republiky, 2004, s. 125. ISBN 80-7251-160-2. STRAUS, J. a J. JONÁK. *Biomechanická analýza videozáznamu: teorie a praxe*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2018. Sciencepress, s. 21. ISBN 978-80-7408-169-9. STRAUS, J. a V. PORADA. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2017. Sciencepress, s. 21. ISBN 978-80-7408-140-8.

Predikce tělesné výšky osoby ze stop lokomoce

Počátky zkoumání závislosti tělesné výšky a rozměrů nohy spadají do druhé poloviny minulého století. Jedno z prvních empirických šetření bylo realizováno v roce 1971 a na tehdejší dobu bylo provedeno poměrně rozsáhlé měření.¹⁵ Autoři měřili délku a šířku bosé nohy ve vztahu k tělesné výšce. Zjistili, že délka a šířka bosé nohy – tělesná výška jsou závislé na obou rozměrech bosé nohy, tj. na délce i na šířce nohy. Pravděpodobná tělesná výška souhlasí se skutečnou výškou osoby s odchylkou asi 2 cm se středními hodnotami z korelační tabulky naměřených hodnot.

Významný progres ve studiu biomechanického obsahu trasologických stop uskutečnil profesor Porada,¹⁶ který patří k našim předním forenzním vědcům, významné špiče v oboru kriminalistika, forenzní biomechaniky, policejních a bezpečnostních věd. Založil nový pohled na trasologické stopy jako projev dynamického stereotypu. Nejprve se věnoval výzkumu biomechanického obsahu trasologických stop bipedální lokomoce a v letech 2007–2015 zcela logicky přesunul vědeckou aktivitu na identifikaci osoby podle dynamického stereotypu chůze. Výsledky jeho exaktního výzkumu vytváří jedinečný základ pro využití ve znalecké praxi.

V současné době je ale nutné kriticky pohlížet na současné i dřívější poznatky z oblasti forenzní biomechaniky. Tělesná výška se postupně zvyšuje, a tedy se dá předpokládat, že se bude zvětšovat i rozměr nohy.¹⁷ V posledních pěti letech jsme provedli měření délky nohy a tělesné výšky s cílem zjistit vztah délky nohy a tělesné výšky.

Pravděpodobná tělesná výška osoby je s vysokou pravděpodobností predikovatelná také z délky dolní končetiny. Podle studie, která byla provedena¹⁸ na souboru 142 jedinců, bylo zjištěno, že při chůzi na pevné podložce významně koreluje délka dolní končetiny s tělesnou výškou osoby. Nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi souborem mužů a žen.

Pro zpřesnění predikce tělesné výšky z parametrů biomechanického obsahu trasologických stop jsme provedli měření délky nohy, délky kroku a délky dvojkroku a zjišťovali jsme vztah k výpočtu tělesné výšky. Pilotní měření proběhlo na souboru 56 osob při chůzi na pevném povrchu, na betonových dlaždicích.

Délka nohy (x) a tělesná výška (y) byly zjišťovány na vzorku 76 osob, mužů i žen, ve věku od 19 do 26 let. Výpočet výšky postavy je založen na regresních rovnicích získaných empirickým šetřením, kdy známe jak délku nohy, tak tělesnou výšku (obr. 1).

$$y = 0,2513x^2 - 9,2801x + 244,89$$

15 TITLBACH, Z., S. TITLBACHOVÁ a D. ŠTĚCHOVÁ. Zjištění tělesné výšky osob ze stop nohou. *Čs. kriminalistika*, 3, 1971, s. 223–239.

16 PORADA, V. *Kriminalistická biomechanika*. In: VALENTA, J. a kol. *Biomechanika*. Praha: Academia, 1985 kap. 6, s. 508–528. PORADA, V. *Teorie kriminalistických stop a identifikace (technické a biomechanické aspekty)*. Praha: Academie – Elsevier, 1987, 328 s.

17 BRŮŽEK, J., V. ČERNÝ a P. STRÁNSKÁ. Proměny výšky postavy v průběhu věků. *Vesmír* 84, 2005/3, s. 165.

18 KANCHAN, T., S. SINHA a K. KRISHAN. Is There a Correlation Between Footstep Length, Lower Extremities, and Stature? *J Forensic Sci*, September 2015, Vol. 60, No. 5, s. 1337–1340.

Obr. 1: Vztah délky nohy (cm) a tělesné výšky (cm)

Vztah délky kroku a délky dvojkroku k tělesné výšce je znázorněn na obr. 2 a obr. 3. Výsledky vyjadřují závislost pro subjektivně normální chůzi, vnitřně střední rychlostí, tzv. „subjektivně přirozené chůze“. Délka kroku a dvojkroku byla měřena po několika úvodních krocích, až sledovaná osoba dosáhla rychlosti své subjektivně normální chůze.

Krok, x_K – délka kroku (cm), y – tělesná výška (cm)

$$y = -0,1409x_K^2 + 20,731x_K - 572,92$$

Dvojkrok, x_{DK} – délka kroku (cm), y – tělesná výška (cm)

$$y = -0,0254x_{DK}^2 + 7,6225x_{DK} - 380,29$$

Obr. 2: Vztah délka kroku (cm) a tělesná výška (cm) pro subjektivně přirozenou rychlost chůze na pevném podkladu

Obr. 3: Vztah délka dvojkroku (cm) a tělesná výška (cm) pro subjektivně přirozenou rychlost chůze na pevném podkladu

Závěr

Tělesná výška je jednou ze základních charakteristik, která slouží k identifikaci osoby. Na konci 19. století byly zkoumány zejména vztahy mezi délkou nohy a tělesnou výškou.

Na základě těchto výzkumů byly stanoveny vzorce pro výpočet tělesné výšky z délky bosé nohy. Postupně se zájem rozšířil i na šířku nohy. Kromě tělesné výšky je významná i informace o hmotnosti těla,¹⁹ kterou zatím nelze přesně určit. V biomechanických výzkumech byly provedeny experimenty,²⁰ ale zatím není tento výzkum ukončen a nejsou známy přesné metody pro predikci hmotnosti těla.²¹

Pachatel málokdy na místě činu zanechá otisk bosé nohy, ze které bychom získali údaje o délce a šířce. Spíše je zajištěna na místě činu trasologická stopa obuvi, i pak lze stanovit tělesnou výšku z délky a šířky stopy obuvi, nebo lze využít parametry pěšinky lokomoce, tzv. trasologických stop (tělesná výška určená z délky kroku a dvojkroku). Tyto parametry se dostávají do popředí zejména s rozvojem kriminalistických a forenzních věd přibližně v druhé polovině 20. století. I na všechny tyto vztahy byly stanoveny vzorce. Některé vzorce pro určení tělesné výšky byly stanoveny i před více než sto lety.

V poslední době se také hledají vztahy k určení pohlaví z parametrů chodidla a ukazuje se, že „Foot index“ (šířka nohy k délce nohy krát 100) je vhodný ukazatel k určení pohlaví.

Predikce tělesné výšky z uvedených modelů výpočtu má vždy stochastický charakter. Tělesnou výšku osoby lze nejpřesněji predikovat z rovnice, která počítá s délkou bosé nohy, to je pravděpodobně dáno největší lineární závislostí délky bosé nohy vzhledem k tělesné výšce. Vyšší míru závislosti na tělesné výšce má též délka kroku či dvojkroku, proto i tyto vztahy mají uspokojivé výsledky. Model s dvojkrokem je o trochu přesnější než s krokem.

Menší přesnost výpočtu získáme, pokud budeme uvažovat rozměry obuvi nebo stopy obuvi, výsledek je silně závislý na použitém typu obuvi. Jako nejméně vhodný se ukazuje vztah šířky obuvi k tělesné výšce. Pro další výzkum by bylo vhodné uvažovat měření pro více typů obuvi, pro různé věkové skupiny.

Analýzou všech dostupných výzkumů lze konstatovat, že predikce tělesné výšky osoby z rozměrů trasologických stop nohy je závislá na pohlaví, rase, věku a skutečnosti, zda provádíme predikci z délky nebo šířky nohy. Pokud chceme zjistit tělesnou výšku z rozměrů stopy obuvi, pak je významný i typ obuvi.

Postava, věk, hmotnost, pohlaví a rozměry nohou jsou zřejmě vzájemně propojeny a tyto proměnné se mohou vzájemně ovlivňovat. Stupeň tohoto vzájemného vztahu se může lišit mezi obyvatelstvem a zeměpisným původem.

19 Hmotnost těla společně s tělesnou výškou dávají předpoklad k vytvoření představy o pravděpodobném somatotypu osoby, která stopy vytvořila. Odhad tělesné hmotnosti nebyl dosud zcela vyčerpávajícím způsobem řešen v naší kriminalistické literatuře, určité obecné koncepty byly sice provedeny, ale zatím není možné zcela přesně stanovit tělesnou hmotnost pachatele ze stop zajištěných na místě činu.

20 PORADA, V. *Teorie kriminalistických stop a identifikace*. Praha: Academia, 1987. STRAUS, J. *Aplikace forenzní biomechaniky*. Praha: Police history, 2001. VALENTA, J., V. PORADA a J. STRAUS. *Biomechanics*. Praha: Police history, 2004.

21 ROBBINS, L. M. *Estimating Height and Weight from Size of Footprints*. *Journal of Forensic Sciences*, JFSCA, Vol. 31, No. 1, Jan. 1986, pp. 143–152.

Tělesná výška osoby významně koreluje s délkou nohy, délkou kroku a délkou dvojkroku a pro další výzkum bude tedy významné studovat vztah tělesné výšky právě pouze k těmto třem parametrům – délce nohy, délce kroku a délce dvojkroku.

Literatura

- BHATNAGAR, D. P., S. P. THAPAR and M. K. BATISH. Identification of personal height from the somatometry of the hand in punjabi males. *Forensic Science International*. 24,1984.
- BORKOWSKI, K. *Kryminalistyczna identyfikacja śladów stóp*. Warszawa: Wydawnictwo Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego Policji insitutu badawczego, 2013, 254 s.
- BRŮŽEK, J., V. ČERNÝ a P. STRÁNSKÁ. Proměny výšky postavy v průběhu věků. *Vesmír*. 84, 2005/3, s. 165–168.
- DAVIS, K. T. The foot length to stature ratio. In: *Anthropology a thesis in anthropology. Submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Arts*. 1990.
- DHANERIA, V., M. SHRIVASTAVA, R. K. MATHUR and S. GOYAL. Estimation of Height from Measurement of Foot Breadth and Foot Length in Adult Population of Rajasthan. *Indian Journal of Clinical Anatomy and Physiology*. 2016, 3(1):78–82.
- GILES, E. and P. H. VALLANDIGAM. Height Estimation from Foot and Shoeprint Lenght. *Journal of Forensic Science*. Vol. 36, No 4, 1991, s. 1134–1151.
- GORDON C. C. and J. E. BUIKSTRA. Linear models for the prediction of stature from foot and boot dimensions. *Journal of Forensic Science*. May 1992; 37(3): 771–782.
- GRIVAS, T. B., C. MIHAS, A. ARAPAKI and E. VASILADIS. Correlation of foot length with height and weight in school age children. *J Forensic Leg Med*. 2008, 15 (2): 89–95.
- KARAS, V. *Biomechanika pohybového systému člověka*. Praha: UK, 1978.
- PORADA, V. *Teorie kriminalistických stop a identifikace*. Praha: Academia, 1987.
- PORADA, V., J. STRAUS a V. KARAS. Odhad somatických znaků člověka ze stop nohou. *Čs. kriminalistika*. 4, 1992.
- PORADA, V. Kriminalistická biomechanika. In: VALENTA, J. a kol. *Biomechanika*. Praha: Academia, 1985, kap. 6, s. 508–528.
- PORADA, V. *Teorie kriminalistických stop a identifikace (technické a biomechanické aspekty)*. Praha: Academie – Elsevier, 1987, 328 s.
- PORADA, V. a kol. *Kriminalistika. Technické, forenzní a kybernetické aspekty*. Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2016.
- ROBBINS, L. M., Estimating Height and Weight from Size of Footprints. *Journal of Forensic Sciences*, JFSCA. Vol. 31, No. 1, Jan. 1986, pp. 143–152.
- STRAUS, J. Určení tělesné výšky osoby z trasologických stop vytvořených v různém terénu. *Čs. kriminalistika*. 3, 1989.
- STRAUS, J. a V. PORADA. Forensic Biomechanical Application in Criminalistic. *Forensic Science International*. Volume 169, Supplement 1, 2007, s. 40.
- STRNADOVÁ, H. *Vybrané parametry lokomoce a chodidla vzhledem k tělesné výšce jedince*. Praha: FTVS UK Praha, 2014.
- TITLBACH, Z., S. TITLBACHOVÁ a D. ŠTĚCHOVÁ. Zjištění tělesné výšky osob ze stop nohou. *Čs. kriminalistika*. 3, 1971, s. 223–239.