

EXPERIMENTÁLNA VERIFIKÁCIA VZDIALENOSTI ODHODENIA ĽUDSKÉHO TELA PRI ÚTOKU STRČENÍM

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF HUMAN BODY THROWING DISTANCE DUE TO THE PUSH ATTACK

Ing. Eduard Kolla, PhD.

*Žilinská univerzita v Žiline, Ústav znaleckého výskumu a vzdelávania
Ul. 1.mája 32, 010 01 Žilina
Kontakt: kolla@uniza.sk*

Ing. Katarína Malinová

*Žilinská univerzita v Žiline, Ústav znaleckého výskumu a vzdelávania
Ul. 1.mája 32, 010 01 Žilina
Kontakt: katarina.malinova@usi.sk*

ABSTRAKT

Analýza útočných fyzických interakcií ku ktorým dochádza v rámci medziľudských vzťahov je častokrát predmetom forezného, alebo kriminalistického vyšetrovania pre potreby trestno-právneho konania. Takéto fyzické interakcie môžu spôsobiť vážnu ujmu na zdraví obeť s trestnoprávnymi, prípadne občianskoprávnymi následkami pre páchatel'a. Vo foreznej a kriminalistickej praxi často krát dochádza vzhľadom na nedostatok objektívnych podkladov k nutnosti vysporiadať sa s tvrdeniami svedkov trestných činov, napríklad pri fyzických napadnutiach strčením, keď jedna strana sporu tvrdí, že došlo k pádu subjektu z dôvodu strčenia druhým subjektom a druhá strana sporu tvrdí, že došlo k pádu z dôvodu samovoľnej straty stability. Ďalšie svedecké tvrdenie môže uvádzať, že obeť bola „odhodená“ fyzickým útokom o určitú vzdialenosť. Predmetný článok sa preto zaoberá experimentálnym overením možnosti odhodenia ľudského tela útokom strčením a veľkosťou tohto odhodenia.

Kľúčové slová: biomechanika, fyzický útok, strčenie, pád, figurína

ABSTRACT

The analysis of aggressive physical interactions that occur in the context of interpersonal relationships is often the subject of forensic or criminal investigation for the purpose of criminal proceedings. Such physical interactions can cause serious harm to the victim's health, with criminal or civil law consequences for the offender. In forensic and criminalistic practice it is often necessary, due to the lack of objective evidence, to deal with the allegations of witnesses, i.e., when one party claims that the subject has fallen due attack of the perpetrator and the other party claims that, on the contrary, the subject has fallen due to spontaneous loss of stability.

Another witness statement may state that the victim was “thrown away” by a physical attack a certain distance. The article therefore deals with the experimental verification of the possibility of the human body being thrown away by the thrust attack and the size of this throwing.

Key words: biomechanika, physical attack, push, fall, dummy

1 ÚVOD

Problematika ľudského pádu či už z dôvodu úrazu, alebo interakcie s iným človekom bola predmetom niekoľkých štúdií v rámci forenzného skúmania.

Lau, Ooi a Phoon [1] vo svojej práci odprezentovali matematický model umožňujúci odhad výšky pádu na základe utrpených zranení. Autori zistili, že výška pádu je vo významnej korelácii s vekom, kritériom ISS (Injury Severity Score) a rozsahom závažných zranení ($AIS \geq 3$). Podobné zameranie mal výskum Casaliho a kol. [2], pričom autori zistili koreláciu medzi výškou pádu a vekom, hmotnosťou tela a charakterom poranení.

Wischhusen a kol. [3] vo svojom výskume skokov z výšky 5 m konštatovali rozpoznateľné rozdiely v maximálnom doskoku medzi skokmi aktívnymi a pasívnymi a oba scenáre skokov matematicky popísali. Na základe toho následne extrapolovali hodnoty maximálneho doskosku pre výšku 20 m.

Klenk a kol. [4] sa vo svojej práci zaoberali porovnávaním rozdielov v kinematike pádu ľudského subjektu v reálnej situácii a počas „in-vitro“ experimentov s dobrovoľníkmi pričom zistili detekovateľne rozdiely v zrýchleniach ťažísk tiel subjektov medzi oboma skupinami.

Fanta a kol. [5] skúmali vo svojej práci skúmali kinematické veličiny pri páde ľudských dobrovoľníkov a skúšobných figurín. Autori sa pri dobrovoľníkoch zamerali na: cieleňy pád do zadu vo vzpriamenej polohe, pád dozadu po strčení do hrudnej oblasti a pád dozadu po podtrhnutí nôh. Pri skúšobnej figuríne sa autori zamerali na: pád dozadu po nízkorýchlostnom náraze cestného vozidla a pád dozadu po strčení do hrudnej oblasti. Autori okrem iného skonštatovali, že pohyb figuríny zodpovedal živému subjektu najviac v prípade variantu pádu dozadu po strčení do hrudnej oblasti.

Wach a Unarski [6] prezentovali výsledky komplexnej biomechanickej analýzy pádu človeka v schodisku bytového domu. Autori našli riešenie problému aplikáciou parametrickej štúdie variovaním okrajových podmienok v 3D virtuálnom priestore vytvoreného modelu schodiska a matematicko-fyzikálneho modelu ľudského tela v programe PC-Crash. Na základe

tohto prístupu bolo následne možné identifikovať najpravdepodobnejšie miesto z ktorého došlo k pádu obeť.

V minulosti nebol publikovaný výskum, ktorý by priamo riešil veľkosť vzdialenosti odhodena tela obeť silovým pôsobením páchatel'a, pričom vo forenznej praxi často dochádza k nutnosti vysporiadať sa s tvrdeniami svedkov ktorí uvádzajú často nerealistické údaje. Preto sa nasledovný text venuje determinovaniu technicky prijateľných hodnôt odhodena tela človeka v rámci scenára silového pôsobenia „páchatel'a“ strčením do hornej časti trupu „obeť“.

2 METODIKA A POUŽITÉ NÁSTROJE

Cieľom experimentu bolo overenie hornej hranice možností odhodena iného ľudského tela strčením “celou silou” do hornej časti trupu a to len silovým pôsobením daného testovacieho subjektu (“útočníka”), teda bez následného “krokovania” zo strany “strčenej” osoby (“obeť”). Experiment bol zrealizovaný so subjektami mužského pohlavia a testovacie subjekty mohli spraviť výkrok tak aby získalo ich telo pred “útokom” na figurínu vyššiu hybnosť.

Ako fyzický simulant “strčenej” osoby bola použitá skúšobná figurína vyvinutá pre vysokorýchlostné nárazové skúšky so zraniteľnými účastníkmi cestnej premávky. Figurína je skonštruovaná ako kombinácia vnútornej kovovej “kostry” a vonkajšieho povrchu predstavujúceho mäkké tkanivá ľudského tela zhotoveného zo syntetickej gumo-plastovej hmoty. Jednotlivé segmenty figuríny sú spájané kovovými kĺbmi, ktoré umožňujú ich utiahnutie a tým zvýšenie odporu v týchto kĺboch. Figurínu je možné spustiť tesne pred nárazom cez závesný a uvoľňovací mechanizmus (používané na nárazových skúškach), alebo je schopná sama stáť vzpriamene utiahnutím kĺbov spájajúcich jednotlivé segmenty na vyšší ťahovací moment. V rámci realizácie experimentu bola figurína použitá v “samostojnom” režime, t.j. kĺby spájajúce jednotlivé segmenty boli dostatočne utiahnuté tak aby bol zvýšený odpor voči relatívnemu pohybu jednotlivých segmentov a figurína bola schopná sama vzpriamene stáť. Je predpoklad, že tento režim má oproti skutočnému ľudskému telu tendenciu spôsobiť o niečo väčšiu vzdialenosť odhodena figuríny, keďže pri “útoky” nedochádza ku výraznej premene energie “útoky” na rotáciu jednotlivých segmentov relatívne voči sebe, ale energia “útoky” je efektívnejšie využitá na získanie odhodovej rýchlosti figuríny ako celku.

Rozmery figuríny predstavujú rozmery 50% percentilného muža, jej výška bola počas experimentu 1,74 m a hmotnosť 80 kg. Dĺžky jednotlivých segmentov a ich hmotnosti majú realistický charakter vo vzťahu ku skutočnému ľudskému telu podobných rozmerov.

Na nasledovnom obrázku je znázornená skúšobná figurína použitá pri experimente (zobrazená bez odevných zvrškov).



Obrázok 1 Skúšobná figurína použitá pri experimente

Experiment mal nasledovný priebeh:

- 4 testovacie ľudské subjekty mužského pohlavia a nadpriemernej výšky a hmotnosti (vo vzťahu k mediánu mužskej populácie Slovenskej republiky), dobrej fyzickej kondície boli inštruované, aby čo najväčšou silou strčili oboma rukami do hornej časti trupu vzpriamene stojacej figuríny s cieľom dosiahnuť čo najväčšie odhodenie figuríny. Strčenie do hornej časti trupu figuríny bolo realizované s kontaktnou oblasťou, ktorá u ľudského subjektu zodpovedá približne oblasti medzi 3 a 5 rebrom. Subjekty mohli pri strčení spraviť výkrok, tak aby mali pri kontakte rúk s trupom figuríny už určitú doprednú rýchlosť, a teda aj určitú hybnosť svojich tiel. Cieľom bolo prenesenie čo najväčšej hybnosti tiel subjektov na telo figuríny, t.j. aby strčenie nebolo vykonávané len silou rúk, ale aj využitím hmotnosti (a teda aj hybnosti) tiel subjektov.
- Po teste bola dĺžkovým meradlom zmeraná vzdialenosť **odhodenia** medzi pôvodnou polohou päty figuríny a polohou päty ležiacej figuríny. Z testov bola zhotovená

videodokumentácia vysokorýchlostnou kamerou SONY RX-100 Mk5 so snímkovacou frekvenciou 500 fps.

- Ako kontrolná veličina bola použitá vzdialenosť medzi pôvodnou polohou päty figuríny a polohou päty ležiacej figuríny za predpokladu, že dôjde k pádu figuríny bez výrazného externého silového pôsobenia, t.j. k pádu dôjde len vplyvom tiaže a mierneho vychýlenia figuríny z rovnovážnej polohy človekom-operátorom (“jemné postrčenie”).
- Povrch experimentálneho priestoru bol suchý, asfaltový.

3 DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

Celkovo bolo vykonaných 12 pokusov. Na nasledovnom obrázku, vytvoreného z vyexportovaných snímkov z videozáznamu jedného testu je viditeľný spôsob strčenia do figuríny subjektom a následný charakter pádu tejto figuríny v časovom kroku 0,05 s.

Chronologický postup je zľava doprava a zhora nadol.





Obrázok 2 Strčenie do figuríny testovacím subjektom a charakter následného pádu figuríny

Tab. 1: Výsledok experimentálneho merania

	h (m)	m (kg)	vek (roky)	Pokus	Odhodenie figuríny (m)
Subjekt 1	1,85	104	44	1	0,48
				2	0,47
Subjekt 2	1,92	110	37	3	0,4
				4	0,49
				5	0,57
				6	0,44
Subjekt 3	1,9	96	52	7	0,43
				8	0,4
				9	0,32
Subjekt 4	1,97	112	35	10	0,35
				11	0,33
				12	0,51
PRIEMER					0,43
SAMOVOENÝ PÁD					0,07

4 DISKUSIA

Z vykonaného experimentálneho merania vyplýva, že priemerné odhodenie figuríny po strčení testovacím subjektmi spôsobom popísaným vyššie bolo cca 0,43 m (v intervale 0,32 - 0,57 m). Pri vzdialenosti chodidiel figuríny od ťažiska panvy cca 0,95 m bola potom pozdĺžna vzdialenosť ťažiska panvy od pôvodnej pozície cca 1,38 m (v intervale 1,27 - 1,52 m). Odhodenie figuríny pri samovoľnom páde bolo cca 0,07 m, čo predstavuje pozdĺžnu vzdialenosť ťažiska panvy od pôvodnej pozície cca 1,02 m. Z vyššie uvedeného je teda zrejmé, že strčenie do hornej časti tela figuríny spôsobilo oproti samovoľnému pádu odhodenie tela väčšie len o cca 0,36 m.

Pre porovnanie vyššie uvedených experimentálne získaných údajov s maximálnou teoreticky dosiahnuteľnou hodnotou odhodenia tela človeka s využitím maximálnej hybnosti tela “útočníka” bol spracovaný simulačný výpočet v programe PC-Crash, pri ktorom bol použitý matematicko-fyzikálny model ľudského tela mužského pohlavia (1,75 m; 76,7 kg) bližšie popísaný v [7]. Do tohto modelu narazí impaktor impaktor (ťažisko impaktora je vo výške cca 0,85 m od povrchu) v tvare elipsoidu 2-ého stupňa o rozmeroch poloosí (0,150x0,200x0,124) m. **Hmotnosť impaktora je 115 kg a rýchlosť impaktora 35 km/h** v smere zápornej osi x globálneho súradnicového systému. Hmotnosť a rýchlosť impaktora predstavujú hornú hranicu parametrov elitného hráča amerického futbalu na pozícii linebacker, ktoré boli adaptované zo zdroja [8]. Tieto parametre predstavujú hornú hranicu dosiahnutia hybnosti tela elitného hráča na tejto pozícii ($1118 \text{ kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1} = 115 \text{ kg} \times (35\text{km}\cdot\text{h}^{-1}/3,6)$) pričom hráči na tejto pozícii sa dajú považovať za špecialistov na čo najefektívnejšie využitie hybnosti svojho tela na zastavenie protihráča fyzickým kontaktom [9]. Takto nastavené parametre impaktora (nárazová rýchlosť a hmotnosť) predstavujú **hornú technicky prijateľnú hranicu možnosti odhodenia daného ľudského tela iným človekom (len s využitím jeho biologických parametrov)**. Odhodenie tela v tomto prípade bolo cca 1,95 m, čo predstavuje pozdĺžnu vzdialenosť ťažiska panvy od pôvodnej pozície cca 2,82 m. Na nasledujúcom obrázku je znázornená predmetná simulácia v časovom kroku 0,1 s.





Obrázok 3 Odhodenie tela “maximálnym útokom”

Z vyššie uvedeného je zrejmé, že je možné z technického hľadiska vymedziť technickú prijateľnosť údajov uvádzaných svedkami vo svedeckých výpovediach (v prípade analýzy trestných činov fyzického napadnutia strčením), ktoré sa týkajú veľkosti odhodenia tela človeka strčením. Vyššie uvedené platí za predpokladu, že sa v prípade danej kriminalisticky relevantnej udalosti jednalo len o tzv. “čisté strčenie”, t.j. bez následného pohybu obeť smerom dozadu “krokováním” (napr. ako reflexívne chovanie s cieľom získať stratenú stabilitu).

5 ZÁVER

Predložený príspevok sa venoval doposiaľ nedostatočne pokrytej časti forenznej biomechaniky a to problematike veľkosti odhodenia ľudského tela strčením. Údaje získané experimentálne umožňujú posúdiť technickú prijateľnosť svedeckých výpovedí v príslušných trestných konaniach a tak prispieť k objektivizácii forenznej analýzy fyzických napadnutí obeť útočníkom strčením.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol podporený Agentúrou pre podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-20-0626. Tento príspevok bol vypracovaný v rámci projektu APVV-20-0626: Biomechanicky verná náhrada ľudského tela pre zvýšenie objektivity forenznej analýzy cestných dopravných nehôd.

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under contract no. APVV-20-0626. This work was created within the project APVV-20-0626: Biofidelic human body surrogate to increase the objectivity within the forensic analysis of road traffic accidents.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

[1] LAU, G., OOI, P.L, PHOON, B., 1998. Fatal falls from height: The use of mathematical models to estimate the height of fall from injuries sustained. In: *Forensic Science International*. 93(1998), s. 33-44.

[2] CASALI, M.B., BLANDINO, A., GRIGNASCHI, S., FLORIO, E.M., TRAVAINI, G., GENOVESE, U.R., 2019. The pathological diagnosis of the height of fatal falls: A mathematical approach. In: *Forensic Science International*. 302(2019), 109883.

[3] WISCHHUSEN, F., PATRA, S., BRAUMANN, M., TÜRK, E.E., PÜSCHEL, K., 2006. Analysis of jumping/falling distance from a height. In: *Forensic Science International*. 156 (2006), s. 150-153.

[4] KLENK, J., BECKER, C., LIEKEN, F., NICOLAI, S., MAETZLER, W., ALT, W., ZIJLSTRA, W., HAUSDORFF, J.M., VAN LUMMEL, R.C., CHIARI, L., LINDEMANN, U., 2011. Comparison of acceleration signals of simulated and real-world backward falls. In: *Medical Engineering & Physics*. 33 (2011), s. 368-373.

[5] FANTA, O., KUBOVÝ, P., LOPOT, F., PÁNKOVÁ, B., JELEN, K., 2012. Kinematic analysis of backward falls of pedestrian and figurine in relation of head injury. In: *Transaction on Transport Sciences*. Vol. 5, no. 4, s. 179-188.

[6] WACH, W., UNARSKI, J., 2014. Fall from height in a stairwell – mechanics and simulation analysis. In: *Forensic Science International*. 244(2014), s. 136-151.

[7] KOLLA, E. 2016. Biofidelic human body modelling using multibody approach, In: *Zbornik príspevkov z X. medzinárodnej vedecko-technickej konferencie Automotive Safety 2016 – Problemy bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych, Kielce – Ameliówka, Poľsko, 2016, ISBN 978-83-63792-70-1*

[8] <https://www.ninersnation.com/2018/3/4/17076962/2018-nfl-combine-live-results-defensive-line-linebacker-bench-drills-workout-40-schedule>

[9] <https://en.wikipedia.org/wiki/Linebacker>