

**VYSOKÁ ŠKOLA
FINANČNÍ A SPRÁVNÍ**

Edice SCIENCEpress



Kriminalistické a biomechanické aspekty vybraných pohybových akcí

| Jiří Straus

Vysoká škola finanční a správní, a.s.

Jiří Straus

**Kriminalistické a biomechanické
aspekty vybraných pohybových akcí**

Praha 2024

Vzor citace:

STRAUS, Jiří. *Kriminalistické a biomechanické aspekty vybraných pohybových akcí*. Praha: VŠFS, 2024. Edice SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-272-6.

prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc.

Kriminalistické a biomechanické aspekty vybraných pohybových akcí

Katedra kriminalistiky a forenzních disciplín

Fakulta právních a správních studií

Vysoká škola finanční a správní, a.s.

Estonská 500

101 00 Praha 10

straus@email.cz

Publikace byla podpořena z prostředků SVV Vysoké školy finanční a správní za podpory vědeckého projektu SVV VŠFS „Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti“ č. 7427/2022/01.

RECENZENTI

doc. Ing. Marek Semela, Ph.D.

doc. JUDr. Jan Chmelík, Ph.D.

Vydala Vysoká škola finanční a správní, a.s., v edici SCIENCEpress

Estonská 500, 101 00 Praha 10

Tel.: 210 088 800

www.vsfs.cz

Vydání odborné publikace bylo schváleno vědeckou redakcí nakladatelství VŠFS.

Vydavatelský redaktor Mgr. Petr Mach

Počet stran 122

Vydání první, Praha, 2024

Tisk Tisk Pětka s.r.o., Horova 1631, 252 63 Roztoky

Tato publikace neprošla redakční úpravou. Nakladatelství Vysoké školy finanční a správní neručí za obsahovou stránku publikace. Za autorské dílo zodpovídá autor.

© Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2024

ISBN 978-80-7408-272-6

Obsah

ÚVOD	4
1. KRIMINALISTICKÉ ASPEKTY PÁDU Z VÝŠKY	6
1.1 Parametry pádu podílející se na mortalitě	6
1.2 Biomechanické hodnocení pádu z výšky	12
1.3 Počítačové simulace pádu z výšky	21
2. PÁDY ZE STOJE NA PODLOŽKU.....	28
2.1 Biomechanická analýza pádů ze stoje na zem	32
2.2 Pády u starších osob	36
3. ASPEKTY OVLIVŇUJÍCÍ ODHODOVOU RYCHLOST BŘEMENE .	44
3.1 Experimentální zjištění.....	45
3.2 Vliv alkoholu na reakční dobu	57
3.3 Vliv alkoholu na volní motorickou činnost	64
4. KRIMINALISTICKÝ EXPERIMENT VE FORENZNÍCH VĚDÁCH....	68
4.1 Manipulace s bezvládným tělem.....	75
4.2 Možnosti modelování pohybu člověka	82
5. KAZUISTIKY	83
ZÁVĚR.....	107
LITERATURA.....	112
SOUHRN	117
SUMMARY.....	119

Úvod

Biomechanika je definována jako interdisciplinární věda, zabývající se především studiem mechanické struktury a mechanického chování živých systémů a jejich interakcí s okolím. Využití biomechaniky v kriminalistice je především závislé na samotné stopě trestného činu. Možnosti využití biomechaniky v kriminalistice je závislé také na tom, zda stopa má biomechanický obsah, tím máme na mysli zakódované informace o pohybovém aparátu pachatele a jeho pohybovém chování ve stopě. Zkušenosti a logické důvody dovolují tvrdit, že subjekt stopu vytvářející způsobí na objektu stopu přijímajícím takové materiální změny, které jsou jistým odrazem některých somatických vlastností a rovněž pohybového chování objektu, který stopu vytvořil. Z hlediska klasifikace kriminalistických stop řadíme tyto stopy do skupiny kriminalistických stop, které odrážejí funkční a dynamický projev působícího objektu, tj. člověka.

Biomechanika se výrazně uplatňuje ve znalecké činnosti. Znaleckým oborem je kriminalistika a dle vyhlášky k zákonu 254/2019 Sb. se jedná o odvětví s názvem Kriminalistická biomechanika.

Forenzní biomechanika je obor, rozvíjející se nejen díky experimentálnímu výzkumu, ale také díky využití počítačových simulací. Tak jako jiné forenzní obory, tak i forenzní biomechanika vychází z mateřského oboru biomechaniky. Postupem vývoje si vytváří vlastní vědeckovýzkumnou základnu, směry vývoje a precizují se konkrétní možnosti využití forenzní biomechaniky ve znalecké činnosti. Forenzní biomechanika zcela zřetelně vymezila svůj předmět zkoumání a naplnila poznávací gnozeologickou a institucionální funkci vědního oboru.

V předložené monografii jsou podrobně rozebrány kriminalistické a biomechanické aspekty vybraných pohybových akcí. Hlavní pozornost je věnována biomechanice pádu z výšky a vlivu věku na parametry pádu. Druhá část popisuje biomechaniku hodů břemene z pohledu vybraných vnitřních aspektů. Poslední část monografie je věnována manipulaci s bezvládným tělem a možnostem počítačové simulace ve forenzní biomechanice jako ekvivalentu kriminalistického experimentu. V závěru monografie jsou uvedeny vybrané kazuistiky, při nichž byly využity jak metody kriminalistického experimentu, tak počítačové simulace pohybu.

Monografie navazuje a rozvíjí poznatky uvedené ve dvou publikovaných monografiích:

- STRAUS, Jiří a Viktor PORADA. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2017. 168 s. Edice SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-140-8.
- STRAUS, Jiří. *Forenzní biomechanika. Teoretické, experimentální a empirické metody*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2021. 204 s. Edice SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-219-1.

Monografie je výstupem řešení výzkumného projektu SVV VŠFS „Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti“ č. 7427/2022/01.

Děkuji tímto figurantům a spolupracovníkům, kteří se podíleli na přípravě experimentální části projektu. Při tvorbě dílčích poznatků se podíleli studenti, jako

pomocné vědecké síly, považuji za milou povinnost je všechny uvést: Mgr. Tereza Apltová, Mgr. Andrea Blechová, Mgr. Lucie Buchtíková, Mgr. Nikola Jíchová, Mgr. Tereza Kubásková, Mgr. Martin Rybáček, Mgr. Karolína Rothová, Mgr. Lucie Umáčená, Mgr. Ingrid Vosiková, Mgr. Veronika Vrátná.

Velký dík patří recenzentům monografie doc. Ing. Marku Semelovi, Ph.D. a doc. JUDr. Janu Chmelíkovi, Ph.D., kteří svými připomínkami přispěli ke kvalitě monografie.

prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc.

1. Kriminalistické aspekty pádu z výšky

Studium pádu lidského těla z výšky je významnou aplikací forenzní biomechaniky a využívá se v kriminalistické praxi velmi často. Studium biomechaniky pádu z výšky vychází z dlouhodobých výzkumů a experimentální práce autora¹.

Pád lidského těla z výšky vychází principiálně z fyzikální podstaty hodnocení vodorovného vrhu tělesa. Jde o složený pohyb, skládá se z pohybu vodorovným směrem (ve směru osy x) a volného pádu. Koná jej těleso, kterému udělíme počáteční rychlost vodorovným směrem. Trajektorii pohybu je část paraboly s vrcholem v místě hodu. Délka vrhu je závislá na počáteční rychlosti v_0 a na výšce h , ze které bylo těleso vrženo. V případě biomechanického hodnocení pádů z výšky je nutné přísně vycházet ze zákonů fyziky. Pro objektivní posouzení faktorů ovlivňujících průběh pádu těla a dopadovou polohu je nutné brát v úvahu podmínky, za kterých došlo ke ztrátě kontaktu těla v počátečním bodě. Pád těla je determinován v okamžiku ztráty kontaktu těla s podložkou².

Objektivní řešení otázky výšky a druhu pádu je možné principiálně dvěma způsoby. Jednak je to možné cestou vytvoření optimálního matematického modelu a teoretickou simulací trajektorie pádu a pozicí těla při dopadu. Nebo je možná druhá cesta, a to experimentování a simulace pádu s vhodnou figurínou, která bude splňovat vlastnosti lidského těla. Tuto figurínu je možné nechat padat z vhodné výšky a posuzovat podmínky vlastního pádu a podmínky dopadu. Pro získání seriózních vědeckých poznatků je pak optimální komparace teoretických simulací s experimentálními údaji pádu biomechanické figuríny.

1.1 Parametry pádu podílející se na mortalitě

V literatuře byla publikována studie, která se zabývala 30 případy úmrtí v důsledku pádu z výšky. Informace o zranění, včetně výšky pádu a umístění těla od základu budovy (horizontální vzdálenost) byla získána z policejních vyšetřovacích spisů. Dále bylo provedeno dotazování příbuzných a zasahujících policistů. Výška pádu a vzdálenost dopadu těla byly potvrzeny měřením osobně na místě činu, a to pro každý studovaný případ³.

K pádům byly zjištěny informace, například v jednom případě otec držel své dítě v náručí na balkoně svého domu. Dítě vyklouzlo z náručí a otec, který se ho snažil zachránit před pádem z balkonu, spadl dolů. V jiném případě se desetiletý chlapec v

¹ STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress. STRAUS, J. *Forenzní biomechanika. Teoretické, experimentální a empirické metody*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2021. 204 s. Edice SCIENCEpress. STRAUS, J. *Aplikace forenzní biomechaniky*. Praha: Police History, 2001. STRAUS, J. a kol. *Biomechanika pádu z výšky*. Praha: PA ČR, 2004. STRAUS, J. *Biomechanické aspekty pádů člověka z výšky*. Sborník vědeckých prací „Identifikace potřeb právní praxe jako teoretický základ pro rozvoj kriminalistických a právních specializací“. Karlovy Vary: VŠKV, 2012, s. 288–297.

² STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress. STRAUS, J. *Forenzní biomechanika. Teoretické, experimentální a empirické metody*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2021. 204 s. Edice SCIENCEpress.

³ KIRAN KUMAR, J. V., SRIVASTAVA, A. K., Pattern of Injuries in fall from Height. *J Indian Acad. Forensic Med.* Jan-March 2013, Vol. 35, No. 1, pp. 47–50.

dětském domově klouzal na zábradlí podél schodiště a spadl z výšky 5,1 metru. Zloděj vylezl po okapu na terasu domu, kde byl odhalen paní, která spala na terase. Když spustila křik, zloděj se ze strachu v rychlosti pokusil spěšně sestoupit stejnou cestou zpět a následně spadl z výšky 14,4 metrů.

Ve většině případů se uskutečnil pád oběti z výšky menší než 10 metrů (66,6 %). Pád z výšky více než 20 metrů byl registrován v pouhých 5 případech (16,5 %). Ve většině případů oběť spadla v blízkosti budovy (76,6 %) a to 1 m od základu budovy.

Pouze v jednom případě bylo tělo nalezeno 8 metrů od budovy, kdy zloděj skočil z terasy ve čtvrtém patře. Aby unikl před policií, provedl skok s krátkým rozběhem.

K většině případů úmrtí v důsledku pádu z výšky došlo u dospělých mužů ve věkové skupině 21–50 let. Většina pádů byla náhodných z balkonů nebo teras. Nejčastější příčinou smrti po dopadu na zem bylo kraniocerebrální poranění hlavy.

Významný zdroj pro studium mortality při pádu z výšky přináší studie, která analyzovala 114 případů a analyzovala jednotlivé faktory smrtelných následků⁴. Výsledky jsou srovnány s předcházejícími studiemi⁵. Pády byly rozděleny do čtyř výškových skupin⁶:

- Pády z výšky mezi 0 a 3 m
- Pády z výšky 3 až 6 m
- Pády z výšky mezi 6,1 až 9,0 m
- Pády z výšky více než 9,1 m

Pro lepší analýzu důsledků pádů z výšky byly případy rozděleny do čtyř skupin podle důsledků:

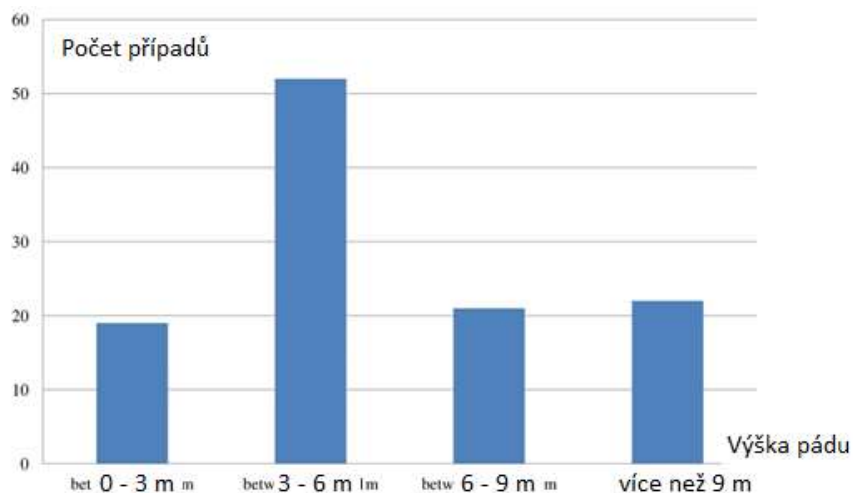
- Nic zraněného (pohmožděniny, drobné popáleniny a puchýře, drobné řezy na hlavě).
- Dočasné postižení (zlomená noha, kotník, žebra).
- Trvalé postižení (vážné poranění páteře nebo ochrnutí od pasu dolů).
- Smrt (včetně okamžité smrti a smrti, která nastala po nějaké době, ale která byla spojena s poraněním v souvislosti s pádem).

V zahrnutých studiích se výška pádu pohybovala v rozmezí 1,2 až 42 metrů, přičemž 19 případů bylo mezi 0 a 3 m; 52 případů od 3 do 6 m; 21 případů mezi 6,1 a 9 m; a 22 případů více než 9,1 m. Rozdělení případů na skupiny je znázorněno na obr. 1.1.

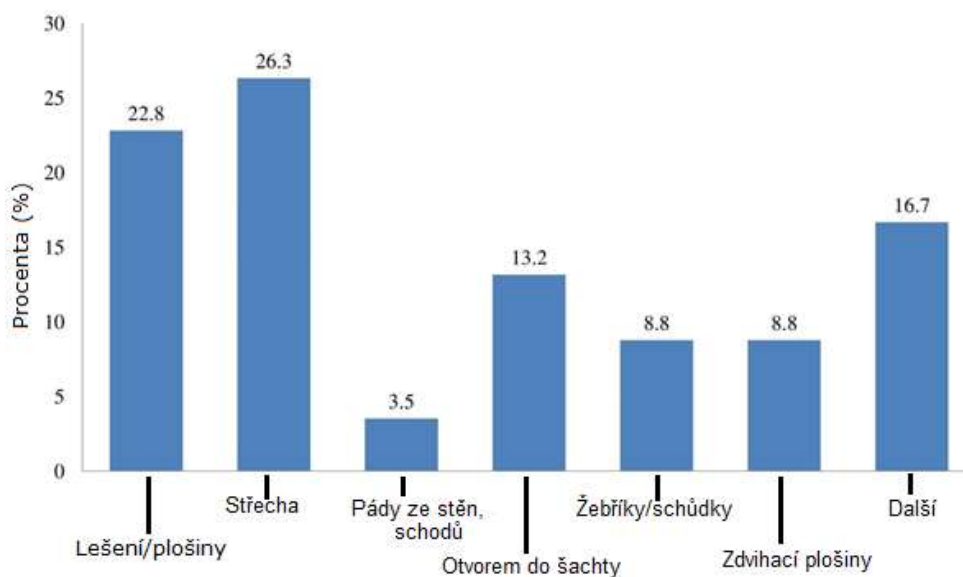
⁴ ZLATAR, T., LAGO, E. M. G., SOARES, W. A., BAPTISTA, J. S. & BARKOKÉBAS, Jr, B. Falls from height: analysis of 114 cases. *Production*, 29, 2019, e20180091.

⁵ HUANG, X., HINZE, J. & ASCE, M. Analysis of construction worker fall accidents. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129, 2003, p. 262–271.

⁶ KANG, Y., SIDDIQUI, S., SUK, S. J., CHI, S. & KIM, C. Trends of fall accidents in the U. S. construction industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2017, 143(8), p. 1–7.



Obr. 1.1: Rozložení zjištěných případů podle výšky pádu⁷



Obr. 1.2: Rozložení zjištěných případů podle místa pádu⁸

Data analyzovaná v zahraničních studiích^{9,10} ukazují, že k pádům z výšky dochází většinou při práci na střechách, lešeních a plošinách, což představuje téměř 50 % všech analyzovaných případů. Závažné důsledky byly zastoupeny ve velkém počtu případů, k trvalým zdravotním postižením došlo v 17 (≈15 %), zatímco k úmrtí ve 41 (≈36 % všech analyzovaných případů). Fatální pády z výšky nad 9,1 m byly

⁷ KANG, Y., SIDDIQUI, S., SUK, S. J., CHI, S. & KIM, C. Trends of fall accidents in the U. S. construction industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2017, 143(8), p. 1–7.

⁸ ZLATAR, T., LAGO, E. M. G., SOARES, W. A., BAPTISTA, J. S. & BARKOKÉBAS, Jr, B. Falls from height: analysis of 114 cases. *Production*, 29, 2019, e20180091.

⁹ KANG, Y., SIDDIQUI, S., SUK, S. J., CHI, S. & KIM, C. Trends of fall accidents in the U. S. construction industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2017, 143(8), p. 1–7.

¹⁰ HUANG, X., HINZE, J. & ASCE, M. Analysis of construction worker fall accidents. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2003, 129, p. 262–271.

odpovědné za 33,9 % fatálních pádů, což je v souladu se zjištěními z jiné studie, kde pády nad 9,1 m byly více než třetinou fatálních pádů¹¹.

Tabulka 1.1: Vztah výšky pádu a závažnost zranění¹²

Výška pádu (m)	Žádné zranění po dopadu	Dočasné postižení po dopadu	Trvalé následky pádu	Smrtelné následky pádu	Celkem
0–3	1 (5 %)	12 (63 %)	2 (21 %)	2 (11 %)	19 (100 %)
3,1–6	4 (8 %)	27 (52 %)	8 (15 %)	13 (26 %)	52 (100 %)
6,1–9	0 (0 %)	8 (38 %)	3 (14 %)	10 (48 %)	21 (100 %)
Více než 9,1	0 (0 %)	4 (18 %)	2 (9 %)	16 (73 %)	22 (100 %)
Celkem	5 (4 %)	51 (45 %)	17 (15 %)	41 (36 %)	114 (100 %)

Výsledky empirického šetření je možné vyjádřit graficky, výsledky jsou uvedeny na obr. 1.2, grafické závislosti ukazují závažnost následku v závislosti na výšce pádu (vertikální vzdálenosti) a procentuálním výskytu každého následku¹³. Závislosti jsou uvedeny jako logaritmické tendence křivek (vybrány proto, že minimalizují celkovou R² hodnotu) s jejich rovnicí pro každý důsledek. Závažnost zranění se zcela logicky liší podle výšky pádu. Ačkoli pád z jakékoli výšky může mít za následek jakýkoli z uvažovaných důsledků, výsledky ukazují, že pád z výšek nad 20 m by měl mít za následek smrt, zatímco jiné následky by se mohly stát pouze náhodou¹⁴.

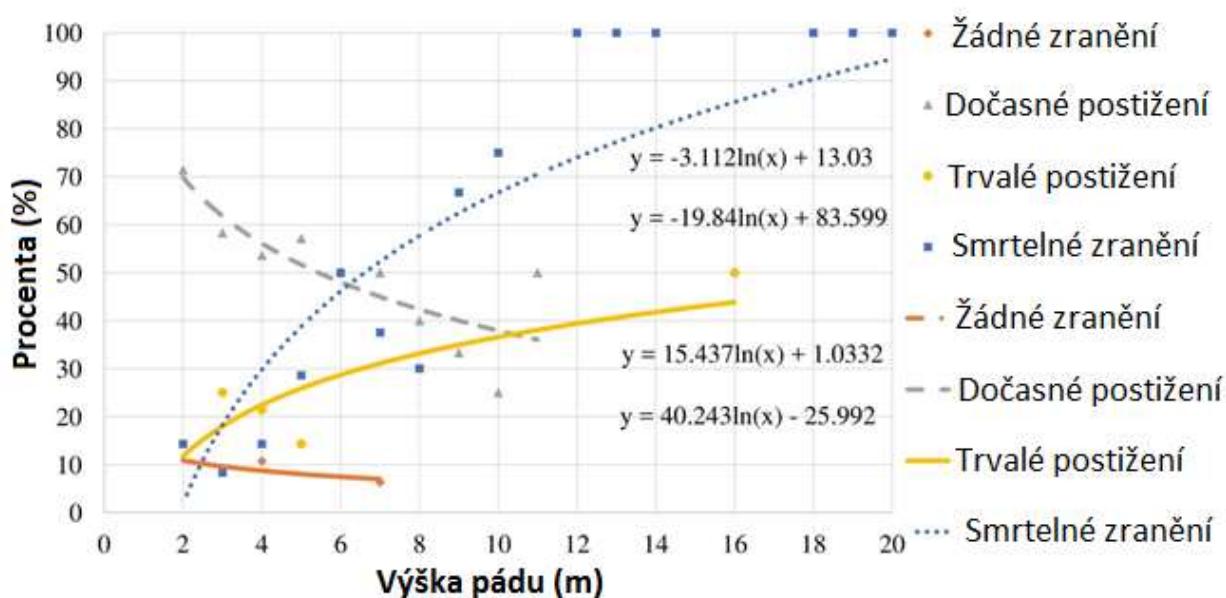
- $y = -3.112\ln(x) + 13.03$ – smrtelné zranění
- $y = -19,84\ln(x) + 83,599$ – dočasné postižení
- $y = 15,437\ln(x) + 1,0332$ – trvalé postižení
- $y = 40,243\ln(x) - 25,992$ – žádné zranění

¹¹ DONG, X. S., FUJIMOTO, A., RINGEN, K. & MEN, Y. Fatal falls among Hispanic construction workers. *Accident Analysis & Prevention*, 2009, 41(5), p. 1047–1052.

¹² ZLATAR, T., LAGO, E. M. G., SOARES, W. A., BAPTISTA, J. S. & BARKOKÉBAS, Jr, B. Falls from height: analysis of 114 cases. *Production*, 29, 2019, e20180091.

¹³ STRAUS, J. Jaká výška pádu je smrtelná? In Markéta Brunová. *Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2020. S. 331–337.

¹⁴ STRAUS, J. Jaká výška pádu je smrtelná? In Markéta Brunová. *Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2020. S. 331–337.



Obr. 1.3: Zranění těla v závislosti na výšce pádu¹⁵

Je také důležité si povšimnout, že v některých případech následek vedl k dočasnému postižení, zatímco by mohl snadno vyústit v smrt. Například v jednom případě došlo k pádu osoby, která byla na 10 dní na přístrojích na podporu životních funkcí, nebo v jiném případě, že se zraněná osoba nemohla vrátit do práce po dobu 2 let.

Nejnižší výška pádu, při které došlo ke smrtelným následkům, byla 1,8 m. Při analýze případů úmrtí z relativně malých výšek bylo zjištěno, že všichni zemřeli v důsledku primárního dopadu na hlavu. Padající utrpěli těžká zranění hlavy, zlomení lebky nebo dopadli hlavou na obrubník¹⁶. Tato zjištění jsou v souladu se studií¹⁷, která zjistila, že zranění hlavy bylo příčinou smrti v 11 z 19 případů, které byly od 9 m nebo méně (58 %). Výsledky studií uvádějí, že zranění hlavy mohou mít za následek úmrtí i při pádu z nižší výšky. Na druhé straně byla analyzovaná úmrtí z výšek nad 10 metrů¹⁸ způsobena hlavně polytraumatem (72 %) a pouze ≈24 % (8/33) traumatem hlavy.

V praxi k pádům z výšky obvykle dochází při přepravě těžkých a objemných materiálů na kluzkém a šikmém povrchu, nejčastěji při práci¹⁹.

Aby bylo možné dále analyzovat důsledky pádů a lépe porozumět tomu, jaké faktory ovlivňují přežití pádu z vyšších výšek, je třeba analyzovat více údajů

¹⁵ ZLATAR, T., LAGO, E. M. G., SOARES, W. A., BAPTISTA, J. S. & BARKOKÉBAS, Jr, B. Falls from height: analysis of 114 cases. *Production*, 29, 2019, e20180091.

¹⁶ STRAUS, J. Jaká výška pádu je smrtelná? In Markéta Brunová. *Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2020. S. 331–337.

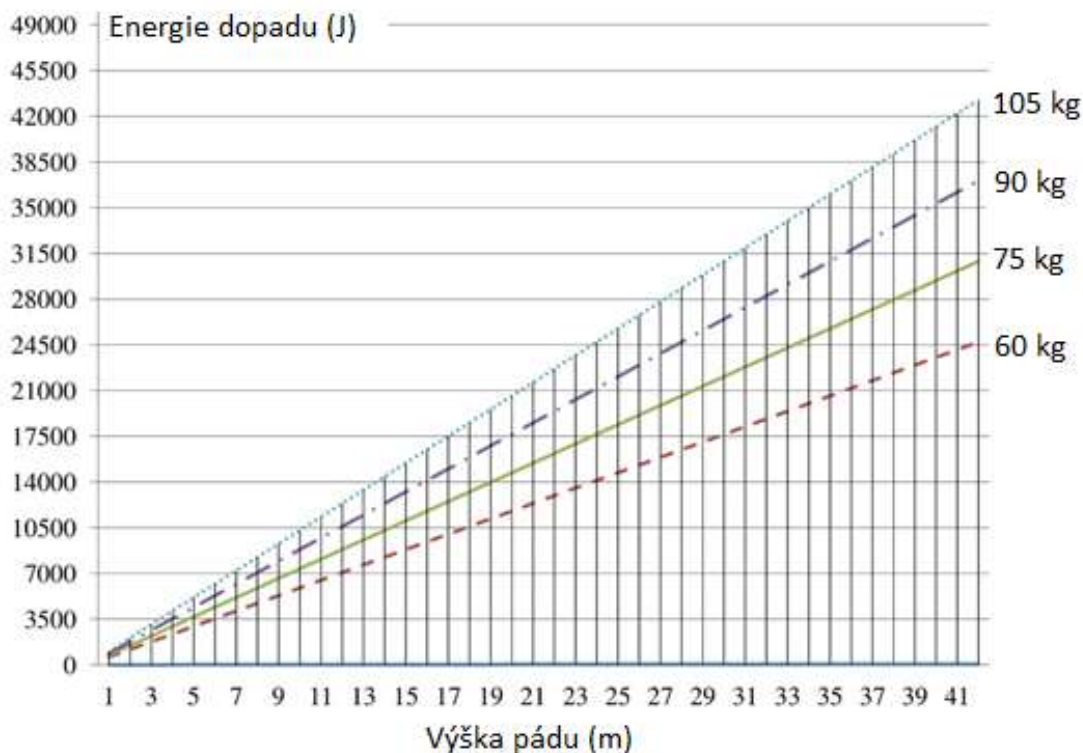
¹⁷ TÜRK, E. E. & TSOKOS, M. Pathologic features of fatal falls from height. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 2004, 25(3), p. 194–199.

¹⁸ TÜRK, E. E. & TSOKOS, M. Pathologic features of fatal falls from height. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 2004, 25(3), p. 194–199.

¹⁹ WIERSMA, M. & CHARLES, M. Occupational injuries and fatalities in the roofing contracting industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2006, 131(11), p. 1233–1240.

o padajících osobách a popsat, jak k pádu došlo. Například energii pádu (nárazu) lze vypočítat pomocí údajů o výšce pádu a hmotnosti lidského těla: $E = mgh$ (J).

Výsledky výpočtů ohledně kinetické energie pro čtyři různé osoby (tělesná hmotnost 60, 75, 90 a 105 kg) jsou ilustrovány na obr. 1.4.



Obr. 1.4: Hmotnost lidského těla a její vztah k energii pádu a výšce pádu²⁰

Jak je znázorněno na obr. 1.4, energie pádu 10 500 J odpovídá pádu člověka s tělesnou hmotností 60 kg, 75 kg, 90 kg, 105 kg z výšky od 10 m do 18 m. Následek pádu by ze stejné výšky byl mnohem menší u lidí, kteří mají nižší tělesnou hmotnost ve srovnání s těmi s vyšší hmotností, což znamená, že čím vyšší hmotnost osoby, tím menší šance na přežití pádu²¹.

Obecně je míra úmrtnosti vyšší při pádech z vyšších míst ve srovnání s nižšími výškami pádu. Zjištěná úmrtnost při pádech z výšky větší než 12 metrů byla 50% a při pádech z výšky větší než 18 metrů byla úmrtnost při dopadu 100%²². Úmrtnost způsobená pády z výšky větší než 6 metrů byla v jedné studii²³ ve výši 22,7 %. Úmrtnost způsobená pády z výšky větší než 9 metrů byla stanovena na 23,5 %.

²⁰ ZLATAR, T., LAGO, E. M. G., SOARES, W. A., BAPTISTA, J. S. & BARKOKÉBAS, Jr, B. Falls from height: analysis of 114 cases. *Production*, 29, 2019, e20180091.

²¹ STRAUS, J. Jaká výška pádu je smrtelná? In Markéta Brunová. *Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2020. S. 331–337.

²² TURGUT, K., SARIHAN, M. E., COLAK, C., GUVEN, T., GURBUZ, S. Falls from height: A retrospective analysis, *World J Emerg Med*. 2018; 9(1): p. 46–50.

²³ LIU, C., WANG, C., SHIH, H., WEN, Y., WU, J., HUANG, C. et al. Prognostic factors for mortality following falls from height. *Injury*. 2009; 40(6):595–7.

Al et al²⁴ zjistili, že průměrná výška pádu byla $3,2 \pm 0,4$ metru a Yagmur et al²⁵ zjistili, že to bylo $4,5 \pm 0,6$ metrů. Průměrná výška pádu byla zjištěna $3,8 \pm 0,5$ metrů u všech pacientů. Pokud se uvažují případy, kdy došlo k úmrtí, pak byla zjištěna výška pádu $6,8 \pm 0,7$ metrů. Hlavními příčinami pádů z výšky jsou sebevraždy, nehody na pracovišti a nešťastné náhody.

Pády z výšky představují jedno z hlavních rizik, které každoročně způsobují velké množství smrtelných pracovních úrazů. Analýzou zahrnutých studií bylo zjištěno, že typická nehoda pádů z výšky byla ve 46 % z výšek mezi 3 až 6,1 metru a 49 % v důsledku pádu z lešení nebo pádem ze střechy. Smrtelné následky vznikaly v případech, pokud dopad směřoval na hlavu. Pokud primární dopad těla nesměřoval na hlavu, ale na jinou část těla, pak se výrazně zvyšovalo procento přežití, bylo zjištěno ve výši 55 %. Procento přežití bylo ovlivněno také hmotností osoby a na mechanických podmínkách dopadové plochy (dopad na beton, asfalt nebo do měkkého podkladu, trávy). Pády z výšky představují velké riziko pro pracovníky, kterému by bylo možné zabránit vhodným uplatňováním řídicích opatření.

Zhodnocení traumatických dat jasně ukazuje, že pády z výšky jsou nejčastější příčinou úmrtí ve vyšším věku²⁶. Nejvyšší podíl úmrtí (19 %) z pádů byl u osob ve věku ≥ 55 let.

Hlavní parametry, které rozhodují o tom, zda člověk při pádu z výšky přežije, jsou věk, výška pádu, místo pádu, zranění hlavy a míchy. Hlavními příčinami úmrtí bylo nitrolební krvácení a subdurální hematom.

Jak je vidět, odpovědět na otázku položenou v názvu příspěvku, tedy „Jaká výška pádu je smrtelná?“ není jednoduché a nelze odpovědět jen uvedením vertikální výšky pádu. Smrtelné následky při pádech z výšky ovlivňuje mnoho faktorů²⁷.

1.2 Biomechanické hodnocení pádu z výšky

Pro objektivní posouzení faktorů ovlivňujících průběh pádu těla a dopadovou polohu je nutné brát v úvahu podmínky, za kterých došlo ke ztrátě kontaktu těla v počátečním bodě. Pád těla je determinován v okamžiku ztráty kontaktu těla s podložkou. Trajektorie padající osoby je závislá na několika parametrech, jako je výška pádu, poloha těla v okamžiku ztráty kontaktu, dále závisí na faktu, zda je na tělo působeno vnější silou. Dopad osoby je závislý na dopadové rychlosti, mechanických podmínkách dopadové plochy a poloze těla při dopadu, tedy na jakou část těla dopadne.

V literatuře bylo publikováno několik studií, které uvádějí experimentálně naměřená data kinematiky pádu živé osoby z výšky při různých typech pádu²⁸.

²⁴ AL, B., YILDIRIM, C., COBAN, S. Falls from heights in and around the city of Batman. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2009, 15(2):141–7.

²⁵ YAGMUR, Y., GULOGLU, C., ALDEMIR, M., ORAK, M. Falls from flatroofed houses: a surgical experience of 1,643 patients. *Injury.* 2004; 35(4):425–8.

²⁶ SOUTHERLAND, L. T., STEPHENS, J. A., ROBINSON, S., FALK, J., PHIEFFER, L., ROSENTHAL, J. A. et al. Head trauma from a fall increases subsequent visits to the emergency department more than other fall injuries in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2016; 64 (4): 870–4.

²⁷ STRAUS, J. Jaká výška pádu je smrtelná? In Markéta Brunová. *Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování.* Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2020. S. 331–337.

²⁸ CROSS, R. Falls from a height. *Am. J. Phys.* 76, 9, September 2008, pp. 833–837. KIRAN KUMAR, J. V., SRIVASTAVA, A. K. Pattern of Injuries in fall from Height. *J Indian Acad. Forensic Med. Jan-March*

Studie biomechanické analýzy skoku z výšky byly prováděny také v podmínkách Česka. První biomechanické studie byly prováděny před patnácti lety²⁹. Zpočátku byly experimenty prováděny s biomechanickou figurínou, realizovaly se pády do záchranné hasičské plachty, ale postupem se ukázalo, že nevhodnější je provádět pády figurantů s dopadem do bazénu s vodou³⁰.

Pro objektivní forenzně biomechanické hodnocení pádů z výšky je relevantní posouzení k věku, hmotnosti a tělesné výšce padajících osob³¹.

Tabulka 1.2: Horizontální složky rychlosti vektoru trajektorie těžiště těla zjištěné experimentálně při různých druzích pádu³²

Charakter skoku	Horizontální složka rychlosti [m.s ⁻¹]
Odras, aktivní skok	2,63
Spontánní pád	0,99
Strčení druhou osobou	1,44
Krok vpřed – normální	0,65
Krok vpřed – maximální	1,04
Krok vzad – normální	0,59
Krok vzad – maximální	1,00
Pád vpřed ze dřepu s rotací na záda	1,30
Skok ze startovního bloku (výška 1 m)	3,03

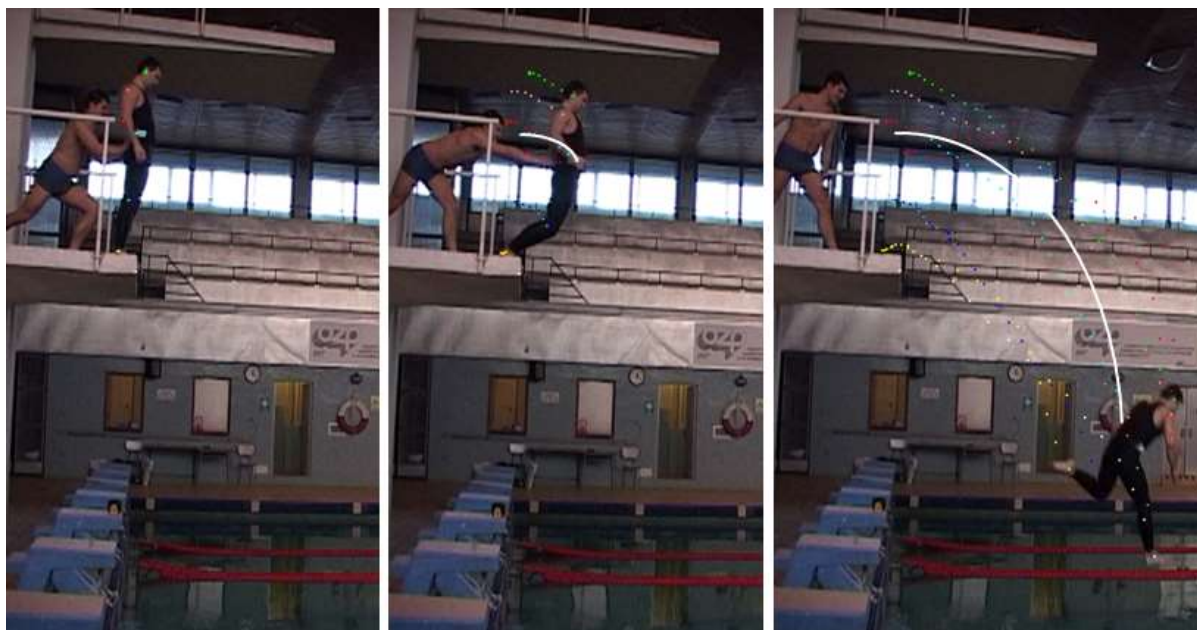
2013, Vol. 35, No. 1, pp. 47–50. LEBEDEV, A. N. Vozmožnosti rekonstrukcii nekotorych obstojatelstv smertelnoj travmy pri padenii s vysoty. *Voj. Med. Acad.jur.*, 1985, s. 18–21. SHAW, K. P., HSU, S. Y. Horizontal distance and height determining falling pattern. *Journal of Forensic Sciences*. 1998; 43/4, s. 765–771.

²⁹ STRAUS, J. Biomechanické aspekty pádů člověka z výšky. Sborník vědeckých prací „Identifikace potřeb právní praxe jako teoretický základ pro rozvoj kriminalistických a právních specializací“. Karlovy Vary: VŠKV, 2012, s. 288–297.

³⁰ STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress. STRAUS, J. *Forenzní biomechanika. Teoretické, experimentální a empirické metody*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2021. 204 s. Edice SCIENCEpress.

³¹ STRAUS, J. Jaká výška pádu je smrtelná? In Markéta Brunová. *Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2020. S. 331–337.

³² STRAUS, J. Biomechanické aspekty pádů člověka z výšky. Sborník vědeckých prací „Identifikace potřeb právní praxe jako teoretický základ pro rozvoj kriminalistických a právních specializací“. Karlovy Vary: VŠKV, 2012, s. 288–297.



Obr. 1.5: Pád s maximálním strčením do těžiště figuranta

Při konstrukci typů jednotlivých pádů bylo cílem maximálně sjednotit kritéria v zájmu srovnatelnosti měření při provádění jednotlivých typů pádů. Figurant byl zejména instruován tak, aby se při všech pádech snažil, pokud to bude možné, dopadnout na hladinu na nohy. Takový dopad je možný u většiny pádů zajistit způsobem skoku. Zároveň bylo stanoveno, že figurant musí při všech pádech držet hlavu ve stejné vzpřímené poloze. Aby se zabránilo případným odchylkám v poloze těla, byl navíc figurant instruován tak, aby při všech pádech hleděl přímo před sebe³³.

V letech 2019–2021 jsme opakovali sérii pádů. Vlastní experimenty byly provedeny v bazénu, skoky byly prováděny ze skokanské věže výšky tří metrů. Experimenty byly provedeny se dvěma figuranty, mužem (28 let, 183 cm, 80 kg) a ženou (20 let, 170 cm, 52 kg), oba figuranti byli dobře trénovaní jedinci, pravidelně trénují bojové sporty³⁴. Testovali jsme různé varianty skoku a pádu. Jednotlivé skoky byly několikrát opakovány. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.3.

³³ STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-140-8. STRAUS, J. *Forenzní biomechanika. Teoretické, experimentální a empirické metody*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2021. 204 s. Edice SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-219-1.

³⁴ STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-140-8. STRAUS, J. *Forenzní biomechanika. Teoretické, experimentální a empirické metody*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2021. 204 s. Edice SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-219-1.

Tabulka 1.3: Horizontální složky rychlostí vektoru trajektorie těžiště těla zjištěné experimentálně při různých druzích pádu³⁵

Typ pádu	Horizontální složky rychlosti (m/s)
Krok vpřed	1,11
Skok s rozběhem	3,30
Skok z místa s odrazem	1,88
Pád ze dřepu na okraji	1,09
Pád ze sedu na okraji	0,66
Pád z náklonu vpřed	1,80
Tlak do zad do těžiště těla	2,20
Úder do obličeje a následný pád vzad	1,93

Tabulka 1.4: Empiricky zjištěná data - Kinematické hodnoty z analýzy kriminálních případů – jednalo se o dobře zadokumentované případy³⁶

Typ pádu	Horizontální složka (m/s)
Sebevražda – krok vpřed	0,71
Sebevražda – krok vzad	0,52
Skok vzad – odraz	0,87
Sebevražda – pád vpřed – spontánní	0,89
Sebevražda – aktivní skok z místa – vpřed	2,05
Sebevražda – aktivní skok s rozběhem	3,41
Přiložení vnější síly	1,38
Nešťastná náhoda	0,56
Pád vpřed ze sedu	0,88

³⁵ STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-140-8.

³⁶ STRAUS, J. Biomechanické hodnocení pádu z výšky. In Kristýna Kubášová, Adam Kratochvíl, Katarína Mendová, Jana Garanová Křišťáková. *Sborník z Mezinárodní konference „Human Biomechanics 2023“*, České vysoké učení technické v Praze Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2023. S. 56–58.

Vztah věku a horizontální složky rychlosti pádu³⁷

Pro měření byly stanoveny následující typy skoků a pádu :

- a) **Pád krokem vpřed** – po figurantech bylo požadováno, aby se postavili čelem ve směru skoku na okraj odrazové plochy a udělali jednou nohou krok dopředu. Krok měl být provedený bez jakéhokoliv odrazu, ovšem takovým způsobem, jak by ho v takovém případě sami učinili.
- b) **Pád krokem do strany** – zde bylo po figurantech požadováno, aby se postavili bokem ve směru skoku na okraj odrazové plochy a udělali jednou nohou krok do strany. Krok měl být opět proveden bez odrazu a způsobem, jak by ho učinili sami figuranti.
- c) **Pád krokem vzad** – po figurantech bylo požadováno, aby se postavili zády ve směru skoku na okraj odrazové plochy a udělali jednou nohou krok vzad. Krok byl stejně jako v předchozích případech proveden bez jakéhokoliv odrazu a způsobem, jakým by ho figuranti sami učinili.
- d) **Pád přepadnutím ze sedu** – v tomto případě bylo po figurantech požadováno, aby si sedli na okraj odrazové plochy s nohama svěšenými dolů ve směru skoku. Následně se měli lehce sesunout dolů s možností lehkého odrazu.
- e) **Skok s odrazem snožmo** – po figurantech bylo vyžadováno, aby se postavili čelem ve směru skoku na okraj odrazové plochy a snožmo se odrazili vpřed oběma nohama najednou. Síla odrazu zde nebyla pevně stanovena, jednalo se tedy o individuální maximální sílu jednotlivých figurantů.
- f) **Skok po hlavě (šipka)** – po figurantech zde bylo požadováno, aby se postavili čelem ve směru skoku na okraj odrazové plochy. Následně došlo k překlopení podél vertikální osy, která prochází chodidly a následnému pádu dolů po hlavě. Těžiště těla tak vykreslilo část kružnice do chvíle, než chodidla ztratila kontakt s odrazovou plochou a následně došlo k pádu.
- g) **Pád po strčení druhou osobou** – naposledy bylo po figurantech požadováno, aby se postavili čelem ve směru skoku na okraj odrazové plochy. Následně k nim přistoupil druhý figurant a strčil je ve směru skoku do oblasti těžiště. Figurant, který byl v této chvíli strčený, nekladl žádný odpor. Všechny figuranty strkala stejná osoba o hmotnosti 52 kg a na strčení použila svou maximální sílu.

³⁷ STRAUS, J. Biomechanické hodnocení pádu z výšky. In Kristýna Kubášová, Adam Kratochvíl, Katarína Mendová, Jana Garanová Křišťáková. *Sborník z Mezinárodní konference „Human Biomechanics 2023“*, České vysoké učení technické v Praze Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2023. S. 56–58.

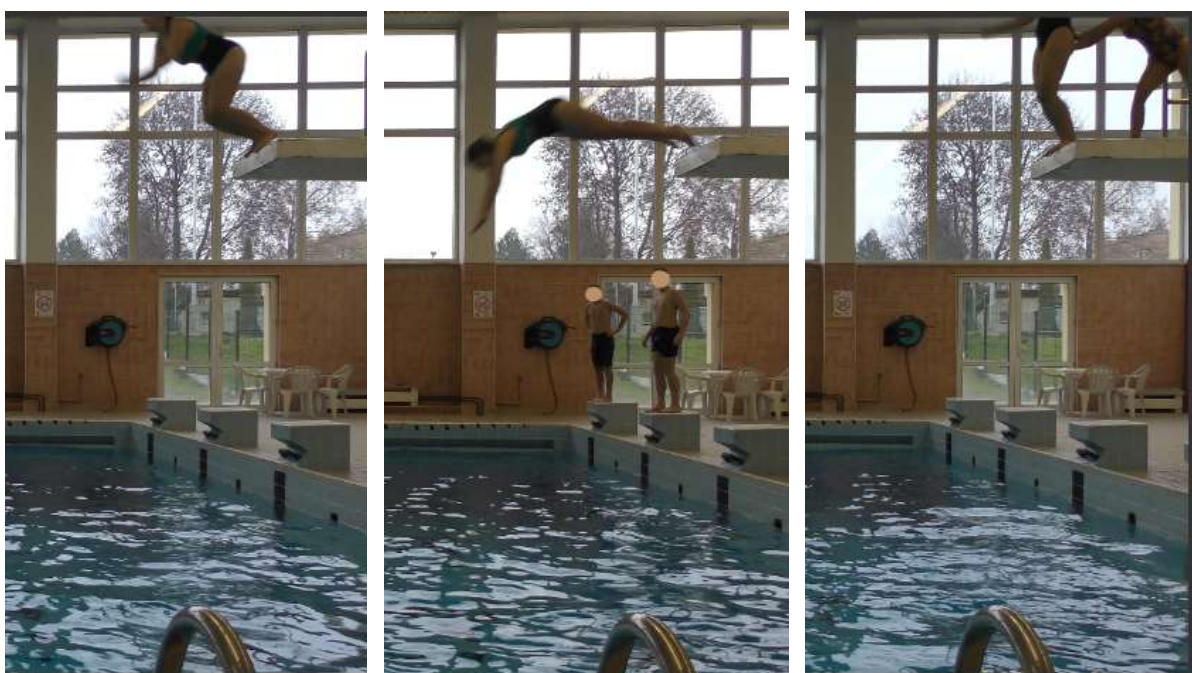


Krok vpřed

Krok stranou

Krok vzad

Pád ze sedu



Skok snožmo
s odrazem

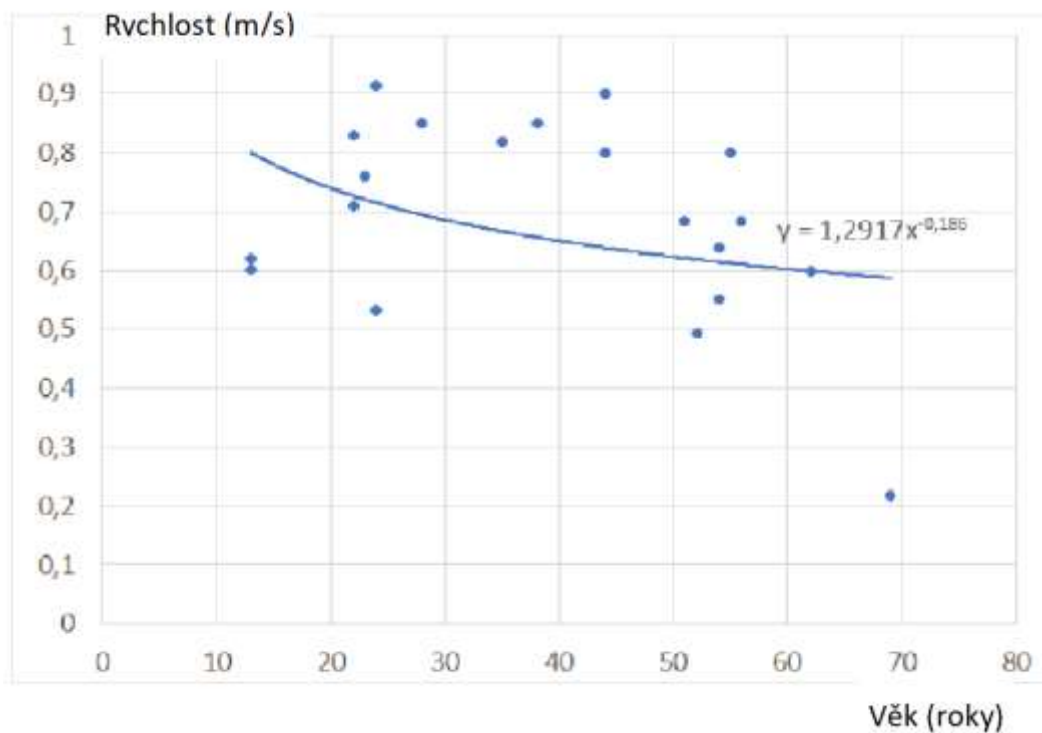
Skok po hlavě

Strčení druhou osobou

Obr. 1.6: Fáze ztráty kontaktu při jednotlivých variantách skoku nebo pádu

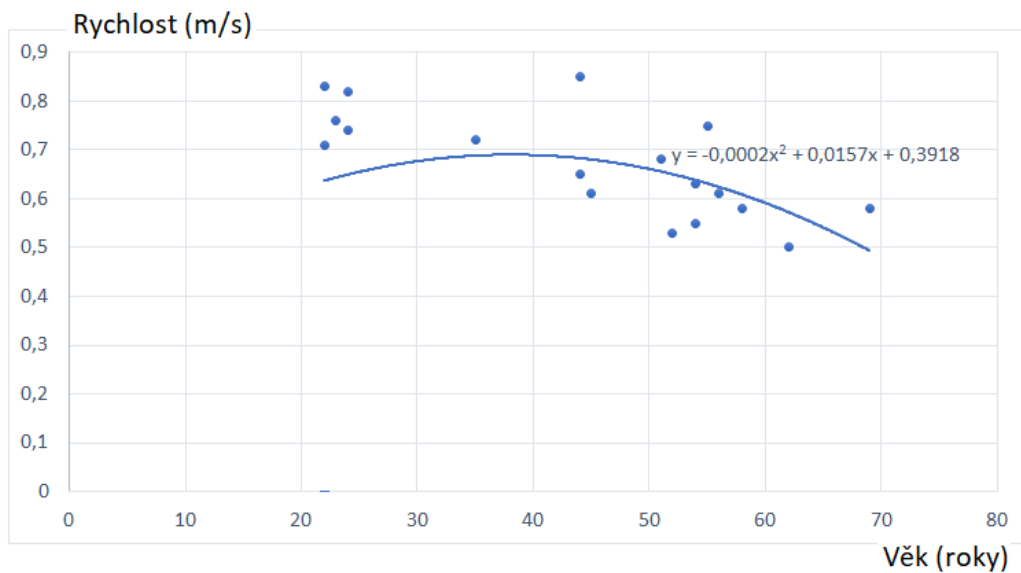
Následující grafy zobrazují predikci horizontální složky rychlostí podle věku a typu pádu nebo skoku.

Krok vpřed



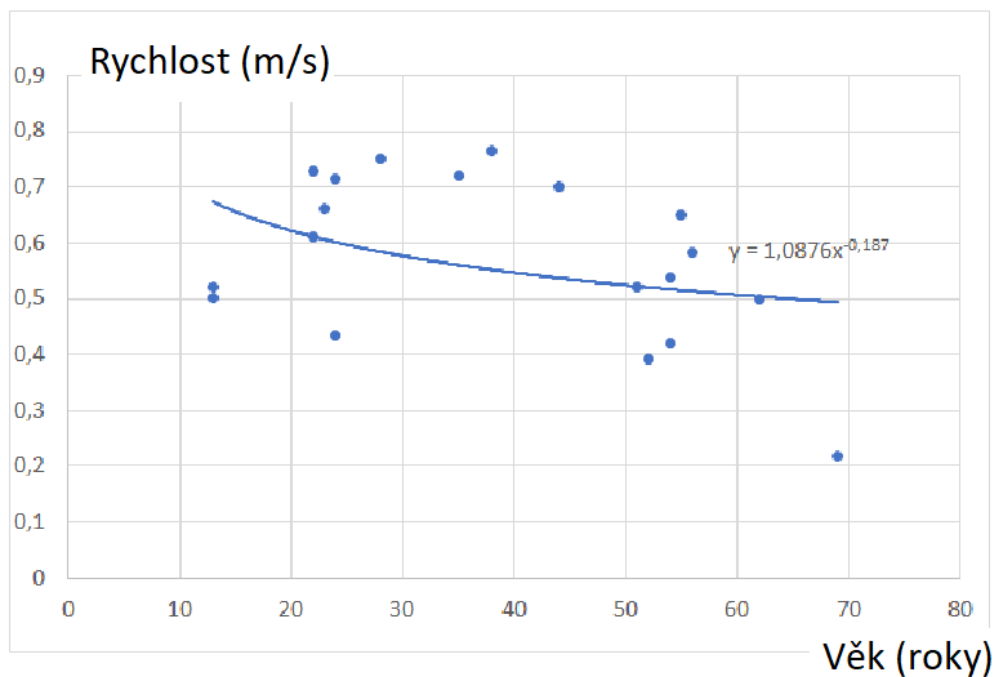
Obr. 1.7: Horizontální složka rychlosti pro krok vpřed

Krok stranou



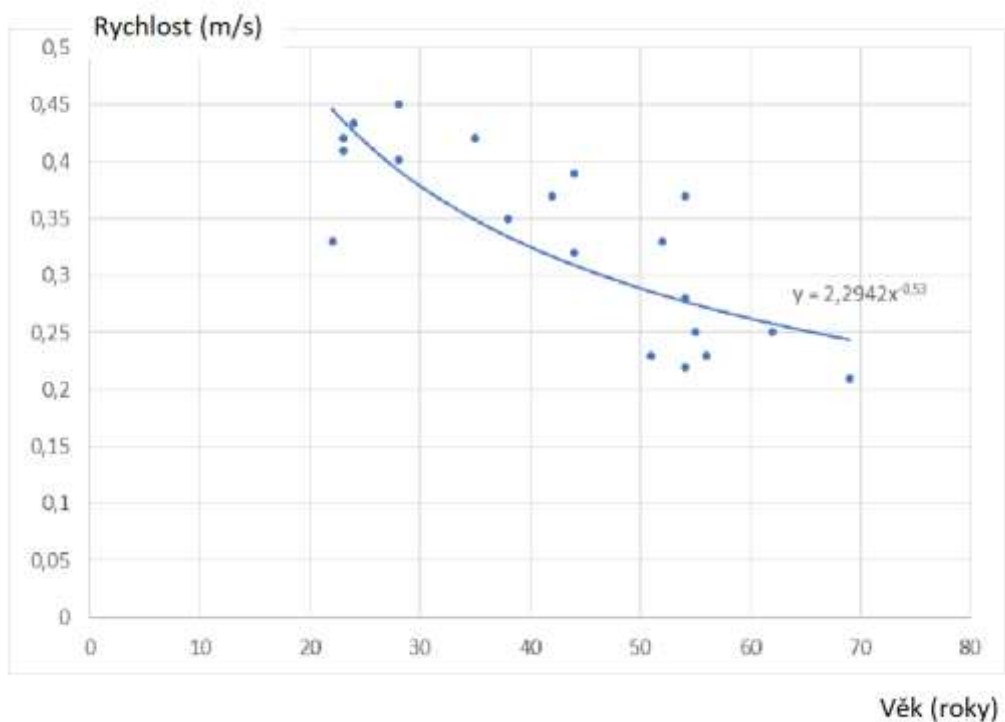
Obr. 1.8: Horizontální složka rychlosti pro krok stranou

Krok vzad



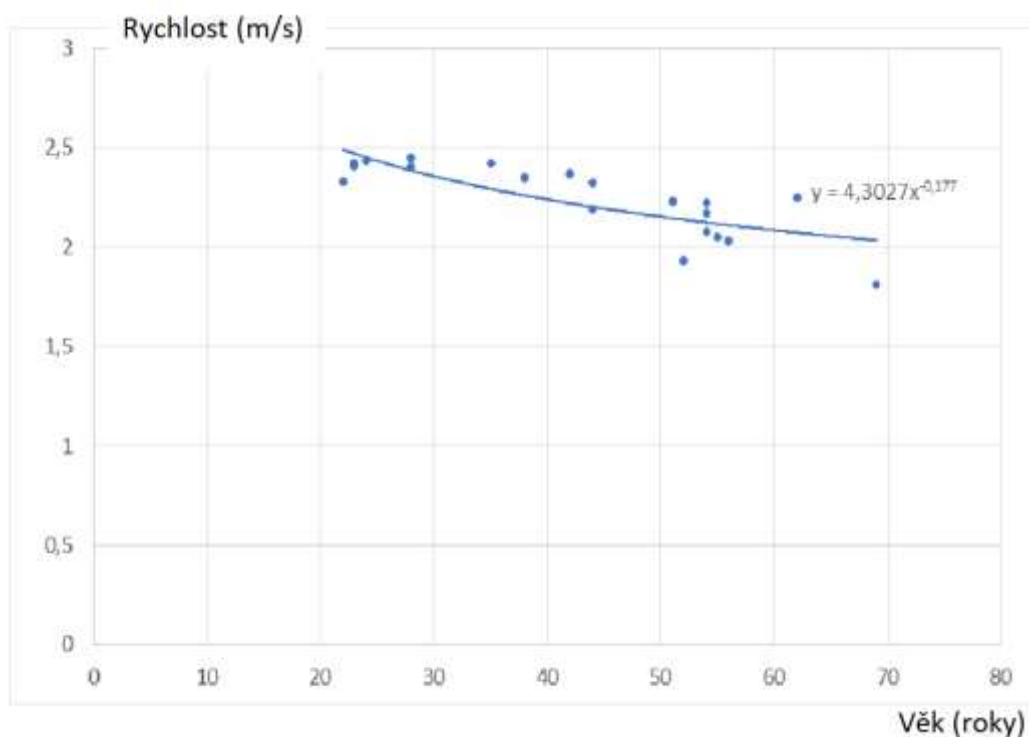
Obr. 1.9: Horizontální složka rychlosti pro krok vzad

Pád ze sedu



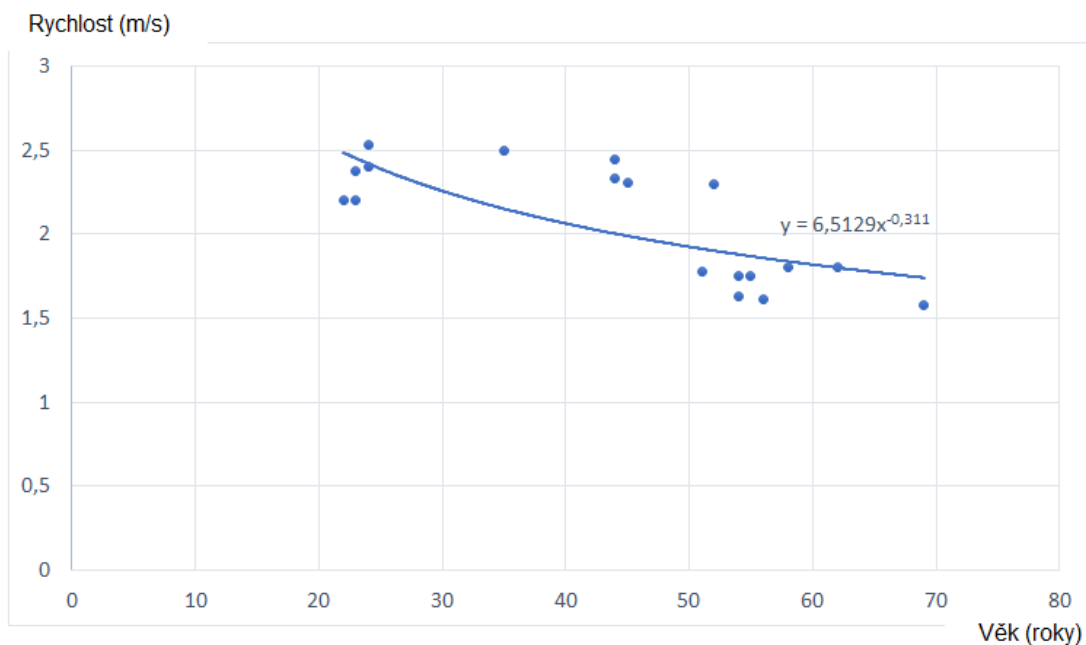
Obr. 1.10: Horizontální složka rychlosti pro pád ze sedu

Skok po hlavě vpřed



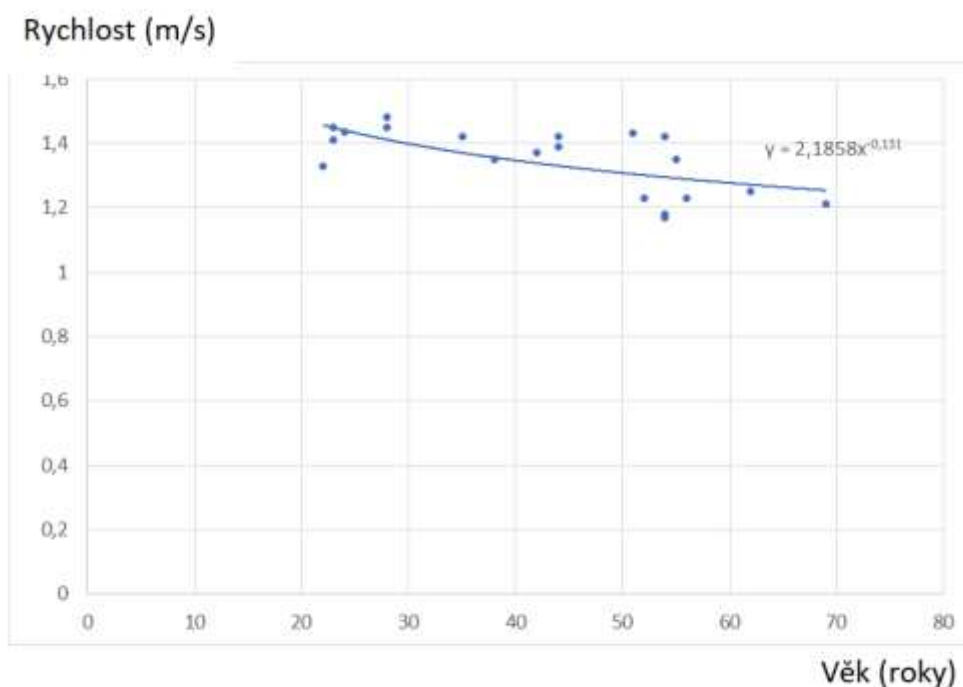
Obr. 1.11: Horizontální složka rychlosti pro skok po hlavě vpřed

Skok snožmo



Obr. 1.12: Horizontální složka rychlosti pro skok snožmo

Strčení druhou osobou



Obr. 1.13: Horizontální složka rychlosti pro pád iniciovaný strčením druhou osobou

1.3 Počítačové simulace pádu z výšky

Pád lidského těla z výšky je z fyzikálního hlediska modelově srovnatelný s vodorovným vrhem tělesa. Pokud použijeme zjednodušení, kdy budeme uvažovat namísto těla pouze bod v místě jeho těžiště, můžeme pak pro výpočet trajektorie pohybu těla aplikovat stejné vzorce jako pro vodorovný vrh tělesa. Těžiště těla se tedy při pádu bude pohybovat po parabole, ale tělo samotné je otevřený kinematický řetězec a jeho poloha se během pádu může měnit, tudíž pozice těla po dopadu může také naznačovat okolnosti, za jakých k pádu došlo.

Při posuzování pádu z výšky postupujeme retrospektivně. Tedy známe konečný stav děje a pokoušíme se z dostupných důkazů určit výchozí stav a jeho změny v čase. Avšak u pádů z výšky neexistuje jednoznačný vztah mezi konečnou polohou těla a počátečními podmínkami skoku. Jinými slovy stejného místa dopadu i polohy těla lze dosáhnout mnoha různými způsoby skoku. Kriminalistické metody nám tedy mohou pouze poskytnout informaci, zda předpokládaný průběh pádu je biomechanicky přijatelný nebo ne³⁸. K objasnění některých hypotéz, jak ke skoku došlo a zda je takový skok vůbec možné uskutečnit, je nutné provést mnoho výpočtů, které mohou být složité a časově náročné.

V těchto případech lze velmi dobře využít počítačovou simulaci, jež dokáže rychle a přesně spočítat různé druhy skoků a tak určit, zda výsledek pádu odpovídá skutečnosti, případně který z průběhů pádů je pravděpodobnější. Navíc počítačová simulace může zahrnovat i interakci těla s dalšími objekty během pádu, jako například

³⁸ STRAUS, J. *Pád z výšky a počítačová simulace*. Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování, 2020.

dopad na nějaký předmět, nebo pád ze schodů. Tím může kriminalistům pomoci lépe zhodnotit počáteční podmínky a průběh pádu, jehož manuální výpočet by byl extrémně náročný a zdlouhavý.

Biomechanická analýza hraje významnou roli v případech objasňování pádů z výšky. Hlavní úlohou experta je pomoci objasnit, zda pád způsobila náhoda, sebevražedné jednání anebo zavinění ze strany druhé osoby. Účelem experimentů a modelování je např. u vraždy, spáchané vyhozením oběti z okna, znázornit polohu oběti a pachatele v rozhodujícím okamžiku, chování těla při pádu dolů, pravděpodobné místo dopadu, a to i při verzi vražedné, sebevražedné či verzi nešťastné nehody. V kriminalistické praxi se kriminalistický experiment realizuje „odehráním“ jednotlivých variant provedení, variováním možností a posouzení výsledků. Figurant při experimentu opakuje jednotlivé pohybové činnosti, případně se využívá vhodné figuríny.

Velmi pozitivní posun v kvalitě kriminalistických experimentů a modelování situací přinesl rozvoj výpočetní techniky. Kriminalisté začali využívat grafickou počítačovou metodu z trojrozměrných dimenzí, a to zejména u vražd spáchaných střelnou zbraní, vyhození oběti z oken, sebevražedných skoků z oken či nešťastných pádů z výšky³⁹.

Vedle klasických kriminalisticko-taktických metod, jako je kriminalistický experiment, získává na významu počítačová simulace. Z pohledu forenzní biomechaniky se rozumí zjištění kinematických a dynamických parametrů popisujících pohyb a interakci lidského těla s dalšími objekty na místě činu. To vše v souladu s dostupnými důkazy a výpověďmi svědků, poškozených, případně podezřelých osob.

Typický postup rekonstrukce je retrospektivní, tj. známe konečný stav děje a z dostupných důkazů se snažíme zjistit výchozí stav a jeho změny v čase až po námi známý stav. U pádu z výšky neexistuje obecný jednoznačný vztah mezi počátečními podmínkami pádu a konečnou polohou poškozeného a finální polohy lze dosáhnout z různých vstupních podmínek⁴⁰.

Počítačové modelování je potřeba zejména v těch případech, kdy je nutné objasnit možné či nemožné varianty pohybové činnosti. Kriminalistické metody umožňují vyjádřit se k otázce, zda daná pohybová činnost je biomechanicky přijatelná nebo nepřijatelná. Je možné se také vyjádřit cestou počítačového modelování pohybu, která z variant je více pravděpodobná.

V literatuře se v posledních letech prezentují možnosti počítačové simulace, někteří autoři využívají modely PC Crash, MADYMO, PAM-Crash nebo Virtual Crash^{41, 42, 43}.

³⁹ VALERIAN, L. *Vybrané kriminalistické metody při objasňování vražd a podezřelých úmrtí*. Dizertační práce, Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislavě 2006, 169 s.

⁴⁰ ADAMEC, J. et al. Forensic biomechanical analysis of falls from height using numerical human body models. *Journal of Forensic Science* 2010; 55(6), s. 1615–23.

⁴¹ ADAMEC, J., GRAW, M., PRAXL, N. Numerical Simulation in Biomechanics – A Forensic. *Acta Univ. Palacki. Olomuc.*, Gymn. 2006, vol. 36, no. 4, 33.

⁴² <https://www.youtube.com/watch?v=894peo9Wpuo>

⁴³ VÉMOLA, A. *Komplexní hodnocení podpory analýzy silničních nehod simulačním programem*. Habilitační práce, ÚSI VUT Brno, 2008, s. 12–18.

V poslední době se využívá Virthuman⁴⁴, což není simulační program, ale spíše škálovatelný model člověka pro použití do SW PAM-CRASH.

Vzhledem k rozvoji vědy a techniky se pro potřeby forenzní biomechaniky jeví jako zpřesnění používaných modelů metoda konečných prvků a vícetělesových systémů. Metoda konečných prvků umožňuje řešit biomechanické problémy, včetně problematiky deformace jednotlivých těles. Metodu konečných prvků využívá např. program PAM-Crash, MADYMO nebo Virthuman. Finanční náročnost pořízení těchto vysoce profesionálních programů a časová náročnost výpočtu je staví do pozice programů využitelných pouze výjimečně na specializovaných pracovištích⁴⁵. Pro běžné výpočty pro potřeby forenzní biomechaniky není jejich praktické využití myslitelné.

Vícetělesový systém je definován pouze několika tuhými tělesy navzájem spojených kloubními vazbami, tento přístup neposkytuje možnost deformace, jeho předností je však krátký čas výpočtu a vysoká přesnost a názornost simulace.

Pro řešení problému forenzní biomechaniky se jako vhodné jeví aplikovat Virtual Crash a PC Crash. V základních informacích o využití počítačové simulace Virtual Crash je možné nalézt příklad řešení pohybové situace pádu člověka na schodech. V podkladech se jasně uvádí, že Virtual Crash je velmi vhodný softwarový nástroj pro rekonstrukci nehod, dopady chodců, dopady jízdních kol a další biomechanické rekonstrukce⁴⁶.

V literatuře byl popsán případ přepadnutí muže přes hranu zábradlí a následný kaskádovitý pád ze třetího podlaží na podlahu, případ byl analyzován jako podrobná studie s využitím počítačové simulace PC Crash⁴⁷. Pomocí PC Crash byla provedena řada simulací, což umožnilo stanovit hraniční podmínky. Bylo prokázáno, že tato simulace může přinést cenné informace pro odhalení mechanismu pádu a ověření různých hypotéz.

V nedávné době se využívá Virthuman⁴⁸ jako škálovatelný model člověka pro použití do SW PAM-CRASH. Virthuman je model lidského těla založený na přístupu MBS (Multi Body Structure). Model se skládá z pohyblivých tuhých segmentů, které představují správnou hmotnost každé lidské části a umožňují vyhodnotit kritéria poškození popisující bezpečnostní rizika během scénářů havárie. Model Virthuman byl vyvinutý pro posouzení bezpečnostního rizika při různých složitých srážkových scénářích včetně nárazů v různých směrech⁴⁹. Jednotlivé segmenty jsou připojeny k základní kostře pomocí nelineárních pružin, které simulují chování okolních měkkých

⁴⁴ PAVLATA, P., VYCHYTIL, J. Simulace dopravní nehody kloubového autobusu se zaměřením na ohodnocení biomechanické zátěže cestujících. *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2018*. VUT USI Brno, 2018, ISBN 978-80-214-5600-6, s. 194–206.

⁴⁵ VÉMOLA, A. *Komplexní hodnocení podpory analýzy silničních nehod simulačním programem*. Habilitační práce, ÚSI VUT Brno, 2008, s. 18.

⁴⁶ <http://www.vcrashusa.com/demobiomechanics2>

⁴⁷ WACH, W., UNARSKI, J. Fall from Height in a steirwell – mechanics and simulation analysis. *Forensic Science International*. 244, 2014, s. 136–151.

⁴⁸ MAÑAS, J., KOVÁŘ, L., PETŘÍK, J., ČECHOVÁ, H., ŠPIRK, S. *Validation of Human Body Model VIRTHUMAN and its Implementation in Crash Scenarios*. In: Beran, J., Bílek, M., Hejnová, M., Žabka, P. (eds) *Advances in Mechanisms Design. Mechanisms and Machine Science*, 2012, vol 8. Springer, Dordrecht.

⁴⁹ PAVLATA, P., VYCHYTIL, J. Simulace dopravní nehody kloubového autobusu se zaměřením na ohodnocení biomechanické zátěže cestujících. *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2018*. VUT USI Brno, 2018, ISBN 978-80-214-5600-6, s. 194–206.

tkání lidského těla. Chování jednotlivých segmentů těla (hlava, hrudník, pánev, dolní končetiny) je validováno pomocí obecně uznávaných postupů a metodik. Model Virthuman je navržen modulárně tak, aby byl jednoduše modifikován pro definované parametry lidského těla, kterými jsou pohlaví, věk (6–75 let), výška (105–195 cm) a hmotnost.

Pro forenzně biomechanické aplikace je velmi vhodné využití počítačového modelování a simulace v programu Virtual Crash. Jedná se o rychlý, cenově dostupný softwarový nástroj pro rekonstrukci nehod a řešení biomechanických otázek. V tomto programu lze také provádět biomechanickou analýzu vybraných pohybových situací⁵⁰.

Příklad výpočtu pádu lidského těla s podporou simulačního programu dokumentuje, že při korektních vstupních parametrech lze s pomocí vícetělesového systému velmi dobře modelovat i jiné pohyby, než jsou pohyby při analýze silničních nehod⁵¹.

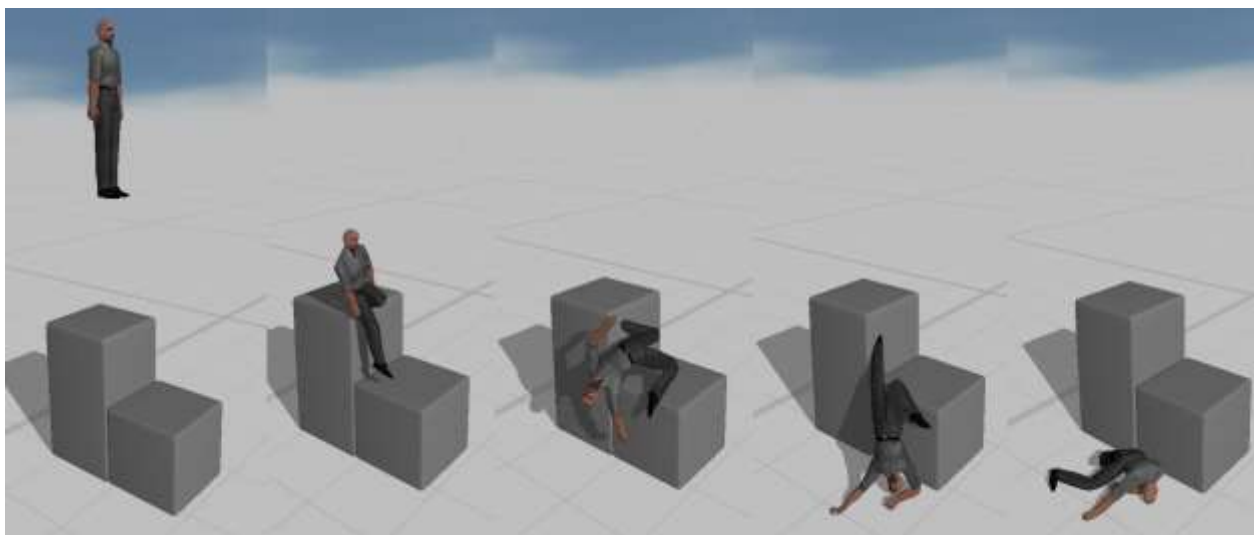
Simulační program Virtual Crash je program nové generace primárně určen pro technické analýzy silničních nehod, stále se zdokonaluje, a novější verze simulačního programu je možné úspěšně využít i pro řešení biomechanických situací. Rychlý vývoj počítačů a programového vybavení umožňuje čím dál více realizovat komplexní výpočty v reálném čase. Simulační program umožňuje zobrazit výsledky ve 3D pohledech a výstupy mohou být prezentovány mnoha diagramy a tabulkami.

Komparaci kriminalistického experimentu s počítačovou simulací uvedu na konkrétním příkladu. Na přelomu roku 2013–2014 byl řešen případ, kdy došlo o silvestrovské noci k fyzické potyčce mezi třemi muži. Jeden z nich byl bodnut do břicha a kolem 4:00 byl nalezen mrtvý na dlažbě dvora. Prověřovaly se dvě zcela odlišné verze, podle výpovědi svědka a obviněného. Svědek uvedl, že útočník bodl poškozeného do břicha, přemístili se na balkon a poté jej vyhodil z balkonu dolů. Obviněný uvedl, že poškozený nenadále proskočil zavřené okno na balkon a poté se převálil přes hranu zábradlí a měl provést sebevražedný pád. V průběhu vyšetřování byl proveden vyšetřovací pokus. Výsledky vyšetřovacího pokusu prokázaly, že jedna verze (sebevražedný skok poškozeného) je nepřijatelná varianta a naopak verze o cizím zavinění je verze reálná. V procesu vyšetřování byl zpracován znalecký posudek z oboru kriminalistika, specializace forenzní biomechanika, v němž se využila počítačová simulace s podporou programu Virtual Crash 5.

Pro běžné řešení forenzní biomechaniky je vhodné aplikovat programy Virtual Crash a PC Crash. Ty jsou finančně dostupné a mohou vyšetřovatelům poskytnout dostatečně přesné simulace v krátkém čase. Simulace událostí v těchto programech nabízí výslednou vizualizaci ve 3D, díky čemuž mohou vyšetřovatelé prozkoumávat přesný průběh pádu a v případě potřeby zpomalit čas simulace, nebo se v něm libovolně pohybovat. Výstupy z programů mohou také obsahovat různé diagramy a tabulky s daty z průběhu simulace. Vytvoření simulace probíhá v 3D editoru, takže není příliš obtížné se s těmito programy naučit pracovat a jejich používání je intuitivní, což snižuje náročnost na jejich zavedení do praxe.

⁵⁰ <http://www.vcrashusa.com/demobiomechanics2>

⁵¹ VÉMOLA, A. *Komplexní hodnocení podpory analýzy silničních nehod simulačním programem*. Habilitační práce, ÚSI VUT Brno, 2008, s. 64.



Obr. 1.14: Ukázka simulace pádu v programu Virtual Crash

Na druhou stranu je nutné poznamenat, že tyto programy jsou primárně určeny pro simulaci dopravních nehod a střetů motorových vozidel s chodci. Proto je jejich použití pro řešení pádů z výšky částečně omezené. I tak je ale jejich využití možné jako například ve studii, kde autoři využili program PC Crash k simulaci případu, kdy člověk přepadl přes zábradlí, po kterém následoval kaskádovitý pád ze třetího podlaží na podlahu⁵². Pomocí programu byla provedena řada simulací, díky kterým mohli stanovit podmínky, za kterých k pádu došlo⁵³. Tím bylo prokázáno, že simulace mohou poskytnout cenné informace pro pochopení mechanismu pádu a ověření domněnek o zavinění pádu.

V nedávné době se objevil zajímavý model Virthuman, který by měl poskytovat věrnou simulaci chování lidského těla při kolizích včetně zjištění poranění na těle člověka. Současně by měl výpočet probíhat v poměrně rychlém čase. Modelování lidského těla včetně orgánů je velmi složité a výpočet takové simulace trvá hodiny, což není ideální pro rychlé testování různých parametrů. Virthuman nabízí kompromis, kdy simulace je rychlá a zároveň dostatečně přesná⁵⁴. Model těla se skládá z mnoha tuhých pohyblivých segmentů, které reprezentují jednotlivé části lidského těla a mají různé parametry, jako například hmotnost⁵⁵. Navíc se v těchto segmentech počítají další fyzikální veličiny, díky čemuž lze určit, jaké síly zde působí a jaké by asi bylo případné poškození těchto částí těla. Další výhodou je, že v simulaci se dají nasadit různé parametry lidského těla, například věk, pohlaví, výška a hmotnost. To umožňuje provádět přesnější simulace, pokud je obětí bohužel například dítě. Program byl vyvinut zejména pro určení poranění při dopravních nehodách a k vývoji

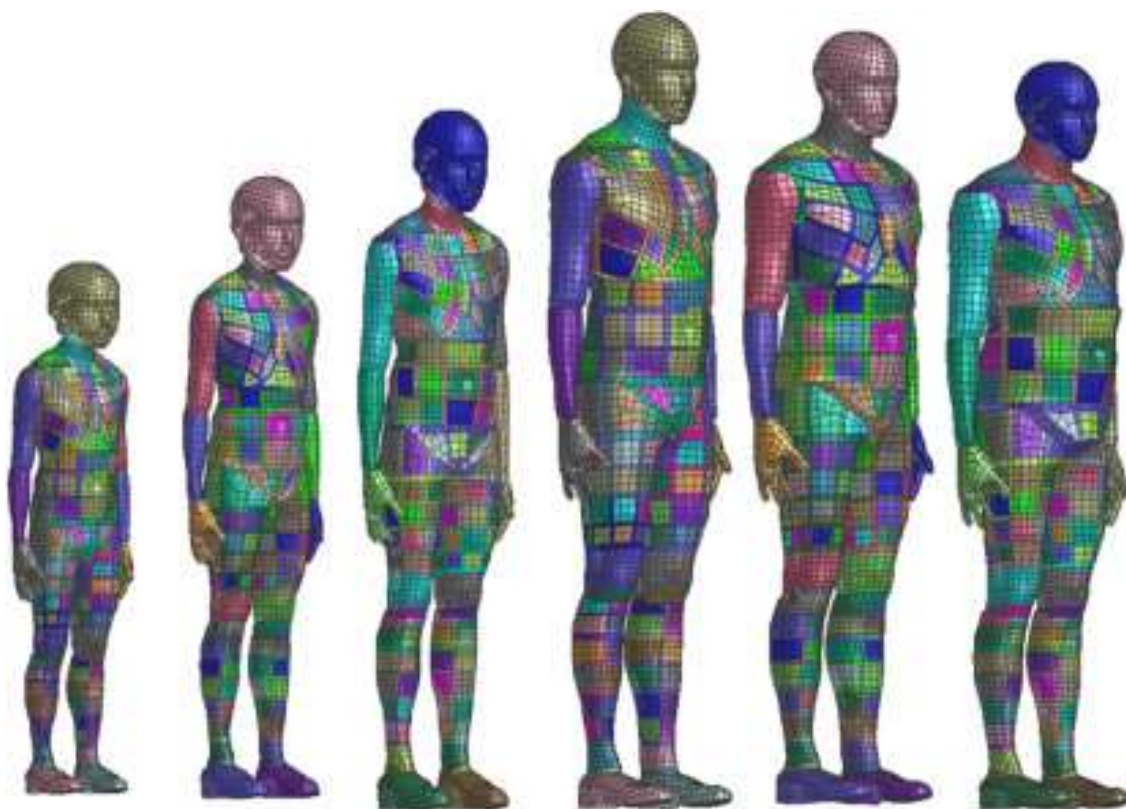
⁵² WACH, W., UNARSKI, J. *Fall from Height in a stairwell – mechanics and simulation analysis*. Forensic Science International, 2014.

⁵³ STRAUS, J. *Pád z výšky a počítačová simulace*. Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování, 2020.

⁵⁴ *Která kost se zlomí? Virtuální model určí zranění člověka při autonehodě*. [Online]. *idnes*. [cit. 27. 2. 2016] Dostupné z: https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/hyncik-virthuman-virtualni-model-lidskeho-tela-dopravni-nehody-nasledky.A160224_111639_plzen-zpravy_pp

⁵⁵ STRAUS, J. *Pád z výšky a počítačová simulace*. Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování, 2020.

bezpečnostních prvků ve vozidlech, ale díky věrné simulaci chování a detekci poranění lidského těla by určitě našel své uplatnění i při vyšetřování pádů z výšky⁵⁶. Na obrázku 1.15 jsou vidět modely z programu s různými parametry používané k simulaci a jejich rozdělení na segmenty.



Obr. 1.15: Modely Virhuman s různými parametry pro lidské tělo a jejich rozdělení na segmenty⁵⁷

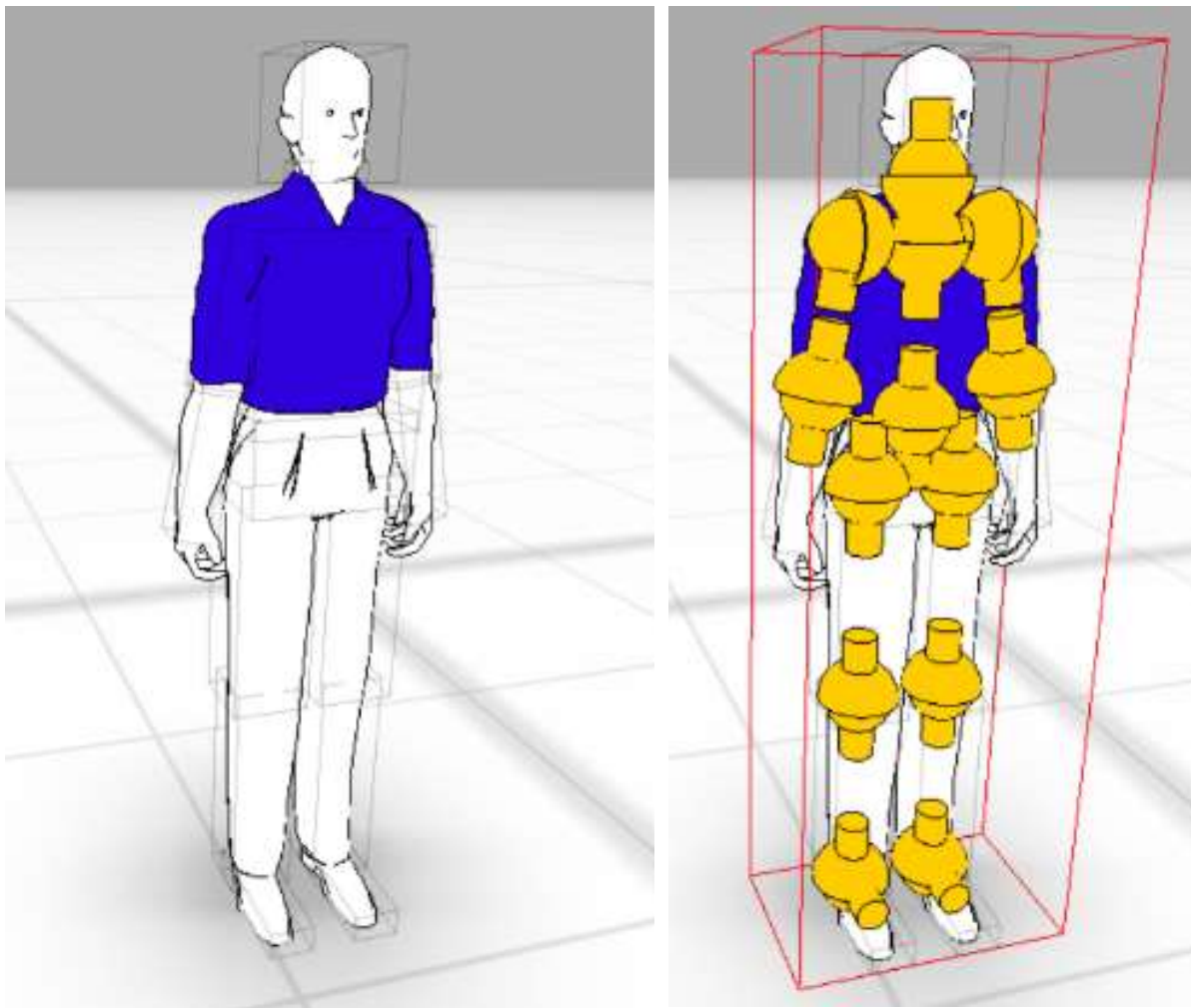
Počítačová simulace je velmi užitečným nástrojem při řešení kriminalistických případů zahrnujících biomechanické rekonstrukce. Tato metoda přináší lepší výsledky než testy s figurínou⁵⁸. Hlavní výhodou je, že vyšetřovatel může v krátkém čase a s vysokou přesností vyzkoušet velké množství variant počátečních podmínek pádu a tak určit nejpravděpodobnější průběh události. Počítačové simulace vynikají svou přesností, která se však může lišit podle přesnosti vstupních dat a kvality samotného programu. Další výhodou je objektivita takové simulace a snížení rizika lidské chyby při rekonstrukci události. Navíc simulace umožňují dobrou vizualizaci, čímž umožňují lépe pochopit průběh pádu a může být použita i jako demonstrace pro osoby méně zasvěcené do této problematiky. Celkově se ale jedná o velmi dobrou technologii, která může v praxi nalézt mnoho uplatnění.

⁵⁶ Která kost se zlomí? Virtuální model určí zranění člověka při autonehodě. [Online]. *idnes*. [cit. 27. 2. 2016] Dostupné z: https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/hyncik-virhuman-virtualni-model-lidskeho-tela-dopravni-nehody-nasledky.A160224_111639_plzen-zpravy_pp

⁵⁷ KOVÁŘ, L., HLUCHÁ, J. *ESI VIRTHUMAN models for impact*. DHM and Posturography, 2019.

⁵⁸ STRAUS, J. *Pád z výšky a počítačová simulace*. Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování, 2020.

V posledních letech je možné využít možností počítačového modelování, např. simulace v programu Virtual Crash (obr. 1.16)⁵⁹.

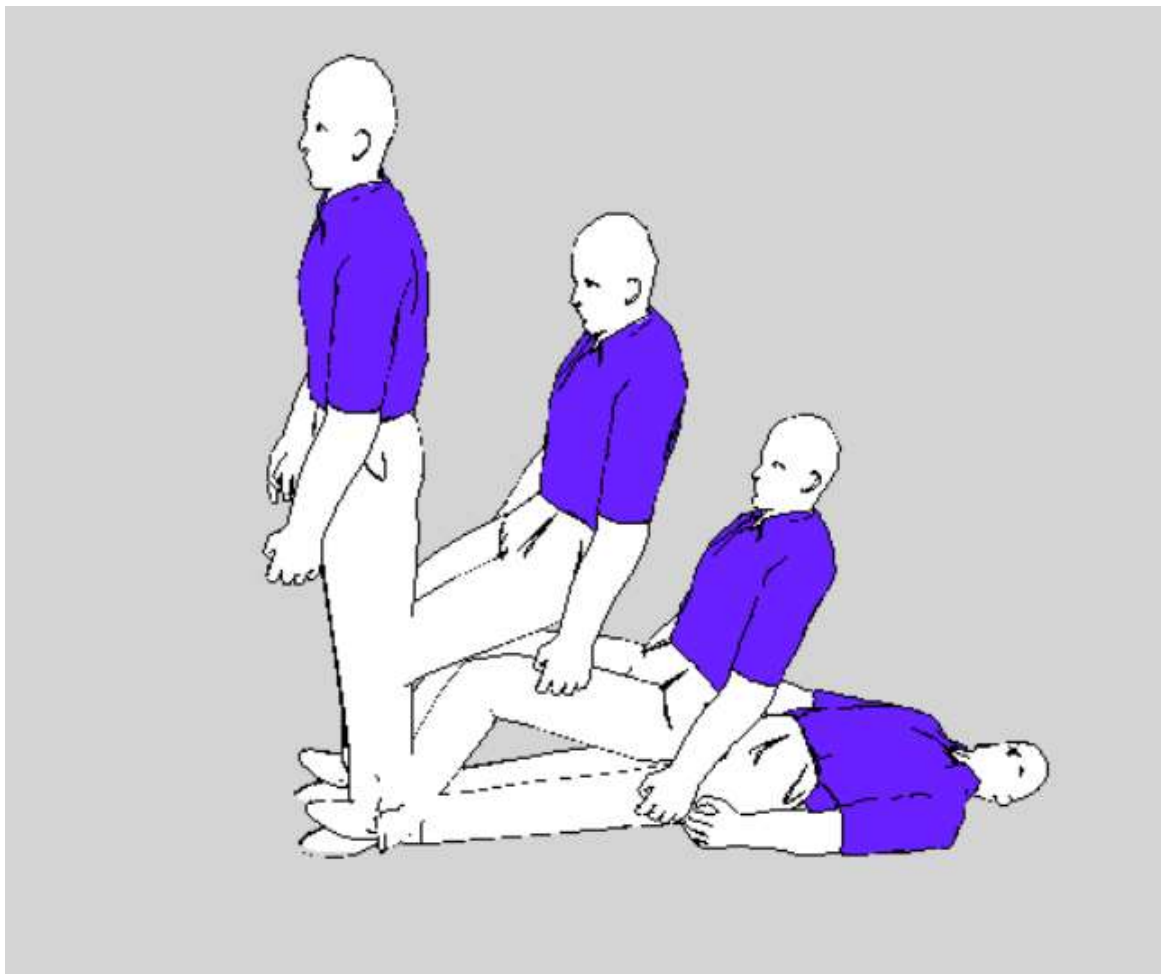


Obr. 1.16: Ukázka vložení figuríny „pedestrian“ do programu Virtual Crash 5 a znázornění kloubních spojení (autorská licence Virtual Crash 5)

⁵⁹ Virtual Crash 5, autorská licence.

2. Pády ze stoje na podložku

Při analýze pádů a poranění hlavy při extrémním dynamickém zatížení člověka tvoří samostatný směr zkoumání skupina pádů, které vznikají při překlopení těla kolem překlopné hrany, kterou tvoří přímka procházející plochou opory chodidel.⁶⁰ Pokud nedochází k flexi v kolenním kloubu (osoba nepokrčuje kolena) a současně nedochází k flexi v kyčelním kloubu, pak se těžiště těla pohybuje po části kružnice. Při pádu z vertikální polohy stoje do horizontální polohy se délková osa těla sklápí o 90° a těžiště těla se pohybuje po čtvrtkružnici. V těchto případech padá tělo na plochu břicha nebo zad a pro biomechanickou analýzu je dominantní úder do hlavy a s tím související důsledky.



Obr. 2.1: Schéma pádu těla vzad ze stoje na podložku

Z hlediska potřeb praxe je nejčastějším způsobem pádu ze stoje, při němž dochází k poranění hlavy, pád vzad. Člověk při něm padá ze stoje vzad, dopadá na záda, a největší síla úderu směřuje na hlavu. Při tomto druhu pádu osoba neudrží krčními svaly hlavu v bezpečné poloze a při dopadu se v důsledku vzniku velmi silných

⁶⁰ SAŽAJEVA, O. V. *Оптимизация судебно-медицинской диагностики механизмов травмы головы при падении на плоскость*. Dizertační práce, Sudebno-meditsinskij žurnal, Moskva 2008.

dynamických sil udeří do hlavy. V průběhu pohybu padající osoba ve velké většině pád nekoordinuje, padá zcela spontánně, chaoticky a prohýbá se lukovitě v zádech, zaklání hlavu, v tomto případě padá vzad přímo na hlavu. Nejvyšší dynamickou zátěž pak přijímá pouze týlní část hlavy padající osoby. Výjimky mohou nastat v případě velmi malé skupiny speciálně trénovaných sportovců, především úpolových sportů (džudo, zápas, karate), kteří jsou na tento druh pádů speciálně trénovaní a reagují reflexivně, pád tlumí koordinovanými pohyby. Dokonale zvládají pádovou techniku, tlumí náraz, při pádu sbalí tělo a při správně provedené technice pádu vzad nedochází ke kontaktu hlavy s podložkou. V dalších úvahách tento druh pádů nebudeme uvažovat. Z hlediska biomechanické analýzy nás bude zajímat krizová varianta pádu, při níž se osoba udeří do hlavy.

Podstatou biomechanického hodnocení je posouzení možného pádu, úderu hlavy o zem a vznik zjištěného zranění. Úhlová rychlost padajícího těla vzad je⁶¹:

$$\omega = \frac{4,92}{\sqrt{L}}$$

Pro výpočet obvodové rychlosti pohybu těžiště segmentu hlavy (v_r) je nutné vycházet z obecného vztahu:

$$v_r = \omega \cdot r_o$$

Známe-li vzdálenost těžiště hlavy od osy otáčení r_o , pak je možné vyjádřit obvodovou rychlost pohybu těžiště hlavy při spontánním pádu. Podle biomechanických podkladů^{62, 63} je možné uvažovanou vzdálenost vyjádřit jako⁶⁴:

$$r_o = 0,94 L$$

Pak lze zapsat:

$$v_r = \omega \cdot 0,94 L = \frac{4,92}{\sqrt{L}} \cdot 0,94 \cdot L$$

Po úpravě získáme:⁶⁵

$$v_r = 4,62 \sqrt{L} \text{ nebo velmi přesně } v_r = 4,417 \cdot L^{0,49}$$

Matematickým modelováním celého děje a simulací lidského těla mechanickým modelem můžeme vyjádřit velikost sil, které působí v okamžiku pádu na hlavu osoby. Výpočet síly úderu je nejhodnější získat cestou teoretického modelování, vycházet z dosud empiricky získaných vstupních hodnot a výsledný výpočet komparovat s těmi literárními údaji, které byly získány např. úderem do hlav mrtvol. Experimenty potvrdily

⁶¹ KORSÁKOV, S. A. Suděbno-medicinskije aspekty biomechaniky udarnovo vzajmodějstvija tupovo tverdovo predmeta i golovy čelověka. *Suděbno-medicinskaja ekspertiza*. XXXIV, 1991, 3.

⁶² KORSÁKOV, S. A. Suděbno-medicinskije aspekty biomechaniky udarnovo vzajmodějstvija tupovo tverdovo predmeta i golovy čelověka. *Suděbno-medicinskaja ekspertiza*. XXXIV, 1991, 3.

⁶³ SAŽAJEVA, O. V. Оптимизация судебно-медицинской диагностики механизмов травмы головы при падении на плоскость. *Sudebno-medicinskij žurnal*, Moskva 2008.

⁶⁴ KORSÁKOV, S. A. Suděbno-medicinskije aspekty biomechaniky udarnovo vzajmodějstvija tupovo tverdovo predmeta i golovy čelověka. *Suděbno-medicinskaja ekspertiza*. XXXIV, 1991, 3.

⁶⁵ KORSÁKOV, S. A. Suděbno-medicinskije aspekty biomechaniky udarnovo vzajmodějstvija tupovo tverdovo predmeta i golovy čelověka. *Suděbno-medicinskaja ekspertiza*. XXXIV, 1991, 3.

očekávaný a logický závěr, že *doba destrukce hlavy* se měnila v závislosti na tvrdosti povrchu:⁶⁶

- a) Pro tvrdý povrch je $t_i = 0,006 - 0,007$ s
- b) Pro polotvrdý povrch je $t_i = 0,007 - 0,009$ s
- c) Pro měkký povrch je $t_i = 0,021 - 0,030$ s

Ze známého času destrukce hlavy při pádu je možné vypočítat pravděpodobnou velikost síly, která působí na hlavu člověka při pádu vzad ze stoje na podložku různé kvality pružnosti. Výpočet velikosti síly je závislý na hmotnosti osoby (G), resp. tíhové síle a velikosti tělesné výšky (L).⁶⁷

- a) Pro tvrdý povrch platí $F = (7,7 \pm 0,6) \cdot G \cdot \sqrt{L}$
- b) Pro polotvrdý povrch platí $F = (5,6 \pm 0,7) \cdot G \cdot \sqrt{L}$
- c) Pro měkký povrch platí $F = (1,6 \pm 0,3) \cdot G \cdot \sqrt{L}$

Experimentálně byly tyto hodnoty, postupy a vzorce verifikovány pomocí pádu biomechanické figuríny na tenzometrickou desku, která snímala velikost síly, která vznikla úderem hlavy při pádu. Diference výpočtu a měřených hodnot byly minimální, a to 50 kg, a lze tedy uvedené vzorce přijmout pro forenzně biomechanické analýzy.

Z hlediska forenzně biomechanického posuzování pádu ze stoje na podložku je nutné uvažovat případ, kdy osoba je před vlastním pádem urychlena přiloženým vektorem síly umístěným nad těžištěm těla. V praxi se jedná o případy, kdy osoba je udeřena do hlavy například úderem pěstí, kopem nohy, úderem otevřenou dlaní případně nějakým předmětem. V důsledku úderu se hlava zaklání, tělo se lukovitě prohne a při dopadu na podložku směřuje hlavní úder na temenní část hlavy. Nejčastější místo destrukce lebky je v oblasti lambdového švu.

K posouzení možného silového působení na hlavu padajícího člověka směrem vzad je třeba brát v úvahu literární údaje, které byly v odborné literatuře publikovány. Autoři HAMEL, A., LLARI, M., ADALIAN, P., PIERCECHI, M., LEONETI, G., THOLON, L. (2013) publikovali studii, kde lidské tělo simulovali multibody modelem sestávajícím z tuhého těla propojeného kinematickými spoji⁶⁸. Relativní pohyb těla je povolen stupněm volnosti a rotací definované pro každou kinematickou dvojici. Tento model byl použit k odvození rychlosti nárazu hlavy a simulací dynamiky chování těla během pádu. Byla brána v úvahu dopadová rychlost, variabilita tělesné výšky a hmotnost. Tělesná výška osoby byla variována v rozmezí od 1,60 m do 1,80 m a hodnoty pro hmotnost byly vybrány 50 kg a 75 kg. Výsledky byly komparovány ve spolupráci s laboratoří biomechaniky. Původní model představoval tělo člověka podobné 50percentilnímu muži (1,75 m, 78 kg). Z tohoto modelu byly vytvořeny další modely s různou tělesnou výškou a hmotností těla. Všechny simulace byly provedeny pomocí stejné podmínky impulsního zatížení, tedy model byl umístěn v systému jako

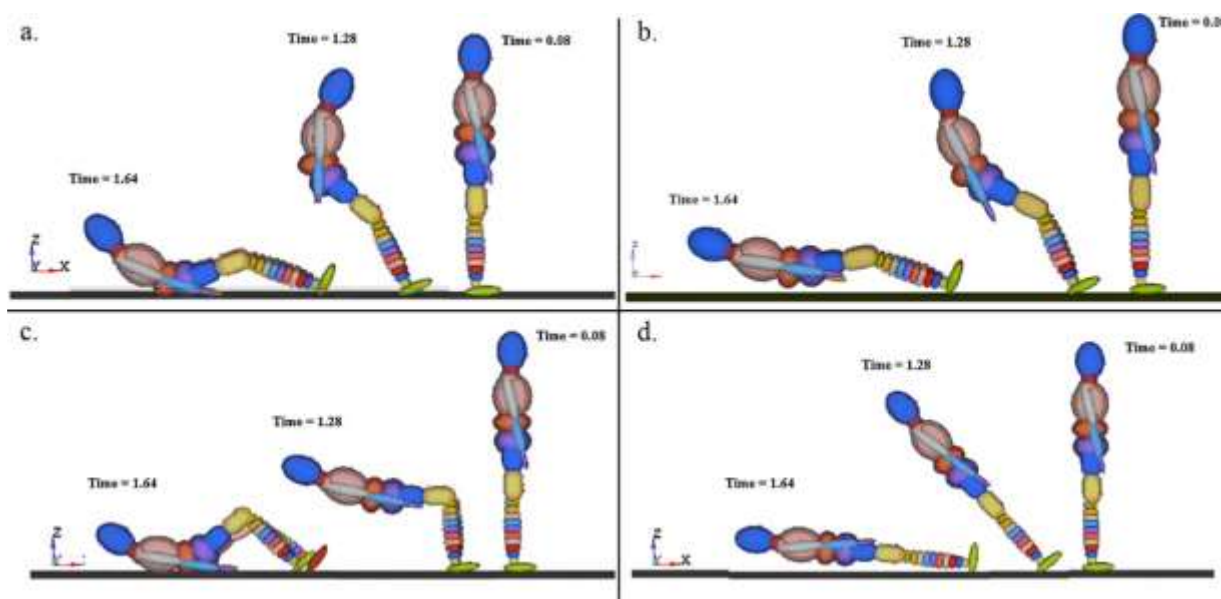
⁶⁶ GROMOV, A. P. *Biomechanika travmy*. Moskva: Medicina, 1979.

⁶⁷ GROMOV, A. P. *Biomechanika travmy*. Moskva: Medicina, 1979.

⁶⁸ HAMEL, A., LLARI, M., ADALIAN, P., PIERCECHI, M., LEONETI, G., THOLON, L. Effect of fall conditions and biological variability on the mechanism of skull fractures caused by falls. *International Journal of Legal Medicine*. 2013, 127:111–118.

poloha ve stoji bez počáteční rychlosti. Chování těla během pádu bylo provedeno simulováním se všemi možnými stupni volnosti pro každý kloub (dále jen „volný pád“). Varianty jsou uvedeny na obr. 2.2.

Podle výsledků experimentů a počítačové simulace je uváděna velikost při spontánním pádu vzad jako největší nárazová rychlost hlavy $6,33 \text{ m s}^{-1}$ a nejmenší $4,62 \text{ ms}^{-1}$. Síla nárazu je $9,3 \text{ kN}$ ⁶⁹. Sílu úderu týlní částí hlavou lze vyjádřit i podle výzkumů GROMOV (1979)⁷⁰, který prováděl rozsáhlé experimenty, podle jeho podkladů lze vyjádřit sílu úderu (180 cm, 100 kg, dopad na tvrdý povrch např. beton) v intervalu $9,71 \text{ kN}$ až $11,36 \text{ kN}$. Pro polotvrdý povrch (asfalt, dřevo) lze vyčíslit sílu úderu $6,7 \text{ kN}$ až $8,62 \text{ kN}$.



Obr. 2.2: Sekvence multibody modelu, sekvence volného pádu⁷¹

⁶⁹ HAMEL, A., LLARI, M., ADALIAN, P., PIERCECHI, M., LEONETI, G., THOLON, L. Effect of fall conditions and biological variability on the mechanism of skull fractures caused by falls. *International Journal of Legal Medicine*. 2013, 127:111–118.

⁷⁰ <http://www.forens-med.ru/tools/gromov/>, Громов А.П. Биомеханика травмы (повреждения головы, позвоночника и грудной клетки). - М.: Медицина, 1979. С. 146–147.

⁷¹ HAMEL, A., LLARI, M., ADALIAN, P., PIERCECHI, M., LEONETI, G., THOLON, L. Effect of fall conditions and biological variability on the mechanism of skull fractures caused by falls. *International Journal of Legal Medicine*. 2013, 127:111–118.

2.1 Biomechanická analýza pádů ze stoje na zem

Pády způsobené narušením postoje nebo chůze jsou velmi důležitou otázkou řešenou ve forenzní biomechanice. V české trestní oblasti tvoří 15 % řešených případů v oboru kriminalistika, specializace forenzní biomechanika⁷². Tato problematika nenachází své uplatnění pouze v trestních kauzách, ale i v případech občanskoprávních, např. u pádů způsobených údajným uklouznutím na povrchu, při nichž dojde ke zranění kolena nebo kyčle⁷³, kdy je třeba určit mechanismus pádu, který často proběhl bez dalších svědků. Byl popsán i případ, kdy mělo dojít uklouznutím k nárazu do hlavy a následně až k ochrnutí poškozené. Autor došel k závěru: „*Že pravděpodobnost uklouznutí jako příčiny pádu, který byl podložen neúplným svědectvím, byla extrémně malá, obzvláště ve srovnání se zavedenými biomechanickými modely*“⁷⁴, proto je nutné znát typické a v úvahu připadající rysy jednotlivých zranění.

Uvedené téma reprezentuje samostatné odvětví v systému forenzní biomechaniky, přičemž se přímo dotýká dalších odvětví, zejména extrémního dynamického zatěžování organismu a problematiky reakčních časů. V zásadě se jedná o analýzu způsobu vzniku pádu, zejména v závislosti na fázi kroku, směru pádu, vzdálenosti dopadu od vzniku pádu, místa dopadu těla, konečnou polohu nebo orientaci těla a povahu a rozsah zranění.

V praxi dochází k aplikaci poznatků o pádech zejména v oblasti pádů ze schodů, kde posouzení poté závisí na zjištěném výchozím postavení anebo na variantách v úvahu připadajících postavení, na možných způsobech iniciace pádu a komparaci výsledků způsobených zraněním.

Další významnou možnost aplikace představují pády ze stoje nejčastěji v rámci střetného boje, obecně řečeno jako součást komplexnějšího (skutkového) děje, kdy je nutno posoudit, zda například úder způsobil primárně pád poškozeného anebo vznikl jako sekundární jev, kupříkladu jako důsledek zakopnutí, kluzkého povrchu či špatného došlápnutí na snížený/nerovný povrch.

Poněkud méně tradiční okruh reprezentují pak pády beze svědků, kdy jediný popis události poskytuje zraněná osoba. V zahraničí se několik takových případů vyskytlo a poškozený popisoval děj jako uklouznutí a požadoval náhradu kvůli údajně nezpůsobilému stavu povrchu. V takových případech pak jde především o zjištění lokalizace pádu a způsobeného zranění.

Lze tedy shrnout, že znalost biomechaniky pádů umožňuje řešit zpravidla následující otázky:

- Posouzení mechanismu pádu.
- Zda byl pád spontánní bez přiložených vnějších sil (tj. cizího zavinění-strčení).

⁷² STRAUS, J. Zkušenosti ze znalecké praxe ve forenzní biomechanice. *Kriminalistika*, 2008, roč. 41, č. 2, s. 130–137. ISSN 1210-9150.

⁷³ LOO-MORREY, M., JEFFRIES, S. Trip feasibility study, s. 6 [online]. [cit. 13.2.2010]. Dostupné z: www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2006/hsl0677.pdf

⁷⁴ TINETTI, M. E., SPEECHLEY, M., GINTER, S. F. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *The New England Journal of Medicine*, December 1988, Vol. 319, No. 26, s. 1701–1707. ISSN 1533-4406.

- Zda popsaná zranění mohla být způsobena spontánním pádem, bez účasti druhé osoby.
- V případě účasti další osoby se vyjádřit k velikosti a směru působení síly.
- Zda mechanismus zranění odpovídá podanému vysvětlení⁷⁵.

Narušení postoje a chůze

Zatímco klasifikace narušení postoje se vyčerpává tím, zda pád byl iniciovaný vnější silou anebo bez této síly, popř. variacemi místa působící síly, u narušení chůze přichází v úvahu hned několik variant, jimiž jsou zakopnutí, uklouznutí, došlápnutí na sníženou plochu, popř. alkohol, stáří, drogy, špatná mobilita, omdlení a analogicky jako u narušení postoje, rovněž pády způsobené vnější silou.

Na základě experimentů vědci identifikovali základní strategie obnovy stability po zakopnutí, jejichž použití je závislé nejvíce na fázi kroku, v níž dojde k zakopnutí, či na obratnosti:

- 1) Snížení zakopávající končetiny („lowering strategy“) – zakopávající končetina poklesne k zemi, přičemž se nedostane přes překážku. Krok přes překážku provádí pak primárně kontralaterální končetina, zatímco zakopávající končetina zůstává v opoře před překážkou.
- 2) Zvednutí zakopávající končetiny („elevating strategy“) – zakopávající končetina provádí první krok přes překážku. Kontralaterální končetina zůstává v opoře. Podle literatury tvoří podíl obou strategií zhruba 3:1 ve prospěch strategie lowering⁷⁶.

TINETTI a kol.⁷⁷ definoval pád jako událost, při které člověk bez záměru upadne na ve stejné výšce umístěnou podložku anebo na podložku v jiné výšce. Přitom takový pád není přirozenou událostí (jako např. úder). NEVITTOVA⁷⁸ definice pak pojímá pád jako případ upadnutí osoby až na podložku anebo upadnutí s úderem do jiného objektu, například židle nebo schodu. Ostatní publikované definice víceméně vystihují podstatu totožně jako výše citované. Rozdíly se týkají pouze detailů, kupříkladu, zda řadit mezi pády v tomto smyslu rovněž klopýtnutí etc⁷⁹. Zakopnutím se rozumí náhlé a neočekávané zbrzdění pohybu nohy s pokračujícím pohybem těla⁸⁰.

Jako jakákoliv volní činnost, i narušení postoje anebo chůze ovlivňuje řada faktorů zvyšujících riziko pádu. Početné studie této problematiky pojmenovaly přes 400

⁷⁵ STRAUS, J. Zkušenosti ze znalecké praxe ve forenzní biomechanice. *Kriminalistika*, 2008, roč. 41, č. 2, s. 130–137. ISSN 1210-9150.

⁷⁶ LOO-MORREY, M., JEFFRIES, S. Trip feasibility study, s. 6 [online]. [cit. 13.2.2010]. Dostupné z: www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2006/hsl0677.pdf

⁷⁷ TINETTI, M. E., SPEECHLEY, M., GINTER, S. F. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *The New England Journal of Medicine*, December 1988, Vol. 319, No. 26, s. 1701–1707. ISSN 1533-4406.

⁷⁸ NEVITT, M. C., CUMMINGS, S. R., HUDES, E. S. Risk factors for injurious falls: a prospective study. *Journal of Gerontology*, September 1991, Vol. 46, No. 5, s. 164–170. ISSN 1758-535X.

⁷⁹ MASUD, T., MORRIS, R. O. Epidemiology of falls. *Age and Ageing*, 2001, Vol. 30, s. 3. ISSN 1468-2834.

⁸⁰ MANNING, D. P. Deaths and injuries caused by slipping, tripping and falling. *Ergonomics*, 1983, Vol. 26, No. 1, s. 3–9. ISSN 1366-5847.

možných rizikových faktorů pro pády. Ačkoliv neexistuje spolehlivá a uznávaná klasifikace těchto činitelů, *The Effective Health Care Bulletin*⁸¹ je rozčlenil dle příčin takto:

- Faktory prostředí (uvolněné koberce, vany bez madel, slabé osvětlení, nebezpečné schody, špatně padnoucí obuv...).
- Vliv léků.
- Změny vyvolané věkem (zrak, kognitivní schopnosti obecně).
- Nutriční (nedostatek vápníků a vitamínu D).
- Motorické schopnosti.

Kompletně se problematikou pádů zabývali SMEESTERS, HAYES, MCMAHON⁸². Hlavním cílem jejich výzkumu bylo zjištění typických a možných lokací nárazu po „omdlení“, zakopnutí, uklouznutí a šlápnutí na sníženou plochu; dále o možnostech zranění kyčle při uvedených narušeních chůze. Šlo o posouzení vlivu neúspěšné obnovy stability na směr pádu, lokaci nárazu a dopadovou rychlost kyčle. Jejich výsledky prokázaly, že určité typy narušení jako omdlení a uklouznutí vedou mnohem pravděpodobněji k nárazu do kyčle. Navíc uklouznutí a omdlení obzvláště představují riziko nejen proto, že vedou k nárazu do kyčle, ale též 57 % z pokusů prokázalo dostatečné dopadové rychlosti k tomu, aby došlo k fraktuře stehenní kosti starších osob.

Jestliže člověk nestihne vykonat náležitou odezvu, zakopnutí způsobí náraz v oblasti břicha, popř. hlavy. Vzhledem k obvyklým reakčním schopnostem člověka však dochází k pokusu o obnovu stability a při neúspěchu k zabránění dopadu rukama. Primární náraz je pak lokalizován v oblasti dlaní, popř. předloktí, čímž dochází k riziku zranění nejčastěji zápěstí či klíční kosti⁸³.

Podnětnou studii o pádech vzad za použití figuríny vypracovali NAGATA, OHNO⁸⁴, kteří zkoumali její pád za různých vstupních podmínek. Jednalo se o změny třecích vlastností povrchu a rychlost iniciace pohybu figuríny. Když figurína upadla vzad jako tuhé těleso, dopadová rychlost hlavy byla 22–23 km/h, průměrné trvání pádu 0,83 s, když stála na kluzkém povrchu, 0,98 s pak na nekluzkém povrchu. Trvání se snižovalo, jestliže byla rychlost iniciace vyšší. Dopadová rychlost hlavy v případě nefixovaného kotníku a kyčle byla nejnižší, průměrně 17,2 km/h, zatímco s nefixovaným kolenem a kyčlí byla nejvyšší, průměrně 24,3 km/h. Rotace v kotníku a kyčli hraje tudíž podstatnou roli v ochraně proti nárazu hlavy snížením dopadové rychlosti, a to tím způsobem, že poskytuje člověku více času na ochranný pohyb. Náraz hlavy je zmírněn, jelikož tělo se ohýbá dopředu kvůli rotaci kotníku a kyčle.

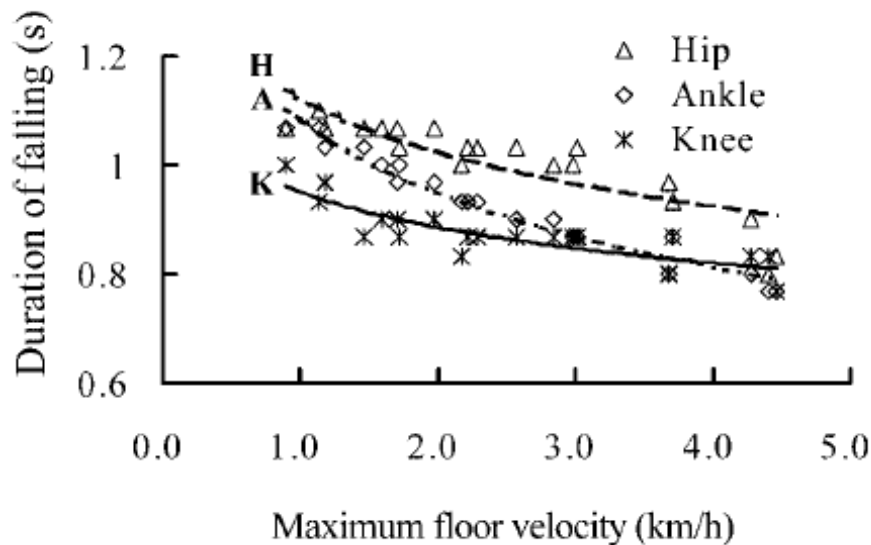
⁸¹ Nuffield Institute for Health, University of Leeds and NHS Centre for Reviews and Dissemination. Preventing falls and subsequent injury in older people. *Effective Healthcare*, 1996, Vol. 2, No. 4, s. 3. ISSN 0965-0288 .

⁸² SMEESTERS, C., HAYES, W. C., MCMAHON, T. A. Disturbance type and gait speed affect fall direction and impact location. *Journal of Biomechanics*, March 2001, Vol. 34, No. 3, s. 314–315. ISSN 0021-9290.

⁸³ MANNING, D. P. Deaths and injuries caused by slipping, tripping and falling. *Ergonomics*, 1983, Vol. 26, No. 1, s. 3–9. ISSN 1366-5847.

⁸⁴ NAGATA, H., OHNO, H. Analysis of backward falls caused by accelerated floor movements using a dummy. *Industrial Health*, 2007, Vol. 45, No. 3, s. 464–466. ISSN 1880-8026.

Přesto u starších lidí je obtížné se chránit jen vlastními schopnostmi během celé vteřiny trvání pádu a mají proto tendenci padat jako tuhá figurína s fixovanými klouby.



Obr. 2.3: Závislost trvání pádu na rychlosti iniciace pohybu figuríny (vyznačen pohyblivý kloub)

S otázkou práce kloubů ve výše shrnutém výzkumu úzce souvisí rovněž práce ROBINOVITCHE a kol.⁸⁵, v níž se zabýval vlivem ochranného pohybu při pádu nazad, při němž se člověk snaží držet trup kolmo k zemi a vstřebať maximum energie nárazu nohama a hýžděmi, nikoliv nárazem hlavy, tzv. „squat response.“ Autoři uvedli, že "squat response" během sestupné fáze před dopadem je způsobitelná následně snížit dopadovou rychlost. Během pádů z pětistupňového vychýlení ve směru pádu se při použití této odezvy průměrné hodnoty dopadové rychlosti pohybovaly o 18 % níže. Průměrná velikost dopadové energie pak byla o 43 % menší, což jasně ukazuje její podstatný význam. Nicméně výsledky nasvědčují i tomu, že její ochranný význam závisí na tom, v jakém okamžiku sestupné fáze je iniciována. Její vliv záleží na reakčním čase, tj. jak rychle dokáže figurant tuto odezvu iniciovat, a dále taktéž na síle a obratnosti osoby. Jelikož reakční čas negativně ovlivňuje neočekávanost podnětu, pak oslabuje svůj vliv na snížení dopadové rychlosti a energie též u neočekávaných, náhlých pádů, než u volně iniciovaných, a sice o 25 % u dopadových rychlostí, resp. 60 % u dopadových energií. Efektivitu ovlivňuje i poloha trupu před sestupnou fází pádu. Dopadá-li člověk s trupem kolmo nebo téměř kolmo k zemi, pak tato pozice poskytuje několik výhod. Za prvé redukuje potenciální energii a tím snižuje možnou dopadovou rychlost hlavy. Za druhé tím redukuje možnost sekundárního nárazu hlavy vůbec.

V jiném výzkumu se SMEESTERS a kol.⁸⁶ zaměřili na prahovou hodnotu trvání zakopnutí, při které nelze obnovit stabilitu jedním rychlým krokem. Zjistili, že ne zcela

⁸⁵ ROBINOVITCH, S. N., BRUMER, R., MAURER, J. Effect of the "squat protective response" on impact velocity during backward falls. *Journal of Biomechanics*, September 2004, Vol. 37, No. 9, s. 1334–1336, ISSN 0021-9290.

⁸⁶ SMEESTERS, C., HAYES, W. C., MCMAHON, T. A. The threshold trip duration for which recovery is no longer possible is associated with strength and reaction time. *Journal of Biomechanics*, May 2001, Vol. 34, No. 5, s. 592–594. ISSN 0021-9290.

nevýznamně tuto hodnotu ovlivňuje reakční čas, síla dolní končetiny a výška osoby. Pády tedy pravděpodobně nastávají častěji tehdy, je-li trvání zakopnutí delší, než schopnost osoby obnovit stabilitu pomocí uvedených parametrů. Jinými slovy řečeno, při vyšší síle dolní končetiny, lepším reakčním časem a výšce osoby může zakopnutí trvat delší dobu, aniž by došlo k pádu. Na druhou stranu, dosažené korelační koeficienty nevysvětlují zdaleka jistě tyto skutečnosti.

Tabulka 2.1: Míra ovlivnění trvání zakopnutí jednotlivými parametry

Parametr	Koeficient korelace (r)
Síla	0,53
Volní parametry:	
Reakční čas	-0,47
<i>Doba trvání kroku</i>	-0,21
<i>Délka kroku</i>	-0,06
<i>Rychlost chůze</i>	0,26
Charakteristiky figuranta:	
<i>Věk</i>	0,11
Výška	0,49
<i>Hmotnost</i>	0,31
<i>Pohlaví</i>	-0,28
<i>Index fyzické aktivity</i>	0,19
<i>Pádové sporty</i>	0,42

2.2 Pády starších osob

Pády byly vždy častým a komplexním problémem, který může způsobit úmrtí, nemocnost, ztrátu nebo poškození tělesných funkcí a nežádoucí potřeby zdravotní péče. Problém je aktuální zejména pro seniory, proto existují studie zaměřené zvláště na detekci pádů starších osob⁸⁷.

Několik studií se soustředilo na pochopení účinků pádů na lidi, faktorů ovlivňujících nebezpečnost pádů a zkrácení doby detekce incidentu. Obecně se pro analýzu nebo detekci pádu používají tři přístupy⁸⁸. První přístup je založen na použití

⁸⁷ RUBENSTEIN, L., JOSEPHSON, K. Falls and Their Prevention in Elderly People: What Does the Evidence Show? *Medical Clinics of North America*, 2006, 90(5), pp. 807–824.

⁸⁸ MUBASHIR, M., SHAO, L., SEED, L. A survey on fall detection: Principles and approaches. *Neurocomputing*, 2013, 100, pp. 144–152.

nositelných senzorů, zrychlení konkrétních segmentů těla a následně poskytuje základ pro vyšetřování nebo detekci pádu. Druhou skupinou přístupů je přístup založený na okolním zařízení, který se pokouší získat informace o pádu pomocí zvukových signálů nebo snímáním vibrací na podlaze, na kterou subjekty padají. Třetím přístupem je přístup založený na kamerách, ve kterém se pro detekci pádu používají videa⁸⁹.

Pády ze stoje na podložku se studují ve velké většině experimentálně a téměř vždy na souboru mladých sportovně založených figurantů. Pády jsou ale velmi aktuální u starších lidí a pády starších osob vykazují odlišné charakteristiky ve srovnání s pády zdravých jedinců. Zejména proto, že příčně pruhované svaly starších osob vykazují degeneraci a ztrátu síly v důsledku pokročilého věku⁹⁰. Navíc k pádům starších lidí často dochází v blízkosti postele nebo židle v důsledku ztráty vědomí a následného poklesu krevního tlaku. V důsledku toho může být dynamika pádu modifikována výchozím postojem (ne vzpřímeným) a přítomností překážek⁹¹. Předběžné analýzy prokázaly, že faktory, které mohou ovlivnit kinematiku pádu subjektů, jsou typ pohybu paží, vzdálenost mezi chodidly, výška kyčlí před pádem, přítomnost překážek na trajektorii pádu a držení těla před pádem (vsedě nebo ve stoje).

Účinky těchto faktorů na kinematiku pádu nebyly nikdy v literatuře analyzovány a mohou být užitečné pro klasifikaci pádů a identifikaci možných zranění. Byla publikována ojedinělá studie, která analyzovala pády starších lidí cestou experimentů s figurínou⁹². V této studii je zkoumán vliv parametrů na maximální zrychlení a na dobu trvání pádu. Výsledky získané pomocí akcelerometrů jsou poté porovnány s výsledky získanými při video analýze pohybu. K simulaci pádů starších osob byla použita figurína pro nárazové zkoušky chodců Humanetics⁹³. Figurína je vysoká 170 cm a s hmotností 104 kg a země je silová platforma navržená tak, aby měla frekvenční propustné pásmo 40 Hz. Figurína sama není stabilní a k jejímu zvednutí a udržení ve stoje byla použita mechanická konstrukce.

V experimentech bylo analyzováno více než 50 pádových konfigurací. Tření fiktivních spojů bylo nastaveno utažením kloubů ramen, loktů, kolen a zápěstí. Každý pád byl opakován dvakrát nebo třikrát; konfigurace testu byla definována níže uvedenými ovlivňujícími faktory.

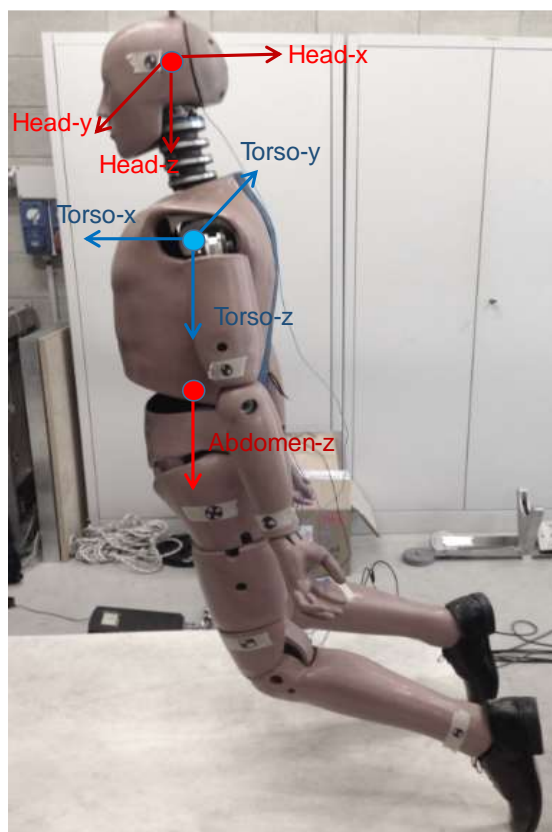
⁸⁹ KERDEGARI, H., SAMSUDIN, K., RAMLI, A. R., MOKARAM, S. Evaluation of fall detection classification approaches. In Proc. IEEE International Conference Intelligent and Advanced Systems, 2012, pp. 131–136.

⁹⁰ DeGOEDE, K. & ASHTON-MILLER, J. Biomechanical simulations of forward fall arrests: effects of upper extremity arrest strategy, gender and aging-related declines in muscle strength. Journal Of Biomechanics, 2003, 36(3), pp. 413–420.

⁹¹ STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress.

⁹² TARABINI, M., SAGGIN, B., BOCCIOLONE, M., SCACCABAROZZI, D., MAGNI, M. Falls in older adults: Kinematic analyses with a crash test dummy. 2016 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA), 2016, s. 1–6.

⁹³ TARABINI, M., SAGGIN, B., BOCCIOLONE, M., SCACCABAROZZI, D., MAGNI, M. Falls in older adults: Kinematic analyses with a crash test dummy. 2016 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA), 2016, s. 1–6.



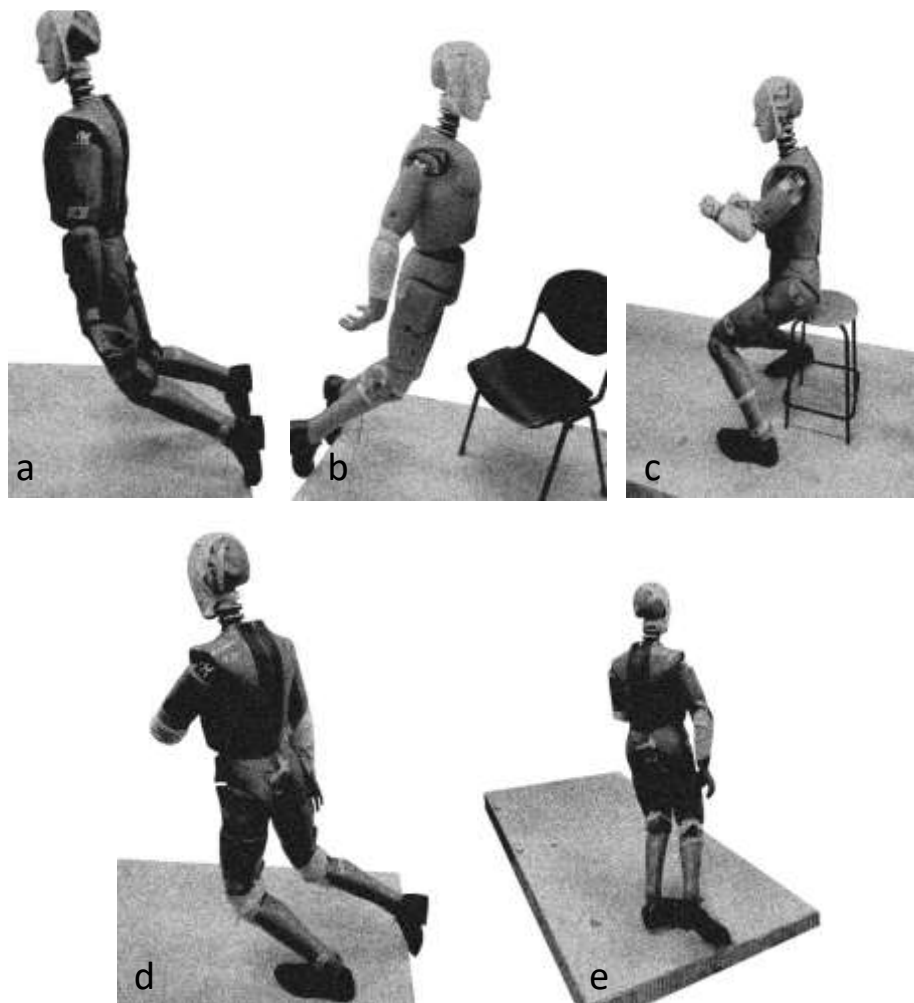
Obr. 2.4: Experimentální nastavení a umístění akcelerometrů⁹⁴

Pro každý faktor bylo použito písmeno nebo číslo pro rychlou indikaci pádové konfigurace.

- Typ pádu - vzad, vpřed, stranou.
- Poloha figuríny před pádem - stojící nebo sedící.
- Výška boků před pády - 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm.
- Pozice zástavy končetin - bez aretace, aretace jedné paže, aretace dvou paží aretace loktů.
- Poloha nohou před pádem popsaná posunem mezi chodidly - 30 cm, 20 cm.
- Popis trajektorie pádu - volný pád (volná trajektorie), pád přes předměty (narušená trajektorie).

Na obr. 2.5. jsou tři příklady konfigurace pádů.

⁹⁴ TARABINI, M., SAGGIN, B., BOCCIOLONE, M., SCACCABAROZZI, D., MAGNI, M. Falls in older adults: Kinematic analyses with a crash test dummy. *2016 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, 2016, s. 1–6.



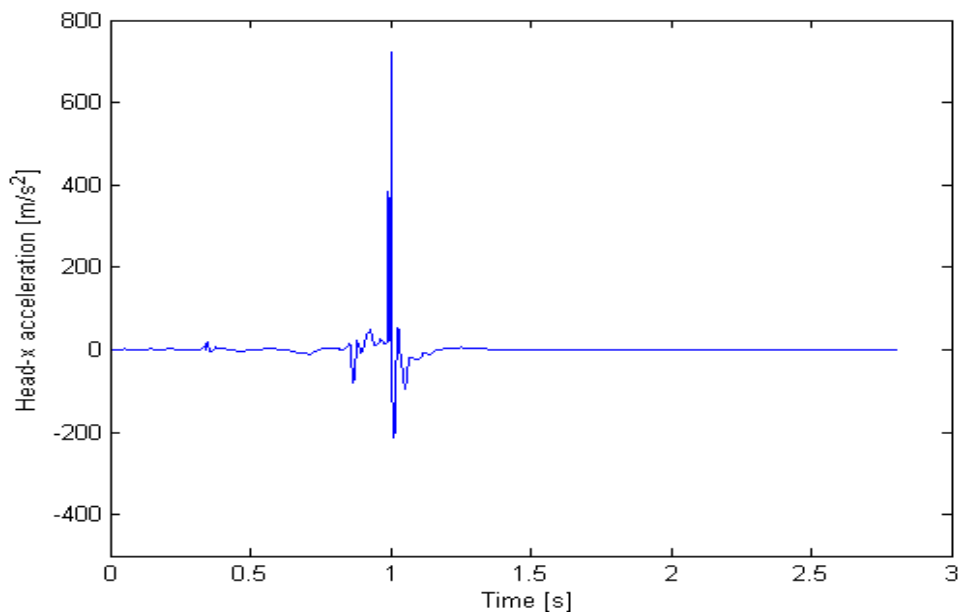
Obr. 2.5: Polohy figuríny v různých konfiguracích⁹⁵

Data zrychlení byla analyzována za účelem odvození syntetických parametrů (indexů) shrnujících celou časovou historii. Časové historie byly zpočátku spouštěny, aby extrahovaly pouze významnou část signálů. Všechny časové průběhy zrychlení byly spouštěny s dobou trvání 5 s., takže časová délka signálu byla dostatečně velká, aby zahrnovala všechny jevy související s pádem. Mezní frekvence byla dána nutností zahrnout vysokofrekvenční složky do studie dynamiky podlahy⁹⁶. Doba pádu byla z videa identifikována jako doba mezi začátkem testu (rychlé uvolnění figuríny) a koncem (konec pohybu figuríny).

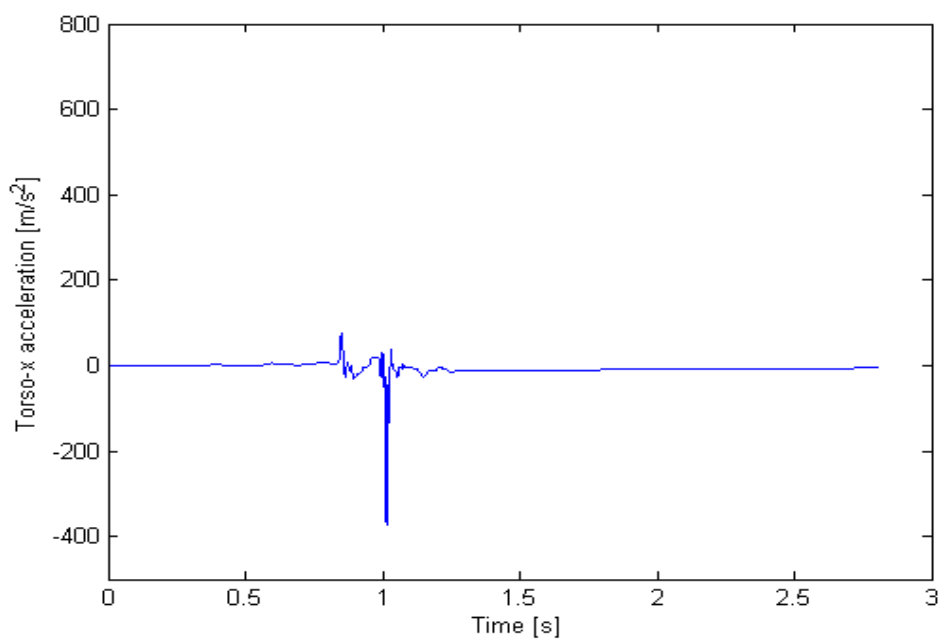
Časové průběhy zrychlení hlavy a trupu ve směrech x pro test jsou ukázány jako příklad na dalších obrázcích. Osa x (vpředu a vzadu) je nejkritičtější a hlava zažívá vyšší zrychlení (700 m/s^2) ve srovnání s trupem (400 m/s^2), ale údaje se obtížně interpretují.

⁹⁵ TARABINI, M., SAGGIN, B., BOCCIOLONE, M., SCACCABAROZZI, D., MAGNI, M. Falls in older adults: Kinematic analyses with a crash test dummy. *2016 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, 2016, s. 1–6.

⁹⁶ DEGOEDE, K. & ASHTON-MILLER, J. Biomechanical simulations of forward fall arrests: effects of upper extremity arrest strategy, gender and aging-related declines in muscle strength. *Journal Of Biomechanics*, 2003, 36(3), p. 413–420.



Obr. 2.6: Časová historie zrychlení hlavy na ose x akcelerometru pro pád vpřed⁹⁷



Obr. 2.7: Časový průběh zrychlení trupu na ose x akcelerometru pro pád vpřed⁹⁸

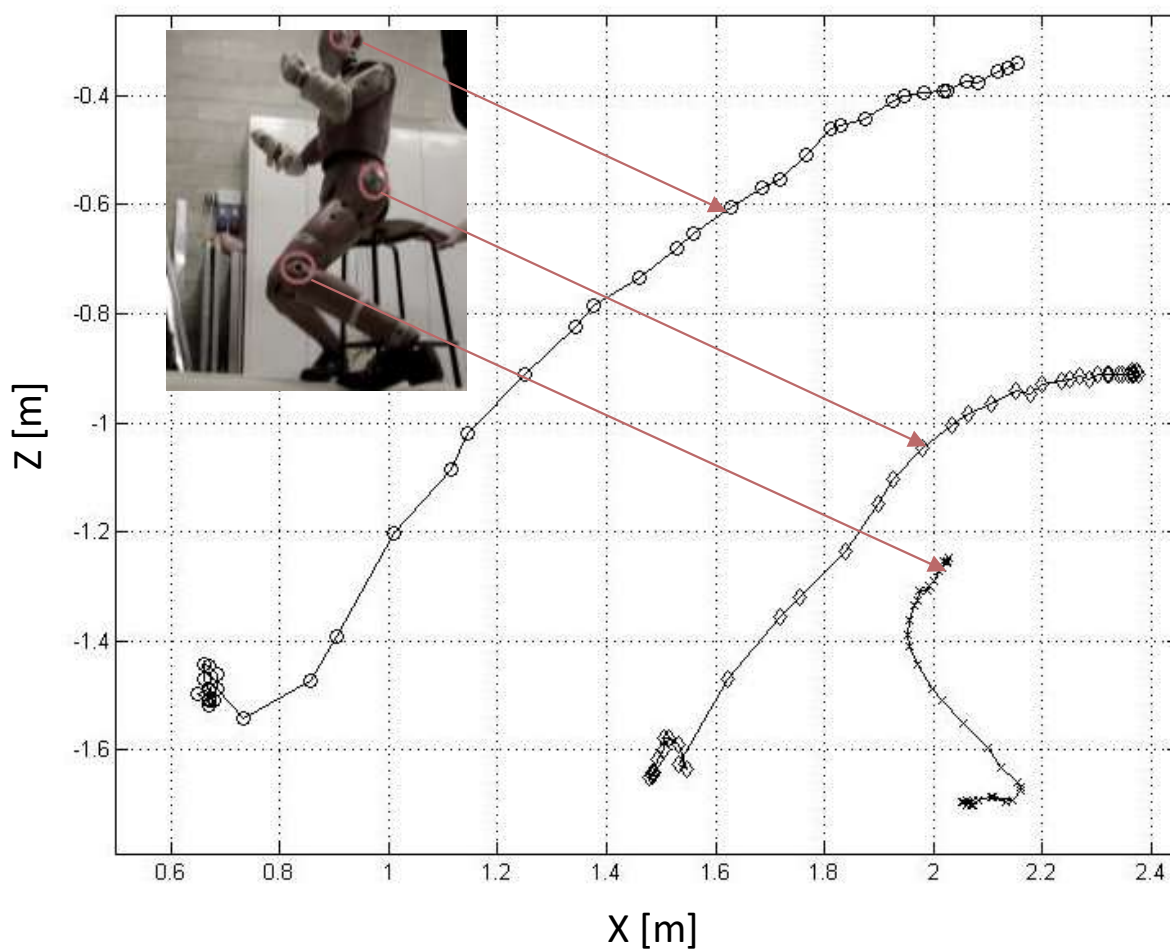
⁹⁷ TARABINI, M., SAGGIN, B., BOCCIOLONE, M., SCACCABAROZZI, D., MAGNI, M. Falls in older adults: Kinematic analyses with a crash test dummy. *2016 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, 2016, s. 1–6.

⁹⁸ TARABINI, M., SAGGIN, B., BOCCIOLONE, M., SCACCABAROZZI, D., MAGNI, M. Falls in older adults: Kinematic analyses with a crash test dummy, *2016 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, 2016, s. 1–6.

Doba trvání pádu může být stabilním parametrem pro automatickou detekci pádu subjektů pomocí nositelných zařízení. Doba trvání se pohybovala mezi 1,2 s a 3,9 s (průměrná hodnota 1,77 s); tyto hodnoty se obvykle zvyšují v případě pádu proti předmětům.

Analýza pádu umožňuje simulaci kinematiky pádů starších osob. Při testech na figurínách bylo zrychlení měřeno na hlavě a na hrudi ve třech vzájemně kolmých osách. Špičková zrychlení naměřená akcelerometry byla porovnána se zrychlením naměřeným systémem pro zpracování obrazu. Výsledky ukázaly, že nejvíce ovlivňující faktory jsou dopady paží, přítomnost překážek a vzdálenost mezi chodidly, které snižují maximální zrychlení na hlavě a trupu. Vliv výšky pádu na dobu trvání nebyl jednoznačný. Výsledky ukázaly, že analýza obrazu poskytuje přiměřená data i v neoptimálních světelných podmínkách. To umožňuje výpočet pádových parametrů z videí s pády zaznamenaných například bezpečnostními kamerami.

Pád ze stoje na zem, případně i pád ze schodů jsou poměrně frekventovaným biomechanickým problémem. Z hlediska biomechaniky rozlišujeme tři druhy nehod při chůzi, které vedou k pádům. Jednak je uklouznutí, dále zakopnutí, a nakonec klopýtnutí s následným pádem. V biomechanické literatuře jsou tyto tři druhy nehod popsány a jasně rozlišeny nejenom podle způsobu vzniku, ale i podle určujícího kroku - směr pádu, vzdálenost dopadu od vzniku pádu, místo dopadu těla, konečná poloha nebo orientace těla a povaha a rozsah zranění. Tyto detailní informace musejí být podobně zjištěny pro objektivní posouzení průběhu a příčiny pádu. Uvedený druh pádů je frekventovaný u dvou věkově odlišných skupin. Často se objevuje u mladých teenagerů jako důsledek pádu jízdy na in-line bruslích nebo skateboardu a dále jsou pády časté u starých lidí, kteří klopýtnou v důsledku špatné motoriky a koordinace pohybů při chůzi. V kriminalistice jsou důležité také případy, kdy útočník udeří oběť, ta následně spadne, zraní se a poté je důležité posoudit, zda pád napadené osoby byl v přímém důsledku úderu nebo vznikl jako sekundární jev.



Obr. 2.8: Trajektorie různých obrazových prvků identifikovaných z filmů⁹⁹

Biomechanické analýzy pádů ze stoje na zem (do roviny země, podlah) a pády ze schodů (ze skloněných ploch) umožňují:

- Posuzovat mechanismy pádů.
- Analyzovat spontánnost pádů bez cizího zavině.
- Analyzovat dominanci příčin pádů (z hlediska silových a momentových účinků).
- Analyzovat (dle druhu zranění), zda došlo jednoznačně ke spontánnímu pádu bez vlivu druhé osoby.
- Analyzovat uplatnění možného vlivu jiné osoby.
- Determinovat velikost a směr sil vyvozených dalšími osobami.
- Verifikovat zranění a jeho afinitu k teoretickému modelu pádu.

⁹⁹ TARABINI, M., SAGGIN, B., BOCCIOLONE, M., SCACCABAROZZI, D., MAGNI, M. Falls in older adults: Kinematic analyses with a crash test dummy. *2016 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, 2016, s. 1–6.

Biomechanické řešení problematiky pádu ze stoje na podložku má často stochastický charakter. Přínosem dalšího zkoumání problematiky zakopnutí jistě bude komplexnější určení pravděpodobných dopadových rychlostí hlavy, kyčle, kolena či zápěstí. Stejně tak rozšíření vzorku figurantů poskytne více vypovídající výsledky, popř. odhalí nové skutečnosti a závislosti. Vhodným prvkem v analýze a přesnosti by též byla trojrozměrná analýza pohybu, jelikož samozřejmě takovéto složité pohybové projevy nelze provádět přesně ve dvojrozměrném prostředí. Problémem u zakopnutí je též fakt, že souhrnně lze charakterizovat pouze taková zakopnutí, která vykazují rysy některé z uvedených strategií. K zamyšlení by taktéž mohlo být, zda úspěšnost obnovy nesouvisí se silou dolních končetin anebo s obratností¹⁰⁰.

¹⁰⁰ STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress.

3. Aspekty ovlivňující odhodovou rychlost břemene

Biomechanika se zabývá aplikací zákonů mechaniky v biologii, medicíně, tělovýchově a sportu, kriminalistice apod.¹⁰¹ Biomechanika je *definována jako interdisciplinární věda, zabývající se především studiem mechanické struktury a mechanického chování živých systémů a jejich interakcí s okolím.*¹⁰² Forenzní biomechanika je vědní obor, který aplikuje biomechaniku a biomechanické metody na zkoumání kriminalistických stop s biomechanickým obsahem a dekódování 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 obsažen biomechanický obsah, tedy uvedené aplikace podávají informaci o pohybovém aparátu člověka nebo o jeho pohybovém chování¹⁰³.

V posledních letech se objevuje řešení otázky biomechanického posouzení hodů předmětem, například se může jednat o hod kamenem, popelníkem, trubkou atd. Ve znalecké praxi bylo potřeba v několika případech řešit právě otázku dopadové energie hozeného předmětu a následné posouzení poškození. Jako příklad z poslední doby mohu uvést případ, kdy obžalovaný hodil v jednacím sále soudu dlažební kostkou proti svědkovi, který právě vypovídal. Letící dlažební kostka pouze „lízla“ svědkovu hlavu a jen náhodou nedošlo ke zranění. Hod byl veden s náprahem na vzdálenost 3,33 metru. A v takovém případě se nabízí otázka predikce dopadové rychlosti dlažební kostky o hmotnosti 0,5 kg a biomechanické hodnocení možného zranění při zásahu hlavy¹⁰⁴.



Obr. 3.1: Fotografie z videozáznamu z jednání v soudní síni. Obžalovaný hodil dlažební kostku směrem na hlavu svědka v průběhu jeho výpovědi.

¹⁰¹ VALENTA, J. a kol. *Biomechanika*. Praha: Academia, 1985.

¹⁰² KARAS, V. *Biomechanika pohybového systému člověka*. Praha: UK, 1978.

¹⁰³ STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2017. Edice SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-140-8.

¹⁰⁴ *Hod dlažební kostkou po svědkovi byl pokusem o vraždu, rozhodl soud*. [online]. [cit. 2023-03-18]. Dostupné z: doi:https://www.idnes.cz/praha/zpravy/dlazebni-kostka-utok-soud-svedek-zraneni-justicni-areal-micanky.A230223_104156_praha-zpravy_iri

Zcela analogické otázky vznikají například v případech, kdy pachatel hodí kámen proti vozidlu, z praxe jsou známé případy, kdy pachatel hodil skleněný popelník (1 kg) proti boku vozidla a způsobil značnou škodu. Pachatel v tomto případě uváděl, že hod byl neúmyslný, nechtěný. Zcela jasně se nabízí řešení otázky - jaký vliv má trénovanost jedince na forenzní hodnocení hodů předmětem.

Další konkrétní příklad využití problematiky „hodu kamenem“ lze uvést situaci, která se stala a byla řešena soudem. *„Z pokusu zvlášť závažného zločinu těžkého ublížení na zdraví a přečinů poškození cizí věci a výtržnictví byl dne 2. 12. 2011 policejním komisařem SKPV obviněn 21letý mladík. Bylo mu kladeno za vinu, že dne 27. 11. 2011 v ranních hodinách ve Městě Albrechticích na ulici Osoblažská u činžovního domu měl po předchozích výhrůžkách a bez jakýchkoli důvodů fyzicky napadnout 35letého muže. Ranami živičným kamenem, který měl držet v ruce, ho měl uhodit několikrát do obličeje. Poškozenému se následně podařilo útok sebeobranou zmírnit a snažil se z místa utéct. Obviněný ho však začal pronásledovat a kámen o hmotnosti 1,5 kg po poškozeném hodil a zasáhl ho do boku. Poškozený útokem utrpěl tržnou ránu na čele, zlomeninu nosu, rozsáhlý hematom v oblasti levého boku a drobné oděrky. Po tomto útoku měl obviněný poškodit úmyslně vozidlo Kia Ceed, kterým přijel poškozený. Za užití kamenů, plechové popelnice a kopů nohou měl rozbít všechna okna, poškodit dveře automobilu, rozbít zrcátka, poškodit lak a další zařízení vozu a způsobil škodu ve výši 120 tisíc Kč. Přivolání policisté mladého muže na místě následně zadrželi, týden byl umístěn v psychiatrické léčebně a nyní je stíhán vazebně. Hrozil mu trest odnětí svobody až do výše deseti let.“*

3.1 Experimentální zjištění

V řešení výzkumných otázek nás primárně zajímala možnost predikce odhodové a dopadové rychlosti břemene, tento údaj umožňuje následně vyjádřit velikost kinetické energie a poté posoudit forenzně biomechanické parametry při dopadu na živý organismus (člověka). Provedli jsme poměrně rozsáhlé experimenty a měření v rámci řešení výzkumného projektu SVV na VŠFS s názvem „Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti“. Podmínky hodů jsme variovali podle různých parametrů, jako byli trénovaní a netrénovaní jedinci, pohlaví, hmotnost břemene, vliv alkoholu atd.¹⁰⁵

Cílem výzkumu bylo zjistit, jaký vliv má trénovanost jedince na forenzní hodnocení hodů břemenem. V návaznosti na tento záměr byly stanoveny následující hypotézy¹⁰⁶:

1. Trénovaní jedinci budou mít výrazně lepší výsledky nežli ti netrénovaní.
2. Trénovaní jedinci, kteří ke svému sportovnímu výkonu využívají hod či vrh budou mít na první pohled znatelně lepší výsledky než sportovci, jejichž předností je jiná disciplína.

¹⁰⁵ STRAUS, J. Vliv alkoholu na reakční dobu a motorické chování člověka. *Drugs and Forensics bulletin NPD*. Praha: Policie České republiky, Národní protidrogová centrála SKPV, 2023, XXIX, 3/2023, s. 4–12.

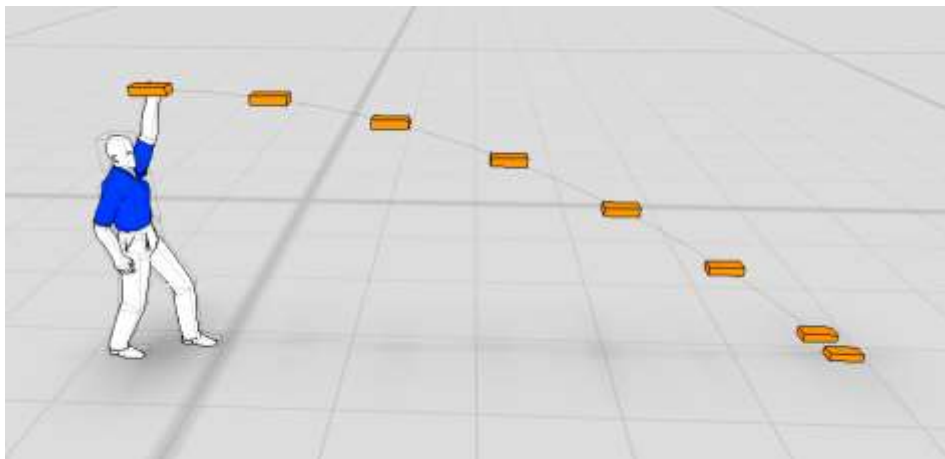
¹⁰⁶ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

3. Trénovaní jedinci, jejichž sportovní výkony spadají do silových kategorií, budou dosahovat výrazně lepších výsledků na úrovni počáteční a dopadové rychlosti vrženého břemene o hmotnosti jeden kilogram, než ostatní probandi.

Za lepší výsledek je považována nejen delší vzdálenost vrženého břemene od figuranta, ale především počáteční a dopadová rychlost vrhaného předmětu.

Výzkum byl proveden se 100 dobrovolníky ve věkovém rozmezí 16 až 75 let. Výzkumný vzorek tvořilo 50 mužů a 50 žen. Obě kategorie – tedy ženy i muži – byly dále rozděleny na sportovce a nesportovce, kdy bylo vždy 25 sportovců. Každý z hodů byl třikrát opakován, aby se pro účely této práce i vědeckého projektu využil vždy pouze nejdelší z vrhů. S uděleným souhlasem probíhala také fotodokumentace většiny pokusů a videozáznam. Probandi házeli břemenem jednak horním náprahem, tak bokem a také spodním náprahem, Chtěli jsme získat informace o běžně používaných způsobech odhodu.

Za sportovce jsou považováni jedinci, kteří sportují alespoň 3x týdně, v nedávné době se účastnili prestižní soutěže v oblasti, které se věnují (například mistrovství republiky, světové turnaje apod.), anebo podávají úctyhodné výkony (např. ujeté desítky tisíc kilometrů na kole za rok)¹⁰⁷. Technika hodu byla vymezena jako hod horním náprahem a hod bokem (stranou), viz obr. 3.3.



Obr. 3.2: Znázornění vrhu břemenem, simulace v programu Virtual Crash 5

¹⁰⁷ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.



Obr. 3.3: Ukázka hodů horním náprahem, hodů bokem (stranou) a hodů spodem¹⁰⁸

V následující tabulce je uvedena bližší charakteristika souboru, popisné statistiky antropometrických dat probandů rozdělených dle pohlaví a ne/sportovnosti. Všechna níže uvedená data byla získána při řešení studentského výzkumného projektu¹⁰⁹ VŠFS a ze zpracované diplomové práce řešené v rámci tohoto projektu¹¹⁰.

Tab. 3.1: Popisná statistika celkového vzorku

	Věk (roky)	Výška (cm)	Hmotnost (kg)
Průměr	30,48	174,16	77,58
Směrodatná odchylka	15,20	8,34	17,77
Medián	23,50	174,00	75,00
Minimum	16,00	158,00	47,00
Maximum	75,00	195,00	125,00

Tab. 3.2: Popisná statistika muži nespportovci

	Věk (roky)	Výška (cm)	Hmotnost (kg)
Průměr	33,52	180,52	92,96
Směrodatná odchylka	15,82	7,79	16,74
Medián	28,00	180,00	95,00
Minimum	17,00	166,00	63,00
Maximum	75,00	195,00	125,00

¹⁰⁸ STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023. JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹⁰⁹ STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023.

¹¹⁰ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

Tab. 3.3: Popisná statistika muži sportovci

	Věk (roky)	Výška (cm)	Hmotnost (kg)
Průměr	31,28	179,04	83,96
Směrodatná odchylka	16,04	5,55	11,01
Medián	25,00	180,00	83,00
Minimum	17,00	168,00	65,00
Maximum	74,00	191,00	110,00

Tab. 3.4: Popisná statistika ženy nespportovkyně

	Věk (roky)	Výška (cm)	Hmotnost (kg)
Průměr	29,16	167,52	68,16
Směrodatná odchylka	13,94	6,01	15,28
Medián	23,00	166,00	65,00
Minimum	16,00	158,00	47,00
Maximum	62,00	180,00	106,00

Tab. 3.5: Popisná statistika ženy sportovkyně

	Věk (roky)	Výška (cm)	Hmotnost (kg)
Průměr	27,96	169,56	65,24
Směrodatná odchylka	14,30	4,64	10,47
Medián	22,00	168,00	68,00
Minimum	16,00	163,00	48,00
Maximum	64,00	179,00	85,00

Po rozdělení naměřených dat na sportovce či nespportovce¹¹¹ v jednotlivých pohlavích byly skupiny sportovců rozděleny ještě na sportovce, jejichž sportovní výkony vyžadují sílu rukou, označené písmenem „S“ – příkladem může být vzpěrač zařazený do této skupiny – a na sportovce, kteří se zaměřují na vrh či hod, označené písmenem „H“ – do této kategorie spadají například hráči házené¹¹². Ostatní sportovci i nespportovci jsou označeni písmenem „N“.

¹¹¹ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹¹² JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

Tab. 3.6: Popisná statistika složení vzorku sportovců¹¹³

	Počet N	Počet S	Počet H
Muži	37	9	4
Ženy	34	9	7
Celkem	71	18	11

Při experimentech byly jako břemeno vybrány dva druhy kamenů. Jedním je půlkilogramový podlouhlý kámen a druhým je téměř kulatý jednodokilogramový kámen. Kameny jsou na obrázku 3.4, kdy se v levé části nachází lehčí z břemen a vedle něho vpravo kámen o hmotnosti 1 kg. Jejich zbarvení fluorescenčním sprejem bylo provedeno pro zlepšení viditelnosti letu břemene při fotodokumentaci a pozorování trajektorie letu při měření. Všichni figuranti používali obě tato břemena při všech svých hodech.



Obr. 3.4: Použitá břemena, kameny o hmotností 0,5 kg a 1 kg

Pro měření vzdálenosti vrženého břemene bylo využito sklolaminátové pásmo o délce třiceti metrů. To bylo napnuto, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Zajištěn byl vždy první dopad odvrženého břemene, nikoli jeho finální poloha. Pro zjišťování

¹¹³ STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023. JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

výšky, ze které bylo břemeno vrženo, byl použit svinovací metr o délce tří metrů, kterým se změřila vzdálenost dlaně upouštějící břemeno od země¹¹⁴.

Během letních měsíců 2022 bylo osloveno několik sportovců a sportovních klubů, zda by byli ochotní se zúčastnit experimentu. Bylo vybráno sto dobrovolníků různých věkových kategorií, kteří byli ochotni se experimentu zúčastnit. Každý proband byl dopředu seznámen se všemi podrobnostmi experimentu, který ho čekal před tím, než udělal souhlas s účastí¹¹⁵.

Experimenty byly prováděny na zatravněné ploše dlouhé několik desítek metrů. Při výběru terénu se kladl důraz na rovnost a měkkost povrchu, na kterém byl výzkum proveden, a to z důvodu nezkreslování naměřených dat a životnosti využívaných kamenů. Proband byl postaven na začátek pásma, bylo mu podáno první břemeno o váze 500g a následně byl požádán o provedení prvního způsobu vrhu, čímž byl vodorovný vrh z místa. Ihned po odhozu byla probandovi změřena výška ruky v místě, kde odhodil kámen. Toto řešení bylo shledáno jako nejlepší možnost, kdy si proband pamatoval, kde kámen upouštěl, a zároveň při měření nehrozilo zranění vědeckého pracovníka. Zaznamenána byla také dopadová vzdálenost vrženého břemene¹¹⁶.

Druhým z vrhů při experimentu bylo odhození kamene ze strany, přičemž i tentokrát muselo letět břemeno vodorovně, nikoli obloukem. Probandům byl tento způsob připodobněn házením tzv. žabiček do vody s jediným rozdílem, že v tomto případě směřoval požadavek na co nejdelší odhození kamene. I nyní byla změřena vzdálenost probandovi ruky od země ve výšce, ze které kámen upouštěla a vzdálenost dopadu břemene od místa vrhání¹¹⁷.

Každý z těchto způsobů vrhu byl alespoň 3x zopakován, aby se pro účely této práce i vědeckého projektu využil vždy pouze nejdelší z vrhů. S uděleným souhlasem probíhala také fotodokumentace většiny pokusů a videozáznam. Jednotlivé kroky byly následně opakovány s břemenem o hmotnosti jednoho kilogramu. Tento postup byl předem promyšleným krokem. Proband se s lehčím břemenem lépe rozházel a následně dosahoval vyšších výsledků i s kilogramovým břemenem, nežli tomu bylo v případě, kdy byl postup opačný¹¹⁸.

Po získání naměřených dat bylo vybráno dalších padesát dobrovolníků z řad nesportovců ve věkových kategoriích obdobných věkovým kategoriím sportovců, aby bylo porovnání zpracovaných vzorků co nejvíce relevantní. Celý experiment probíhal stejným způsobem u probandů se sportovním založením i u probandů bez zájmu o sport.

Data získaná při výzkumu, tedy výška ruky upouštějící břemeno a délka mezi probandem a dopadem odvrženého břemene, byla následně zasazena do vzorců uvedených v kapitole číslo pět pojednávající o vodorovném vrhu. Touto formou byla

¹¹⁴ STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023.

JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹¹⁵ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹¹⁶ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹¹⁷ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹¹⁸ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

vypočtena délka letu břemene, počáteční a dopadové rychlosti jednotlivých vrhů, a to u všech probandů, všech způsobů vrhu a se všemi použitými břemeny¹¹⁹.

První stanovenou hypotézou je přesvědčení autora, že trénovaní jedinci budou mít výrazně lepší výsledky nežli ti netréňovaní. Výsledky jsou přehledně uvedeny v následujících tabulkách.

Tab. 3.7: Odhodová rychlost břemene podle stylu hodů a hmotnosti břemene 0,5 kg a 1 kg. Soubor mužů, sportovci a nespportující¹²⁰

Muži - hod horním nářahem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Muži sportovci	32,0	26,2
Muži nespportovci	24,6	20,4

Muži - hod bokem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Muži sportovci	38,8	33,6
Muži nespportovci	30,6	26,7

Muži - hod s krátkým rozběhem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Muži sportovci	38,2	30,9
Muži nespportovci	37,9	24,1

Muži sportovci podávali výrazně lepší výsledky než muži nespportovci. U 1 kg břemene se rozdíl mezi sportovci a nespportovci pohybuje okolo 6 m/s, a to u každého ze tří způsobů vrhu. V případě 0,5 kg břemene se hodnoty různí. Při vrhu z místa házeli sportovci v průměru o 7,4 m/s rychleji. U vrhu bokem tvořil rozdíl v průměrných hodnotách 8,2 m/s, zatímco s rozběhem je úspěšnost sportovců ještě zřetelnější, neboť se zde průměrné hodnoty rozcházejí o něco málo přes 10 m/s¹²¹.

Z hlediska objektivit výzkumu považují za vhodné upozornit na pojem „výrazně lepší“. Toto názvosloví bylo použito studenty při subjektivním hodnocení výsledků zjištěné odhodové rychlosti břemene, posléze jsme označení přijali celým výzkumným týmem. Uvědomujeme si menší nepřesnost tohoto slovního pojmenování, a proto bude

¹¹⁹ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹²⁰ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023.

¹²¹ STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023. JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

vhodné do dalších podobných experimentů předem stanovit přesnější kategorie pojmů „výrazný“, „zřetelný“.

Tab. 3.8: Odhodová rychlost břemene podle stylu hodů a hmotnosti břemene 0,5 kg a 1 kg. Soubor žen, sportovci a nespportující¹²²

Ženy - hod horním náprahem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Ženy sportující	23,9	18,6
Ženy nespportující	16,6	12,6

Ženy - hod bokem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Ženy sportující	26,0	22,0
Ženy nespportující	19,9	15,4

Ženy - hod s krátkým rozběhem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Ženy sportující	26,5	21,5
Ženy nespportující	19,3	15,9

V případě žen je zřetelný rozdíl mezi sportovkyněmi a nespportovkyněmi, a to ve prospěch sportovně založených dívek a žen. S břemenem o hmotnosti 0,5 kg byly sportovkyně úspěšnější v průměru o 7 m/s. Tato hodnota je shodná při všech typech vrhů. U břemene s hmotností 1 kg jsou výsledky obdobné, s tím rozdílem, že zde sportovkyně vrhaly v průměru o 1 m/s pomaleji než s lehčím břemenem. Nejvyššího rozdílu dosáhly sportovkyně vrhající břemeno z místa horek přímo před sebe¹²³.

Předpokládali jsme, že trénování jedinci, jejichž sportovní výkony spadají do silových kategorií, budou dosahovat výrazně lepších výsledků na úrovni počáteční a dopadové rychlosti vrženého břemene o hmotnosti jeden kilogram, než ostatní probandi. Konkrétními silovými sporty pro účely této práce jsou sportovní gymnastika, kanoistika, karate, kalistenika, kickbox, atletika a aerobik. Za silového sportovce autorka považuje také pooldance tanečnici, závodního hasiče či vojáka z povolání¹²⁴.

¹²² STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023.

JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹²³ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹²⁴ STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023.

JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

Tab. 3.9: Hod horním nářahem. Odhodová rychlost břemene podle trénovanosti a hmotnosti břemene 0,5 kg a 1 kg. Soubor mužů, sportovci a nespportující¹²⁵

Muži - hod horním nářahem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Muži nespportovci	24,6	20,4
Muži - sportující silové sporty	36,4	27,6
Muži - sportující hod	32,3	30,2
Muži - ostatní sporty	28,7	24,0

V případě 0,5 kg břemene je jasně zřetelná nejvyšší počáteční rychlost způsobená muži využívajícími sílu, následně muži zaměřenými na hod, pak ostatními sportovci, přičemž nejnižších rychlostí dosáhli jednoznačně muži nespportovci¹²⁶. Mezi jednotlivými kategoriemi v tomto pořadí je rozdíl vždy něco málo přes 4 m/s.

S těžším břemenem již dosáhli nejlepších výsledků házenkáři. Siloví sportovci jsou za nimi, poté následují ostatní sportovci a i s tímto břemenem si nejhůře vedli nespportovci. Mezi silovými sportovci a sportovci zaměřenými na hod činí rozdíl v průměrných hodnotách 2,6 m/s, což je méně, než tomu bylo s lehkým břemenem. U ostatních kategorií se jedná o 3,6 m/s.

Tab. 3.10: Hod bokem. Odhodová rychlost břemene podle trénovanosti a hmotnosti břemene 0,5 kg a 1 kg. Soubor mužů, sportovci a nespportující¹²⁷

Muži - hod bokem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Muži nespportovci	30,6	26,7
Muži - sportující silové sporty	37,8	31,3
Muži - sportující hod	42,7	37,1
Muži - ostatní sporty	38,6	34,4

Počáteční rychlosti bokem vrženého břemene v případě mužů mají stejné pořadí s oběma druhy břemen. Nejlépe si vedli házenkáři, druzí jsou ostatní sportovci, siloví sportovci následují a nejhůře si vedli nespportovci. Házenkáři dosáhli průměrně lepších výsledků o téměř 5 m/s s lehkým břemenem a o necelých 6 m/s s těžším

¹²⁵ STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023.
¹²⁶ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹²⁶ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹²⁷ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

břemenem, než jakých dosahovali siloví sportovci. Rozdíl mezi „siláky“ a nesportovci pak tvoří 7,2 m/s s břemenem o hmotnosti 0,5 kg a 4,6 m/s s kilogramovým břemenem.

Tab. 3.11: Hod horním nářhem. Odhodová rychlost břemene podle trénovanosti a hmotnosti břemene 0,5 kg a 1 kg. Soubor žen, sportovci a nesportující¹²⁸

Ženy - hod horním nářhem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Ženy nesportující	16,6	12,6
Ženy - sportující silové sporty	20,3	16,4
Ženy - sportující hod	27,0	22,7
Ženy - ostatní sporty	23,2	16,3

Nyní shrneme počáteční rychlost vržených břemen ženami, z místa, a to vrchem. S oběma břemeny si nejlépe vedly házenkářky, následně se pořadí u jednotlivých typů kamenů liší. S lehčím břemenem se silové sportovkyně umístily na pomyslném třetím místě, kdy jejich výkony byly pomalejší oproti házenkářkám v průměru o 6,7 m/s. Nesportovkyně pak ženy zaměřené na sílu přeházely o 3,7 m/s.

V případě kilogramového břemene silové sportovkyně v průměru házely rychleji o 0,1 m/s nežli ostatní sportovkyně, což se nedá považovat za zcela směrodatný výsledek. Oproti nesportovkyním si pak vedly lépe o 3,8 m/s.

Tab. 3.12: Hod bokem. Odhodová rychlost břemene podle trénovanosti a hmotnosti břemene 0,5 kg a 1 kg. Soubor žen, sportovci a nesportující¹²⁹

Ženy - hod bokem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Ženy nesportující	19,1	15,4
Ženy - sportující silové sporty	23,1	19,6
Ženy - sportující hod	32,6	27,4
Ženy - ostatní sporty	24,1	21,0

V případě vrhu bokem si vedly ženy podobně s oběma typy kamenů. Nejlepších výsledků dosahovaly házenkářky. Se zřetelným rozdílem za nimi stojí ostatní sportovkyně, s menším rozdílem silové sportovkyně a následně ženy bez zájmu o sport. S lehčím břemenem házenkářky vrhaly rychleji o 9,5 m/s než tzv. „silačky“. S těžším břemenem je rozdíl snížen na průměrných 7,8 m/s.

¹²⁸ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹²⁹ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

Ze zjištěných dat je zřejmé, že výsledky měření ovlivnil rozdíl pohlaví osob účastnících se experimentu. Souvisí to s obecným předpokladem, že muži mají v průměru vyšší fyzickou zdatnost, a tím pádem dokáží vyvinout více síly při hodu z místa i s rozběhem. Toto podporují i průměrné hodnoty měření, kde jsou výsledky mužů v průměru o více než třetinu vyšší než u žen. Při porovnání síly úderu není jasný rozdíl mezi muži a ženami, pokud se jedná o břemeno nižší hmotnosti (279 g) a střední hmotnosti (504 g). Tento rozdíl je patrný u hodu s rozběhem u břemene o nejvyšší hmotnosti (1003 g), kdy je síla působící při dopadu vyšší u mužů a spadá do kategorie velké síly úderu. Toto souvisí se schopností využití a vyvinutí větší fyzické síly mužů při hodu, tím pádem i větší vzdálenosti hodu a vyšší energii při dopadu břemene. U žen veškeré hodnoty síly dopadu spadají do kategorie značné síly dopadu. A to jak v případech měření hodnot hodu z místa, tak i při vyhodnocování výsledků měření hodu s rozběhem¹³⁰.

Vyšší počáteční rychlost byla zjištěna u mužů sportovců než u nespportovců. Nejnížší hodnota představující rozdíl u průměrných počátečních rychlostí, kterými létalo břemeno těsně po odhozu, byla o 6 m/s vyšší u sportovců než v případě nespportovců. Toho dosáhli sportovci při všech způsobech vrhu s břemenem o hmotnosti 1 kg. Nejvyšší průměrná hodnota určující rozdíl mezi sportovci a nespportovci dosáhla rychlosti lehce přes 10 m/s. Tento výsledek byl získán při vrhu s rozběhem¹³¹.

Průměrné počáteční rychlosti vrhaných břemen ženskými sportovkyněmi a ženami, které se sportu vůbec nevěnují či pouze okrajově, se liší obdobně. Opět bylo v každé ze skupin po pětadvaceti ženách. I v tomto případě je jednoznačný lepší výkon sportovkyň, které s kilogramovým břemenem „přeházely“ nespportovkyně v průměru o 6 m/s. U lehčího břemene, tedy kamene s hmotností 0,5 kg se jedná o rychlost vyšší o 7 m/s. Tyto hodnoty jsou shodné pro každý z výše zmiňovaných způsobů vrhu.

Tak jako u počáteční rychlosti i zde je nezpochybnitelná větší úspěšnost sportovců nežli nespportovců. Nejčastěji se zde průměrné rychlosti těchto dvou skupin rozcházejí o 7 m/s. Dané odchylky bylo dosaženo při vrhu z místa s břemenem o hmotnosti 0,5 kg, zároveň též při vrhu bokem i s rozběhem, a to za využití 1 kg břemene. Nejnížší rozdíl v rychlosti tvoří 5,6 m/s, kdy byl vrh činěn z místa lehčím kamenem. Nejvyšší odchylka v rychlosti je tvořena 10 m/s, které bylo dosaženo při vrhu s rozběhem, opět s nižším váhovým zatížením.

Posledními zkoumanými hodnotami v rámci této hypotézy jsou průměrné dopadové rychlosti břemen vržených ženami. I v tomto případě vyšších rychlostí dosahovala břemena, která odhodily sportovně založené dívky a ženy.

Při počáteční rychlosti si vedli mužští sportovci zaměřením na hod lépe při vrhu bokem s oběma druhy břemen. V případě vrhu z místa vrchem či vrhu s rozběhem dosahovali vyšších rychlostí jen za využití těžšího břemene. S podlouhlým půlkilogramovým kamenem si pak vedli nejlépe muži, kteří se při své sportovní činnosti zaměřují na sílu rukou. Příčinu této skutečnosti dosud nedovedeme vysvětlit.

Výsledky dopadových rychlostí obkreslují výsledky získané z počátečních rychlostí vržených břemen muži sportovci. I zde mají lepší výsledky muži zaměřením na silové sporty při vrhu lehčího břemene vrchem z místa i s rozběhem. Zajímavý je však

¹³⁰ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹³¹ STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023.
JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

vývoj naměřených hodnot. Zatímco průměrná počáteční rychlost vrženého břemene z místa silovými sportovci byla oproti házenkářům vyšší o 4,1 m/s, při dopadu již rozdíl tvořil 9,2 m/s. Ve druhém případě, tedy při vrhu s rozběhem, zůstává diference mezi „siláky“ a házenkáři shodná pro počáteční i dopadovou rychlost břemene a činí 1,1 m/s¹³².

Poslední hypotéza se zabývala názorem, že trénování jedinci, jejichž sportovní výkony spadají do silových kategorií, budou dosahovat výrazně lepších výsledků na úrovni počáteční a dopadové rychlosti vrženého břemene o hmotnosti jeden kilogram, než ostatní probandi. I v tomto případě se nejprve zkoumaly počáteční rychlosti u břemen vržených muži. Výzkum potvrdil fakt, že „siloví sportovci“ dosahovali nejvyšších rychlostí pouze při vrhu lehčího z břemen, a to způsobem vrhání z místa horem a s rozběhem¹³³.

V případě žen se tato hypotéza mylí ještě více, nežli tomu bylo u mužů. Ženské silové sportovkyně si ve všech způsobech vrhu vedly podstatně hůře nežli házenkářky, a to s oběma typy břemen. Toto platí pro počáteční i dopadové rychlosti. Rozdíl mezi „siláčkami“ a házenkářkami se pohyboval mezi 6 a 10 m/s, přičemž se nejčastěji jednalo o 7 m/s. Oproti tomu rozdíl rychlostí letu břemen mezi silovými sportovkyněmi a nespportovkyněmi činí 3–4 m/s. Překvapivě jsou tedy blíže nespportovkyním nežli házenkářkám, kdy si zároveň často vedly hůře, než ostatní sportovkyně. Oproti tomu v případě mužů si siloví sportovci vedli vždy lépe než nespportovci alespoň o 6,5 m/s. Ve dvou případech mezi nimi činil rozdíl v průměrných rychlostech 15 m/s¹³⁴.

Jednoznačně se dá říci, že poslední hypotézu se nepovedlo prokázat. Otázku, proč si muži zaměřením na silové sporty vedli lépe, než jejich ženské protějšky, lze zodpovědět skutečností, že v případě mužů byly voleny sporty, u nichž se trénuje švih rukou, jako tomu je při bojových sportech nebo kanoistice. Mezi ženami byly pooldance tanečnice, gymnastky, dívky cvičící aerobik, u nichž dominuje statická síla. Tím je myšleno schopnost dívek udržet váhu svého těla po určitou dobu na rukou.

Ze tří stanovených hypotéz se jednoznačně podařilo potvrdit pouze jednu, která stanovovala, že trénování jedinci budou mít výrazně lepší výsledky nežli ti netrénovaní. Prokázala se při všech proměnných parametrech, tedy při všech typech vrhu i s oběma břemeny.

V druhé hypotéze jsme předpokládali, že trénování jedinci, kteří ke svému sportovnímu výkonu využívají hod či vrh, budou mít na první pohled znatelně lepší výsledky než sportovci, jejichž předností je jiná disciplína. Správnost této myšlenky byla vyvrácena silovými mužskými sportovci, kteří s břemenem o hmotnosti 500 g byli schopni vyvinout nejvyšší počáteční i dopadovou rychlost při vrhu z místa, stejně tak i s rozběhem, než tomu bylo v případě házenkářů. U ostatních hodů se pravdivost hypotézy potvrdila, a to konkrétně při vrhu z místa, bokem i s rozběhem, v případě, že bylo použito kilogramové břemeno muži i ženami. U žen se správnost tvrzení potvrdila

¹³² STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023.
JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹³³ JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹³⁴ STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023.
JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

také při vrhu lehčího z břemen. Muži tuto hypotézu s lehčím břemenem potvrdili pouze při vrhu bokem. Příčinu nesouladu teze v případě mužských sportovců s lehčím břemenem se autorce nepodařilo zjistit.

Poslední z hypotéz pak byla naprosto jednoznačně vyvrácena. Autorka práce věřila, že trénovaní jedinci, jejichž sportovní výkony spadají do silových kategorií, budou dosahovat výrazně lepších výsledků na úrovni počáteční a dopadové rychlosti vrženého břemene o hmotnosti jeden kilogram, než ostatní probandi. Tento předpoklad vycházel z faktu, že kilogramový kámen je již na házení poměrně těžký, v čemž měli mít siloví sportovci výhodu. V případě žen si silové sportovkyně nevedly ani zdánlivě dobře, kdy dosahovaly rychlostí jen o 3 m/s vyšších než nespportovkyně. U mužů byly výkony poněkud lepší, přesto se ani v jejich případě hypotéza nepodařila prokázat. Jediným přiblížením k této myšlence je skutečnost, že muži zaměřením na sílu si vedli ze všech probandů nejlépe při vrhu lehčího břemene vrchem z místa a v pohybu¹³⁵.

3.2 Vliv alkoholu na reakční dobu

Alkohol se z hlediska toxicity zařazuje mezi nejnebezpečnější drogy. Jako droga samotná ale není označován, proto si málokterý člověk uvědomuje, jak je nebezpečný. Dle psychologů je to nejspíše tím, že člověk nemá alkohol spojený s přímým ohrožením života, tudíž ho nepovažuje za tolik nebezpečný. Můžeme dát za příklad dopravní prostředky: málokterý člověk si řízení automobilu spojí se smrtelným nebezpečím, proto se nebojí pod jeho vlivem řídit a na silnicích se cítí poměrně bezpečně. Přitom o mnoho více lidí má strach z létání, i když pravděpodobnost, že může zemřít při dopravní nehodě, je přibližně desetkrát až patnáctkrát vyšší než že havaruje letadlo.

Vliv alkoholu na organismus je studován z mnoha hledisek, ve forenzním pohledu je významné zjistit, jak požití alkoholu ovlivňuje reakční a motorickou činnost. Tyto aspekty jsou relevantní při posuzování různých trestných činů násilné povahy. Obecně se uvádí, že alkohol prodlužuje dobu reakce, zvyšuje agresivitu útoku a celkově působí jako kriminogenní faktor.

Vědecké studie se shodují, že účinek alkoholu na fyziologické funkce člověka závisí na mnoha faktorech. Jedním z nejzásadnějších faktorů je množství alkoholu, dále pak vliv prostředí, druh alkoholického nápoje, délka abúzu a individuální reakce na příjem alkoholu¹³⁶.

Konzumenti se většinou snaží dosáhnout stavu tzv. euforie, kdy jsou výřečnější, šťastnější, více uvolnění, snadněji navazují společenský kontakt a lépe dosahují sexuálních prožitků. Právě tyto příjemné účinky mohou konzumenti vyhledávat opakovaně. Souběžně se změnami nálad dochází i k fyziologickým změnám – zrychlený puls, zvýšený tlak a zvýšená tvorba moči.

Díky velké toleranci k alkoholu a alkoholovým stavům v České republice je alkohol velmi tvárným kriminogenním faktorem. Malé výkyvy v chování v závislosti

¹³⁵ STRAUS, J. *Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*. Závěrečná výzkumná zpráva. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2023.

JÍCHOVÁ, N. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

¹³⁶ KALINA, K. *Klinická adiktologie*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978- 80-247-4331-8. SKÁLA, J. *Závislost na alkoholu a jiných drogách*. Praha: Avicenum, 1987. ISBN 08-077-87.

na konzumaci alkoholu nejsou trestány. Naopak závislost je brána jako velice problematická společenská vada¹³⁷.

Alkohol také odbourává zábrany a tlumí vnímání bolesti. To může vést k širšímu vnímání emočních prožitků. Stejně tak jako přemíra sebevědomí může vést k agresivitě, která potenciálně končí násilnými a krutými činy. Spáchané trestné činy se tedy často projevují surovostí, bezohledností a agresivním jednáním.

Nejčastějším rysem užívání alkoholu je právě agresivní chování. Alkohol působí na normální fungování mozku, redukuje určité procesy a jiné naopak posiluje, jak bylo zmíněno výše. Oslabují se především mechanismy, které mají zabránit impulsivnímu jednání a zároveň může uživatel alkoholu nesprávně posoudit jednání okolí a pocítit ohrožení, ačkoliv by za střízlivá posoudil situaci jinak. Pokud se na to podíváme skrze studie, nalezneme, že například u mužů zvyšuje alkoholismus riziko vraždy až 10krát a u žen dokonce 50krát více nežli je běžné. Tato studie proběhla ve Finsku v roce 1994. Zjistilo se také, že pod vlivem alkoholu bylo spácháno více než 50 procent všech vražd a 39 procent všech vražd má diagnostikovaný alkoholismus¹³⁸.

Mezi běžné nežádoucí účinky krátkodobého charakteru při intoxikaci alkoholem patří například nevolnost, porucha rovnováhy, zhoršení koordinace ruka-oko, snížená regulace tělesné teploty, zpomalení reakčního času, zvracení, točení hlavy, porucha svalového tonu, pocit únavy, ospalost a smutek. Intoxikovaný může mít poruchy chování spojené s agresivitou a zhoršením úsudku, což by mohlo vést k nejrůznějším nehodám či ke sklonům k sebevraždě. Výjimečným stavem je takzvaná patická opilost, nastávající již po vypití malé dávky alkoholu, která by za normálních okolností nezpůsobovala u většiny lidí intoxikaci, avšak za zvláštních podmínek (horko, hladovění, intolerance, infekce) dochází k poruše vědomí.

Alkohol se dostane do organismu nejčastěji trávicí soustavou. Po požití je možné vstřebat alkohol v celé trávicí soustavě a prvotní vstřebávání započne již v dutině ústní¹³⁹. Pokud hovoříme o různých fázích intoxikace alkoholem, můžeme to označit jako „hladinu alkoholu v krvi“. Tato míra se odvíjí nejenom od množství a typu požitého alkoholu, ale také od tělesné váhy konzumenta a rychlosti absorpce a detoxikace¹⁴⁰.

Alkohol působí na centrální nervový systém, ve kterém převážně tlumí. Již v malém množství požitého alkoholu jsou patrné jeho účinky na rychlost reakcí, koordinaci pohybu, vnímání a úsudek.

Odborná literatura nemá jednotné vymezení hraničních hodnot alkoholu v krvi, běžně se intoxikace rozděluje do čtyř stádií¹⁴¹, a to: 1. Lehká opilost (1,00–1,49 ‰) – excitační stadium; 2. Opilost středního stupně (1,50–1,99 ‰) – hypnotické stadium; 3. Těžká opilost (2,00–2,99 ‰) – narkotické stadium. Intoxikaci je možné rozdělit na více stádií podle podílu etanolu v krvi:

¹³⁷ VÁGNEROVÁ, M. *Psychopatologie pro pomáhající profese: variabilita a patologie lidské psychiky*. Praha: Portál, 1999.

¹³⁸ HÖSCHL, C., LIBIGER, J., ŠVESTKA, J. *Psychiatrie*. Praha: Tigis, 2004.

¹³⁹ WASZKIEWICZ, N., ZALEWSKA, A., SZULC, A., KEPKA, A., KONARZEWSKA, B., ZALEWSKA-SZAJDA, B., CHOJNOWSKA, S., WASZKIEL, D., ZWIERC, K. Wpływ alkoholu na jamę ustną, ślinianki oraz ślinę [The influence of alcohol on the oral cavity, salivary glands and saliva]. *Pol Merkur Lekarski*. 2011 Jan; 30(175):69-74. Polish. PMID: 21542250.

¹⁴⁰ PELCLOVÁ, D. *Nemoci z povolání a intoxikace*. 2. vydání. Praha: Karolinum, 2006. 207 s.

¹⁴¹ KALINA, K. *Klinická adiktologie*. Praha: Grada Publishing, 2015.

1. Subklinické stadium: 0,2–0,5 ‰ - nulové příznaky až lehká euforie, alkohol je povětšinou cítit z dechu.
2. Euforické stadium: 0,5–1 ‰ - lehká euforie, vzestup sebedůvěry, odstranění sociálních zábrán, mírné poruchy svalové koordinace, prodloužení reakčního času, snížení pozornosti.
3. Pomezí excitačního a hypnotického stadia: 1–2 ‰ - lehký až střední stupeň opilosti, ztráta sebekontroly, emoční labilita, mnohomluvnost, ztráta kritického úsudku, poruchy koordinace a rovnováhy.
4. Konfuzní stadium: 2–3 ‰ - těžká opilost, zmatenost, výrazné poruchy chápání, chůze i zraku, zmatečná řeč, pokles vnímání bolesti, apatie.
5. Stuporózní stadium: 3–4 ‰ - závažná intoxikace, neschopnost chůze, nevolnost, zvracení, poruchy vědomí nebo spánek, někdy průjem, krvácení do gastrointestinálního systému, inkontinence moči i stolice, počínající symptomy obrny dechového a oběhového centra, pokles tlaku, hypotermie.
6. Komatózní stadium: >4 ‰ - většinou bezvědomí, extrémně snížená až zastavená reflexní aktivita, rigidita končetin, křeče, hypotermie, oběhový kolaps, možnost úmrtí na zastavení dechu nebo zástavy srdce¹⁴².

Volní reakce na podnět jsou mnohem složitější než reflexy a vyžadují účast vyšších mozkových funkcí. Při volních reakcích je signál z oka nebo jiného smyslového orgánu, resp. několika smyslových orgánů zároveň, poslán do motorických center mozku, která jej zpracují, určí podstatu odezvy a transportují daný pokyn svalům, jež následně vykonají reakci, a to po uplynutí určitého časového intervalu. Na zadaný podnět však nereaguje člověk svalovou reakcí bezprostředně, ale s určitým zpožděním. Délka reakční doby je fyziologicky ohraničena a do jisté míry ovlivňuje rychlost celého pohybového úkonu (fakticky celkového trvání pohybu), což je nesmírně důležité zejména pro pohybové akty velmi krátkého trvání, řádově sekundy. Reakční rychlost je také mimořádně významná při řešení výběrových motorických činností, při nichž dochází k zapojení velkých svalových skupin.

Nejjednodušeji vzato je reakční doba čas, který uplyne od počátku vnímání podnětu do počátku vykonávání odezvy na tento stimul. Rozšířený pojem reakční schopnosti přinesla publikace *Human Factors Design Handbook*¹⁴³ vymezující jednoduchý reakční čas jako nejkratší možný čas mezi momentem, kdy smysly detekují podnět a časem, v němž tělo začne vykonávat odezvu, přičemž komplexní reakční doba zahrnuje aditivně proces lidského myšlení. Dále je charakterizován tím, že úlohu, jejímž výstupem má být komplexní reakční čas, tvoří několik stimulů s odlišnými mody odezev¹⁴⁴.

Distribuce jednoduchých reakčních časů a výběrových reakčních časů s jednoduchou motorickou odezvou odhaluje ten fakt, že vizuální informační proces je nejdůležitější částí reakční schopnosti člověka. Výběrový reakční čas navíc zahrnuje

¹⁴² TIS – toxikologické informační středisko, dostupné z: <https://www.tis-cz.cz/index.php/informace-pro-verejnost/alkohol>

¹⁴³ WOODSON, W. E., TILLMAN, B., TILLMAN, P. *Human Factors Design Handbook*. New York: McGraw-Hill Professional, 1991, s. 630.

¹⁴⁴ STRAUS, J. Vliv alkoholu na reakční dobu a motorické chování člověka. *Drugs and Forensics bulletin NPD*. Praha: Policie České republiky, Národní protidrogová centrála SKPV, 2023, XXIX, 3/2023, s. 4–12.

proces rozhodování, který logicky zapříčiňuje zpoždění, čímž v porovnání s jednoduchým reakčním časem vzrůstá celková reakční rychlost. Navíc čas potřebný pro rozhodnutí je nejvíce variabilní komponenta reakční rychlosti. Nicméně právě tento rozdíl poskytuje aproximaci určení intervalu doby rozhodování⁹, a sice podle konkrétních podmínek, resp. počtu a druhu působících faktorů. Jako nejpodstatnější faktor zde vystupuje druh podnětu, neboť právě potřeba činění rozhodnutí na základě více či méně standardního podnětu činí tuto komponentu nestálou oproti komponentám jiným¹⁴⁵.

Celkový reakční čas lze vyjádřit jako součet doby trvání vizuální percepce a doby trvání rozhodování, na něž bezprostředně navazuje samotná motorická odezva. Vizuální percepce zahrnuje interval potřebný pro detekci stimulu od doby, kdy jej bylo možné detekovat, zatímco doba rozhodování reprezentuje čas potřebný pro výběr a rozhodnutí o odezvě. Poté tělo započne výkon příslušné odezvy. Nad rámec definice reakčního času se staví čas potřebný pro svalový pohyb, který nicméně tvoří neopomenutelnou kategorii, neboť zkoumání pouze reakční rychlosti bez zájmu o motorické odezvy by pozbylo pro forenzní zkoumání praktického významu.

Vyjádření reakční rychlosti v termínech těchto komponent je následující:

$$t_{rt} = t_p + t_r,$$

kde t_{rt} ...reakční čas

t_p ...čas potřebný pro percepci

t_r ...čas potřebný pro rozhodování

Z hlediska relevantní události, ať už se jedná o dopravní nehody či analýzu střetného boje, může tvořit vedle těchto komponent další významnou kategorii latence způsobená přístrojem. Jestliže člověk totiž vykonává odezvu pomocí přístroje, pak tento tvoří spolu s člověkem nerozdílný systém a nelze pokládat za relevantní výlučně dobu trvání reakce člověka. Nejčastěji se vzhledem k uvedeným příkladům jistě jedná o dopravní prostředek či o palnou zbraň. Nejvýznamnější druhy percepce představuje zrakové a sluchové vnímání.

Pro ilustraci dále přikládám výsledky měření NOVÁKA, SKOUPÉHO, ŠPIČKY¹⁰ (1991) týkající se úzce této problematiky, viz tabulka 1. Z uvedených reakčních dob je patrné, že pokusná osoba reaguje na něco, co předchází vzdalování protivníkovy nohy od podložky. Tato měření byla prováděna v tělocvičně při běžném večerním osvětlení. Měřením bylo potvrzeno, že úroveň osvětlení a jeho umístění značně ovlivňují schopnost pokusné osoby reagovat. Při dobrém osvětlení ze správného směru prostá reakční doba na nestandardní signál, jehož substrátem je výpad následovaný kopem, nabývá i záporných hodnot. Za konvenční počátek akce je brán okamžik, kdy se noha útočníka začala vzdalovat od podložky. Poslední nevratné změny přípravy pokusné osoby k provedení následné akce se však dají za těchto podmínek velmi spolehlivě

¹⁴⁵ DEMIRARSLAN, H. Visual information processing and response time in traffic-signal cognition. [online]. [cit. 9. 10. 2008]. Dostupné z: <http://stinet.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA248165&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>

identifikovat již 0,5–2 sekundy před stanoveným počátkem pohybu útočníka, což pro potřeby praxe stačí¹⁴⁶.

Tab. 3.13: Konvenční prostá reakční doba před vybranými bojovými akcemi¹⁴⁷

Druh reakce po expozici standardního vizuálního signálu	Konvenční prostá reakční doba (ms)	
	Nejkratší	Běžné
Stisknutí tlačítka	153	180–200
Přímý úhoz vzdálenější paží	211	270–330
Úhoz stranou	229	270–330
Vnější rotační úhoz	228	260–290
Obloukový kop zdola vzdálenější nohou z bojového střehu	220	240–280
Kružný kop zdola do výšky holeně protivníka bližší nohou	300	300–380
Výpad z bojového střehu o stopu vpřed	226	260–300
Výpad z bojového střehu o stopu vzad	210	260–280
Kryt zdola předsunutou paží z bojového střehu	203	220–250
Kryt shora předsunutou paží z bojového střehu	211	230–250
Úhyb hlavou vzad	211	230–260
Úhyb hlavou stranou	201	230–280

Činitele determinující reakční čas lze klasifikovat podle mnoha kritérií, přičemž mezi relevantní jak z hlediska teorie, tak z hlediska praxe převažují – alkohol, stimulační léky, resp. drogy, věk, trénink, únava, prostorová orientace vůči podnětu, varování přicházejícího stimulu a tenze. V dalším nás primárně zajímala otázka změny reakční doby vlivem hladiny alkoholu.

Alkohol snižuje rychlost informačních procesů, jednoduchých, výběrových a rozpoznávacích reakčních časů v rámci experimentů vyžadujících jako odezvu jednoduchou motorickou reakci. V neposlední řadě též rozdílně narušuje kognitivní schopnosti vyššího řádu, což je předpokladem pro negativní determinaci komplexních motorických odpovědí.

Zjištění doby reakce intoxikovaných osob alkoholem jsme zjišťovali experimentální cestou. Hlavním cílem experimentu bylo zjištění reakčních časů člověka v experimentu zaměřeném na komplexní reakční čas výběrový s komplexní motorickou odezvou. Vedle tohoto cíle jsme se zaměřili na kvantifikování a vyjádření

¹⁴⁶ STRAUS, J. Vliv alkoholu na reakční dobu a motorické chování člověka. *Drugs and Forensics bulletin NPD*. Praha: Policie České republiky, Národní protidrogová centrála SKPV, 2023, XXIX, 3/2023, s. 4–12.

¹⁴⁷ NOVÁK, J., SKOUPÝ, O., ŠPIČKA, I. Sebeobrana a zákon. Praha: Klavis, 1991, s. 16–21.

závislostí reakčního času na množství požitého alkoholu, připravenosti způsobené distrakcí subjektu a intenzitou audiálnímu stimulu. Další úkol spočíval ve vyjádření časového trvání prováděného úhozu z klidové pozice, a to jednak do volného prostoru, jednak do tuhého tělesa. Stejně tak se jevila jako žádoucí, vzhledem ke stanoveným cílům, konfigurace experimentu tak, aby podnět charakterizovala jeho náhodnost způsobená prostorovou a časovou neurčeností při exponování.

Znaky náhodného podnětu pro účely tohoto pokusu: podnět z definované množiny stimulů, s jejímž obsahem byl subjekt před započítím experimentu seznámen, přičemž každému z těchto podnětů byla přiřčena jediná správná odezva, jejíž nejdůležitější charakteristikou je komplexní motorická odezva na rozdíl od typických schémat používaných v experimentální psychologii, zde mezi podněty nejsou konstantní časové intervaly, resp. téměř konstantní intervaly (Experimentální psychologie používá časové intervaly mezi podněty, jejichž trvání se pohybuje v rozmezí cca 500–3500 ms, čímž subjekt zákonitě, alespoň v některých případech, sníží reakční dobu díky sekvenčnímu efektu), čímž dochází k eliminaci tzv. sekvenčního efektu. V tomto experimentu jsme naproti tomu pracovali s časovými intervaly se spodní hranicí řádově od desítek milisekund až po více než minutové horní hranice.

Taktéž důležitým faktorem pro náhodnost podnětu se jeví skutečnost, že docházelo ke změně charakteru stimulu, tj. střídavě byl exponován podnět audiální (z hlediska komplexnosti unimodální) s audiovizuálním (z hlediska komplexnosti bimodální), a zcela náhodně participoval též podnět nedefinovaný, na nějž subjekt neměl reagovat vůbec. Průběžně docházelo i k substituci prostorového umístění zdroje podnětu, opět z důvodu zachování variability vzhledem k subjektu.

Experimentu se zúčastnilo 25 dobrovolníků reprezentujících skupinu velmi dobře trénovaných osob. Praktická část výzkumu byla uskutečněna v úpolové tělocvičně. Experimenty a měření u všech dobrovolníků trvaly celkově zhruba 60 minut. Vzhledem k charakteru experimentu se vyskytoval pouze komplexní reakční čas prostý a výběrový, který vyžadoval komplexní motorickou odezvu.

Instrukce byly subjektům prezentovány před započítím experimentu. Jednalo se o nástin zaměření experimentu, tj. orientace na výzkum reakčních časů na náhodný podnět, který vyžaduje složitou motorickou reakci. Dále instrukce spočívala ve vymezení podnětů Úder, toč, kop, záda, natažení závěru pistole CZ vz. 75, břicho, sed, leh, klik.

Výslovně bylo určeno, že na jakýkoliv další podnět nemají reagovat. Takové instrukce zakládají charakter experimentu výběrového typu – subjekt reaguje na podněty, na něž musí vybrat správnou reakci, a navíc odlišit nežádoucí podněty. Pokud docházelo k typům prostým, docházelo k tomu takovým způsobem, kdy subjekt vykonal „neutrální reakci, prostý pohyb“ a teprve během pohybu modifikoval celý proces ke korektní odezvě. V takovém případě jsem určil hodnotu prosté reakční rychlosti a následně též latenci, která určuje, za jaký časový interval subjekt od počátku jednoduché reakce začal vykonávat samotnou reakci relevantní k danému pokynu. Za výběrovou reakční dobu pak pokládám samozřejmě čas souhrnný, s nímž nadále v rámci analýzy závislostí pracuji.

Exponování zvuku závěru nastávalo výlučně v dorsálním směru vůči subjektu. Kritériem pro zvolení uvedených podnětů spočívajících ve slovním vyjádření byl požadavek na relativně stejnou délku trvání pokynů, čemuž byl podřízen i způsob formulace zadání, jehož objektivní podstata nemusela být ihned zřejmá. Proto subjekt dostal patřičné poučení o příslušné správné odpovědi. V případě užití výstižnějších,

avšak výrazně odlišných signálů co se týče délky, by mohlo mnohem pravděpodobněji docházet k detekci neurčitěho signálu, čímž by subjekt získal podmínky pro vykonání prostého reakčního času, a v rámci jeho výkonu by mezitím došlo k exponování celé informace, čímž by „upřesnil“ svou odezvu, tj. vykonal požadovanou odpověď. Jinými slovy lze říci, že ve prospěch subjektu by působil faktor varování přicházejícího stimulu, jímž je výlučně pozitivně determinující činitel reakční rychlosti.

Hladina alkoholu v krvi byla měřena přístrojem pro detekci alkoholu v dechu – Alkohol Tester, nicméně pro eliminaci alkoholu v dechu subjekt po dobu zhruba 10 minut prováděl cvičení, jehož cílem bylo odstranit alkohol z dechu a urychlit vstřebání alkoholu do krve.

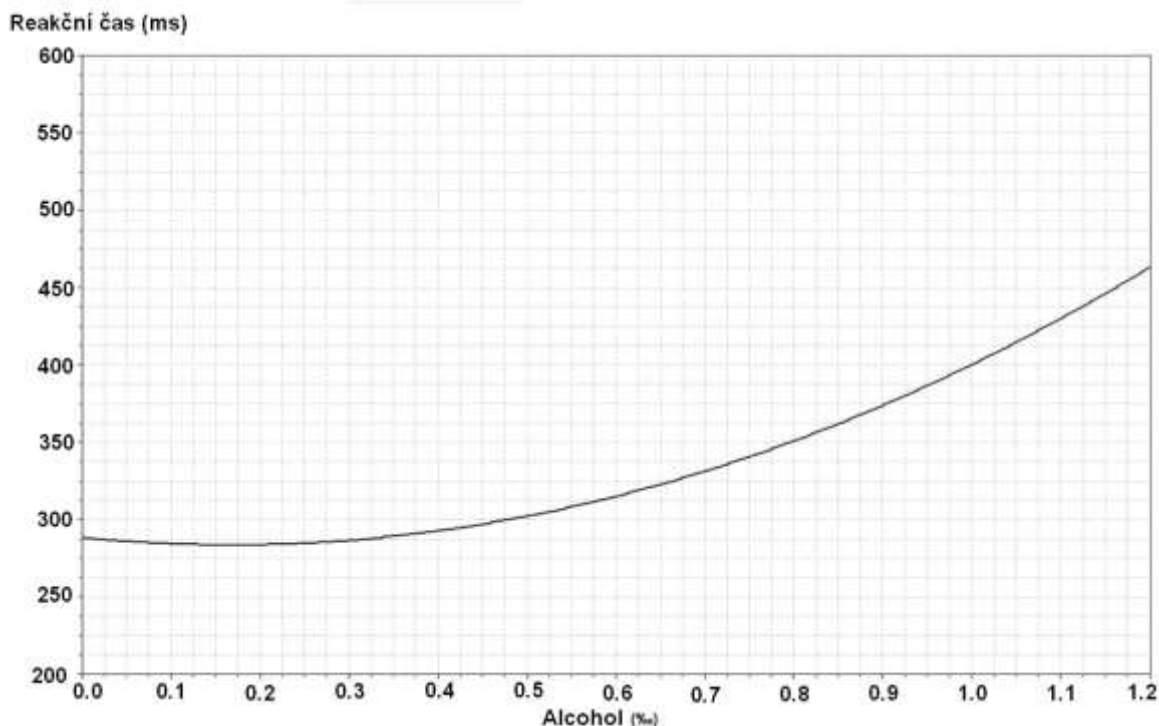
Samotné metody analýzy dat spočívaly v tom, že ze získaného videozáznamu jsem extrahoval v maximální kvalitě nezměněnou zvukovou stopu. Videozáznam jsem analyzoval v programu VirtualDubMod 1.5.10.2 build 2540. Záznam sloužil k určení okamžiku, v němž subjekt začal reagovat, což vzhledem k použitým metodám videozáznamu znamenalo přesnost 40 ms. Díky funkci zrušení prokládání byla nakonec vytvořena sekvence po 20 ms znamenající tuto mezní chybu při měření výstupu. Vstup, tj. počátek exponování stimulu, jehož podstatou byl audiální signál, jsem pro vyšší přesnost a pro možnost další analýzy stopy analyzoval programem Audacity 1.2.6, který již pracoval pouze se zvukovou stopou, a umožnil bez problémů pracovat na časové ose s rozlišením i nižším než 1 ms, tato citlivost vzhledem k okolnostem byla optimální¹⁴⁸.

U každého ze stimulů byla požitá analýza zvuku, která zahrnovala zjištění intenzity audiálního podnětu (vyjádřeno v jednotkách dBFS, hladina 0 dBFS odpovídá maximální intenzitě), analýzu frekvencí signálu (frekvenční analýza) a jeho kompletního spektra (spektrogram). Frekvenční analýzy a spektrogramy samozřejmě nenabývají primárního významu z hlediska účelu práce, avšak v rámci komplexního zpracování zadaného tématu pokládám jejich zařazení za významné.

Průměrný reakční čas všech subjektů při nulové hladině alkoholu dosahoval hodnoty 395,27 ms ($\sigma = 113,37$). Tato hodnota reprezentuje průměr všech hodnot bez rozlišení¹⁴⁹.

¹⁴⁸ STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress. STRAUS, J. *Forenzní biomechanika. Teoretické, experimentální a empirické metody*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2021. 204 s. Edice SCIENCEpress.

¹⁴⁹ STRAUS, J. Vliv alkoholu na reakční dobu a motorické chování člověka. *Drugs and Forensics bulletin NPD*. Praha: Policie České republiky, Národní protidrogová centrála SKPV, 2023, XXIX, 3/2023, s. 4–12.



Obr. 3.5: Graf závislosti reakčního času na hladině alkoholu¹⁵⁰

Grafické znázornění, stejně jako samotné koeficienty rovnice, vypovídá o tom, že funkce nabývá minima nikoliv v nule, nýbrž dále ve směru ke kladným hodnotám osy x . Jinými slovy, tato analýza experimentálně zjištěných hodnot naznačuje excitační efekt alkoholu pro velmi nízké hladiny alkoholu v krvi, konkrétně pro 0,17–0,23 ‰.

3.3 Vliv alkoholu na volní motorickou činnost

Pro experimentální měření jsme zvolili volní motorickou činnost při hodů břemenem. Jedná se o poměrně pohybově jednoduchou činnost, která se často řeší při znaleckém zkoumání. Zajímala nás otázka vlivu alkoholu na odhodové schopnosti dospělých mužů. V praxi se občas řeší otázka rychlosti hodů nějakého předmětu na hlavu osoby nebo na nějaký předmět, např. pachatel hodí kámen na bok vozidla a poškodí jej. V takových případech je rychlost letícího předmětu zcela zásadní pro predikci dopadové energie a intenzity poškození, případně stanovit míru zranění či smrti zasažené osoby.

Pro hod byly použity dva předměty - cihla (hmotnost 2,75 kg, délka 25 cm, šířka 12 cm, výška 6 cm) a kladivo (hmotnost 2 kg, délka 35 cm). Všichni figuranti používali obě břemena při všech svých hodech.

¹⁵⁰ STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress. STRAUS, J. *Forenzní biomechanika. Teoretické, experimentální a empirické metody*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2021. 204 s. Edice SCIENCEpress.



Cihla - hmotnost 2,75 kg, délka 25 cm, šířka 12 cm, výška 6 cm



Kladivo - hmotnost 2 kg, délka 35 cm

Obr. 3.6: Použitá břemena

Pro měření vzdálenosti vrženého břemene bylo využito sklolaminátové pásmo o délce třiceti metrů. To bylo napnuto, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Zajištěn byl vždy první dopad odvrženého břemene, nikoli jeho finální poloha. Při zjišťování výšky, ze které bylo břemeno vrženo, byl použit svinovací metr o délce tří metrů, kterým se změřila vzdálenost dlaně upouštějící břemeno od země. Každý proband byl dopředu seznámen se všemi podrobnostmi experimentu, než udělal souhlas s účastí.

Experimenty byly prováděny stejným způsobem jako předešlé. Tedy na zatravněné ploše dlouhé několik desítek metrů. Při výběru terénu se opět kladl důraz na rovnost a měkkost povrchu, na kterém byl výzkum proveden, a to z důvodu nezkrusování naměřených dat. Proband byl postaven na začátek pásma, bylo mu podáno první břemeno, v tomto případě cihla, a následně byl požádán o provedení prvního způsobu vrhu, čímž byl vodorovný vrh z místa, horním náprahem. Přísně bylo dbáno, aby břemeno odletělo z ruky vodorovně, nikoli obloukem. Ihned po odhozu byla probandovi změřena výška ruky v místě, kde břemeno odhodil. Zaznamenána byla také dopadová vzdálenost vrženého břemene. Každý z hodů byl třikrát opakován, aby se pro účely této práce i vědeckého projektu využil vždy pouze nejdelší z vrhů. Taktéž probíhala fotodokumentace většiny pokusů a videozáznam se souhlasem figurantů.

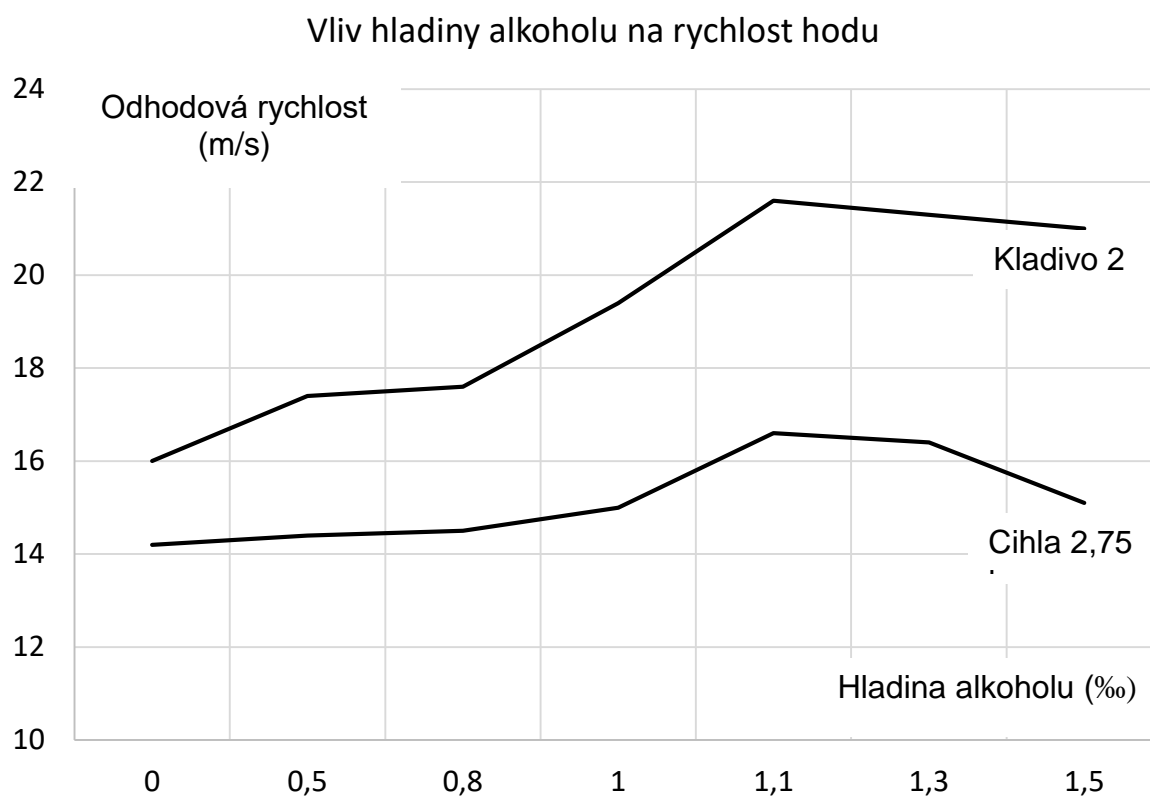
Data získaná při výzkumu, tedy výška ruky upouštějící břemeno a délka mezi probandem a dopadem odvrženého břemene, byla následně zasazena do vzorců o vodorovném vrhu. Touto formou byla vypočtena odhodová a případně i dopadová rychlost jednotlivých vrhů, a to u všech probandů, všech způsobů vrhu a se všemi použitými břemeny. Odhodovou rychlost jsme vypočetli pro kinematiku vodorovného vrhu, kdy za známé veličiny byly brány vzdálenost dopadu břemene a počáteční výška vrhu.

Experimentů se zúčastnilo celkem 20 mužů. V následující tabulce je uvedena bližší charakteristika souboru a popisné statistiky antropometrických dat probandů.

Tab. 3.14: Popisná statistika celkového vzorku

	Věk (roky)	Výška (cm)	Hmotnost (kg)
Průměr	30,48	174,16	77,58
Směrodatná odchylka	15,20	8,34	17,77
Medián	23,50	174,00	75,00
Minimum	16,00	158,00	47,00
Maximum	75,00	195,00	125,00

Pokusným osobám byl postupně podáván alkohol, a to pivo 11° (4,7 % alk.) a 1 dcl rumu (37,5 % alk.) a měřena hladina alkoholu v dechu. Začátek měření byl proveden při střízlivém stavu a postupně jsme opakovali hody se zvyšující se hladinou alkoholu, až do hladiny 1,5 ‰ alkoholu. Výsledky jsou zcela jasně vyznačeny na obr. 3.7.



Obr. 3.7: Graf výsledků celkové průměrné dopadové rychlosti při hodu cihlou a kladivem

Z grafu 3.7 je zřejmé, že se odhodová rychlost zvyšovala do hodnoty alkoholu 1,1 ‰, poté docházelo ke snížení rychlosti.

Je nesporné, že alkohol výrazně ovlivňuje jak dobu reakce, tak dobu rozhodování před vlastní motorickou činností. Nezanedbatelný je i fakt, že hladina alkoholu ovlivňuje zvolenou motorickou činnost při hodu nějakého předmětu.

Alkohol ovlivňoval celý soubor komponentů reakčního času, resp. i celkového trvání akce. Zajímavé výsledky poskytla analýza vlivu alkoholu na reakční rychlost, kdy subjekty byly v průměru nízkými hladinami dokonce excitovány, konkrétně při hladině alkoholu v krvi cca 0,08 ‰. Následně docházelo k negativní determinaci dosahující při cca 0,4 ‰ a výše poměrně vysokých hodnot. Analýza experimentálně zjištěných hodnot naznačuje excitační efekt alkoholu pro velmi malé hladiny alkoholu v krvi, pro 0,17–0,23 ‰.

Lze konstatovat, že rychlost odhozeného břemene narůstá do hodnoty alkoholu 1,1 ‰, poté začíná klesat. Při měření se neprokázal výrazný rozdíl mezi věkovými skupinami, tělesnou výškou a váhou probandů¹⁵¹.

¹⁵¹ Děkuji tímto figurantům a spolupracovníkům, kteří se podíleli na přípravě experimentální části projektu. Uvedené výsledky vznikly za podpory vědeckého projektu SVV VŠFS „Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti“ a je evidován pod číslem 7427/2022/01.

4. Kriminalistický experiment ve forenzních vědách

Objasňování a vyšetřování trestné činnosti s sebou přináší okamžiky, kdy je potřeba ověřit určité hypotézy, které jsou spojeny se vznikem stop či vznikem informací v nich. Stává se, že kriminalisté potřebují prověřit pochybnosti o možnosti provedení či neprovedení určité činnosti pachatele, možnosti nebo nemožnosti existence určitého děje, jevu, události nebo činností spojených s kriminalisticky relevantní událostí. Kriminalistická věda k tomuto procesu poznání využívá kriminalistický experiment, jako jednu z kriminalisticko-taktických metod.

Experiment se mimo kriminalistiku používá také v jiných vědních oborech, jde o obecnou metodu poznání. Pomocí experimentu lze poznávaný předmět umístit do předem vytvořených podmínek, nebo tyto podmínky měnit dle předem stanoveného postupu. Díky tomu lze zkoumat a zadokumentovat vliv změny podmínek na předmět zkoumání. Zásadní odlišností kriminalistického experimentu od experimentu v ostatních oborech je ten, že kriminalistický experiment probíhá v podmínkách každodenního života a jedná se o části kriminalisticky relevantních jevů. Je zde také nutné dodržet zákonné podmínky. Jednou z předností vyšetřovacího experimentu je skutečnost, že jej lze opakovat a tím zdokonalovat jeho provedení.

Experimentální metoda je v kriminalistice využívána v podstatě ve dvou rovinách:

- Stejně jako v jiných vědních oborech za účelem získání nových poznatků, zkoumání skutečností a jevů za účelem poznání jejich podstaty, zjištění příčinných vztahů apod.
- Jako jedna z metod poznání a dokazování skutkového stavu věci v trestním řízení.

Lze tedy říci, že první rovina spočívá ve zjišťování a zkoumání různých zákonitostí ve vztahu ke změnám uměle vytvořených podmínek. Tyto zákonitosti mohou být později využity při vyšetřování trestných činů nebo při odhalování pachatelů. Druhá rovina je již spjata s konkrétním trestním řízením, tedy s daným trestným činem. Podmínky vyšetřovacího pokusu budou vycházet z výpovědi svědků, podezřelého a z ohledání místa činu.

Pomocí kriminalistického experimentu lze uměle vyvolat (zrekonstruovat) jevy nebo děje analogické těm, které se již v minulosti staly, jako součást trestného činu, za účelem jejich zkoumání.

„Je třeba mít na zřeteli, že není možné rekonstruovat celou událost, všechna jednání, fakta nebo jen některé jejich stránky, protože celý trestný čin nelze in natura rekonstruovat, aniž bychom spáchali nový skutek, který by byl v řadě případů společensky stejně nebezpečný jako původní trestný čin.“¹⁵²

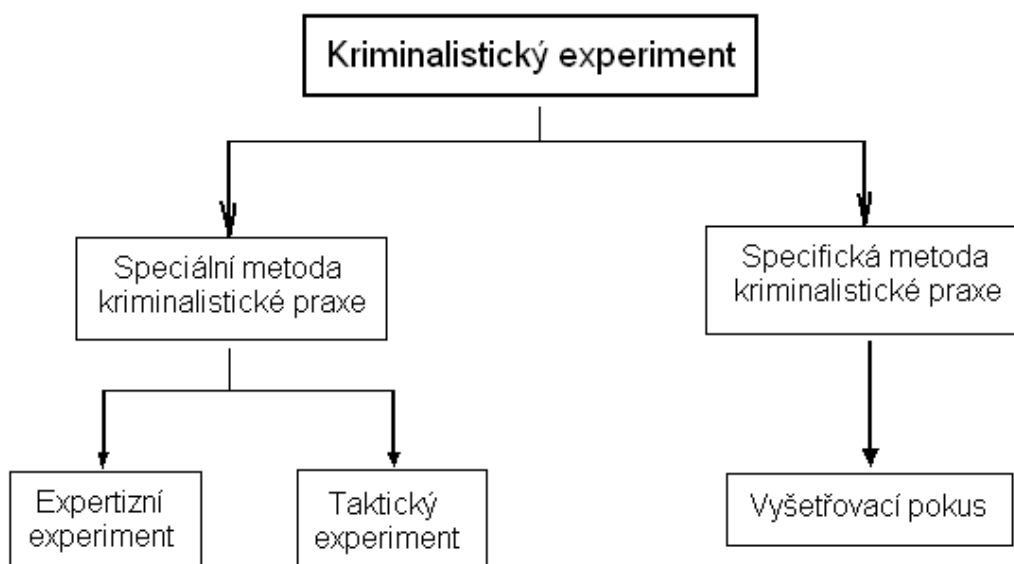
Ale pomocí této metody lze i vytvářet nové jevy a děje, abychom na ně v případě potřeby mohli při vyšetřování adekvátně reagovat (například zvolit správnou taktiku vyšetřování). Závěry z experimentů mohou být využity nejen přímo pro potřeby kriminalistiky, ale dokonce jako podklad pro novelizaci právních předpisů například v oblasti trestního práva. I když v této oblasti se pravděpodobně vyskytují méně často.

¹⁵² PRERAD, V. *Vyšetřovací experiment*. Praha: Ministerstvo vnitra ČSSR, 1972, str. 17.

Kriminalistický experiment je metoda kriminalistické praktické činnosti, spočívající v pokusném vyvolávání a zkoumání kriminalisticky relevantních jevů, činností a fragmentů událostí v uměle vytvořených a cílevědomě měněných podmínkách za účelem poznání a dokázání skutkového stavu věci. Jako specifická metoda kriminalistické praxe se uplatňuje kriminalistický experiment ve formě vyšetřovacího pokusu. Jako specifická metoda kriminalistické praxe se uplatňuje kriminalistický experiment v procesu poznání trestného činu ve formě vyšetřovacího úkonu pod názvem vyšetřovací pokus mající povahu samostatného důkazního prostředku ve smyslu § 104c TrŘ¹⁵³.

Cílem kriminalistického experimentu je i prověrka verzí. Prověřuje se, která z verzí je pravdivá, čímž současně dochází k vylučování verzí nereálných. Kriminalistický experiment je pro prověrku verzí vhodný pro široké možnosti experimentování, měnění podmínek v jeho průběhu a pro možnost opakování jednotlivých pokusů¹⁵⁴.

Schematicky lze formy využití kriminalistického experimentu v kriminalistické praxi vyjádřit následovně:



Obr. 4.1: Schematické vyjádření forem využití kriminalistického experimentu v kriminalistické praxi¹⁵⁵

Podstata kriminalistického experimentu je založena na metodě experimentování (jako prostředek poznání), jde o způsob zkoumání, při němž

¹⁵³ KONRÁD, Z., PORADA, V., STRAUS, J., SUCHÁNEK, J. *Kriminalistika. Kriminalistická taktika a metodiky vyšetřování*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2021, s. 103.

¹⁵⁴ STRAUS, J. Počítačová simulace a kriminalistický experiment. *Kriminalistika*. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2018, roč. 51/2018, č. 3, s. 204–215.

¹⁵⁵ KONRÁD, Z., PORADA, V., STRAUS, J., SUCHÁNEK, J. *Kriminalistika. Kriminalistická taktika a metodiky vyšetřování*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2021, s. 103.

za určitého systematického působení na procesy objektivní reality získáváme nový poznatek¹⁵⁶.

Kriminalistický experiment lze použít jako prostředek, který slouží zejména k ověření nejrůznějších taktických verzí, které kriminalisté sestavili pro orientaci, jaký mohl být pravděpodobný průběh trestného činu (tedy forma taktického experimentu). Dále ho lze použít ve formě expertizního experimentu jako jednu z metod znaleckého zkoumání. Obě tyto formy jsou řazeny jako speciální metoda kriminalistické praxe. Podle § 104c trestního řádu lze provést kriminalistický experiment také ve formě samostatného vyšetřovacího úkonu nazývaného vyšetřovací pokus, který je z řady experimentů jedinou specifickou metodou kriminalistické praxe. Anebo lze experiment provádět i jako součást jiných kriminalistických úkonů, například jako součást rekonstrukce, ohledání nebo prověrky na místě. Takto se to nejčastěji děje v praxi.

Všechny formy kriminalistického experimentu lze využít v různých stádiích trestního řízení:

- Před zahájením trestního stíhání, například jako taktický experiment.
- Při zahájení trestního stíhání, například jako prověřovací experiment (k prověření sděleného obvinění).
- V přípravném řízení.
- V řízení před soudem, zde jako soudní experiment.

Soudní experiment je vlastně vyšetřovacím pokusem podle trestního řádu. Avšak s tím, že pokus řídí a organizuje přímo soudce jako jeden z orgánů činných v trestním řízení. Takový experiment může soudci pomoci pochopit a zhodnotit některé důkazy, které mu byly předloženy stranou obhajoby nebo státním zástupcem jako stranou žaloby.

*Kriminalistický experiment je metoda kriminalistické praktické činnosti spočívající v pokusném vyvolávání a zkoumání kriminalisticky relevantních jevů, činností a fragmentů událostí v uměle vytvořených a cílevědomě měněných podmínkách za účelem poznání a dokázání skutkového stavu věci*¹⁵⁷. Kriminalistický experiment lze rozdělit na dvě podkategorie a to na speciální metody kriminalistické praxe, kam patří expertizní experiment a taktický experiment. Druhou podkategorií je specifická metoda kriminalistické praxe, kam řadíme vyšetřovací pokus.

Často dochází k zaměňování vyšetřovacího pokusu s prověrkou výpovědi na místě či s rekonstrukcí místa činu. Hlavním rozdílem, který odlišuje vyšetřovací pokus například od prověrky výpovědi na místě je samotná pokusná činnost, tedy upravování podmínek, za kterých se sledovaná skutečnost odehraje. *Při aplikaci vyšetřovacího pokusu tak kriminalista může sledovat nejen jeho hmotné důsledky (stopy), ale získat i informace o jevech a okolnostech, které materiální stopy nezanechávají.*¹⁵⁸ Prověrkou

¹⁵⁶ KONRÁD, Z., PORADA, V., STRAUS, J., SUCHÁNEK, J. *Kriminalistika – Kriminalistická taktika a metodiky vyšetřování*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2015. PORADA, V., STRAUS, J. *Kriminalistický experiment*. Soudní inženýrství č. 5, 2000. PORADA, V. et al. *Kriminalistika II*. Olomouc: PF UP, 1995.

¹⁵⁷ KONRÁD, Z., PORADA, V., STRAUS, J., SUCHÁNEK, J. *Kriminalistika: kriminalistická taktika a metodiky vyšetřování*. 2. rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2021. ISBN 978-80-7380-859-4.

¹⁵⁸ STRAUS, J. *Kriminalistická taktika*. 2. rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008, 291 s. ISBN 978-807-3800-956.

výpovědi na místě se rozumí *specifická metoda kriminalistické praxe, kterou se získávají kriminalisticky a právně relativní informace srovnáním dříve učiněné výpovědi s momentální objektivní situací místa a na něm se nacházejících objektů, přímo demonstrováných dříve vyslechnutou osobou.*¹⁵⁹

Rozdílem od ohledání místa činu je skutečnost, že při vyšetřovacím pokusu je pozorován proces tvorby změny a vliv variování podmínek na tyto změny. Při ohledání místa činu jde především o nález, zajištění a následné zkoumání stop. Dříve byl vyšetřovací pokus součástí ohledání místa činu. *Zevšeobecněné výsledky kriminalistické praktické činnosti a jejich kritická analýza vedly nejprve v teorii a posléze v praxi k názoru, že vyšetřovací pokus je třeba provádět jako samostatný vyšetřovací úkon.*

Jednou z forem kriminalistického experimentu je expertizní experiment. Ten provádí zpravidla znalec v rámci znaleckého zkoumání a výsledky experimentu se promítají do závěrů znaleckého hodnocení. Na současné úrovni poznání je možné expertizní experiment provádět formou počítačové simulace. Expertizní experiment, jak již bylo zmíněno výše, je jednou ze speciálních metod kriminalistické praxe. Je prováděn soudním znalcem zapsaným v seznamu soudních znalců. Znalec tento experiment využívá k získání odpovědí na otázky, které mu byly položeny soudem. Expertizní experiment je zakotven v §105 1. odstavce zákona číslo 141/1961 Sb. *Trestní řád ve znění pozdějších změn, je-li k objasnění skutečnosti důležité pro trestní řízení třeba odborných znalostí, vyžádá orgán činný v trestním řízení odborné vyjádření. Jestliže pro složitost posuzované otázky takový postup není postačující, přibere orgán činný v trestním řízení znalce. V přípravném řízení přibírá znalce ten orgán činný v trestním řízení, jež považuje znalecký posudek za nezbytný pro rozhodnutí, pokud byla věc vrácena k došetření, státní zástupce, a v řízení před soudem předseda senátu. O přibrání znalce se vyrozumí obviněný a v řízení před soudem též státní zástupce. Jiná osoba se o přibrání znalce vyrozumí, je-li k podání znaleckého posudku třeba, aby tato osoba něco konala nebo strpěla.*¹⁶⁰

Druhou speciální metodou kriminalistické praxe je taktický experiment. Taktický experiment slouží k získání informací, které jsou poté užity ke stanovení konkrétní taktiky vyšetřování. Je prováděn orgány činnými v trestním řízení, tedy konkrétně policií. Výsledek taktického experimentu není brán jako důkaz.

Třetí metoda kriminalistického experimentu je vyšetřovací pokus. Specifická metoda vyšetřovacího pokusu je upravena zákonem č. 265/2001 Sb. do podoby samostatného vyšetřovacího úkonu ustanovením § 104c TrŘ.

Z kriminalistického hlediska lze vyšetřovací pokus definovat následujícím způsobem: *Vyšetřovací pokus je specifická metoda kriminalistické praxe, spočívající v provádění pokusů v uměle vytvořených a cílevědomě měněných podmínkách za účelem prověření, upřesnění zjištěných skutečností nebo zjištění nových skutečností důležitých pro trestní řízení*¹⁶¹.

¹⁵⁹ STRAUS, J. *Kriminalistická taktika*. 2. rozš. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008, 291 s. ISBN 978-807-3800-956.

¹⁶⁰ *Úplné znění zákona č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád)*. Vyd. 6. Praha: Armex, 2011. Edice kapesních zákonů. ISBN 978-80-87451-04-5.

¹⁶¹ KONRÁD, Z., PORADA, V., STRAUS, J., SUCHÁNEK, J. *Kriminalistika: kriminalistická taktika a metodiky vyšetřování*. 2. rozšířené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2021. ISBN 978-80-7380-859-4.

Poměrně rozsáhlá funkční schopnost vyšetřovacího pokusu jako specifického nástroje poznání a dokázání skutkového stavu věci pro potřeby trestního řízení determinuje i širokou škálu cílů vyšetřovacího pokusu.

Za základní cíle vyšetřovacího pokusu lze považovat zejména získání:

- Podkladů pro vytýčení kriminalistických (vyšetřovacích) verzí.
- Prostředků prověrky vytýčených kriminalistických (vyšetřovacích) verzí.
- Nových důkazů.
- Prostředků prověrky již získaných důkazů.
- Prostředků zjištění okolností napomáhajících spáchání určitého trestného činu.

Vyšetřovací pokusy lze kategorizovat nebo typizovat z různých hledisek. Nejčastěji uváděným kritériem je *povaha zjišťovaných skutečností*. Podle tohoto kritéria jsou vyšetřovací pokusy řazeny do dvou základních skupin.

První skupinu představují senzorické pokusy, jimiž se zjišťují možnosti vnímání určitých skutečností lidskými smysly, např. zrakem nebo sluchem. Převážně jde o zjištění či prověření, zda z určitého místa a za určitých podmínek bylo možno pozorovat událost, poznat určitou osobu, slyšet pronášené výroky, volání o pomoc nebo různé zvuky, cítit zápach hořlaviny atp.

Druhou skupinu představují situační pokusy, jimiž se zjišťují zejména možnosti:

- Provedení nějaké činnosti v určitých podmínkách nebo určitou osobou (např. překonání překážky, přepravení břemene na určitou vzdálenost atp.).
- Vzniku a existence nějakého jevu (např. oslnění řidiče protijedoucím vozidlem za určitého technického stavu vozidla atp.).
- Průběhu vyšetřované události, jejích jednotlivých epizod, detailů a mechanismu vytvoření stop (např. zda při úderu nabitou zbraní mohlo dojít k samovolnému výstřelu, zda při zachycení pouzdra služební zbraně mohlo dojít k jeho odtržení nebo zda zadní nárazník určitého automobilu při couvání mohl způsobit konkrétní poškození nějakého objektu atp.).

4.1 Expertizní experiment v praxi

Kriminalistickým experimentem se zjišťují i okolnosti napomáhající spáchání trestného činu. Může být rovněž prostředkem předcházení trestným činům. Lze jím zjistit okolnosti, které spáchání trestného činu napomáhaly. Pokud jsou tyto okolnosti analyzovány, lze přijmout opatření k jejich likvidaci tak, aby další páchaní trestných činů bylo ztíženo či mu bylo zamezeno.

Expertizní experiment se hojně využívá především ve znalecké činnosti. Například při řešení a objasňování mechanismu dopravních nehod nebo ve forenzní biomechanice. Podle mých zkušeností občas dochází k nepřesnému pochopení podstaty kriminalistického experimentu. Například se stalo, že se v rámci prezentace znaleckého posudku v hlavním líčení diskutovalo o počtu opakování dějů při experimentu, statistického charakteru zkoumaného souboru a stanovení případných statistických charakteristik souboru. V jiném případě byl porovnáván experiment provedený s figurínou a expertizní experiment s dobrovolníky.

Jako příklad využití expertizního experimentu můžeme uvést řešení problému manipulace s bezvládným lidským tělem. Nabízí se otázky – jaká je hranice pro hmotnost osoby manipulující a manipulované, zda existuje nějaká hranice pro realizaci úspěšné manipulace. Také problém techniky pohybové činnosti a trénovanosti osob ovlivňuje přemístění jedné osoby druhou.



Obr. 4.2: Figurant při přehození figuríny přes zábradlí



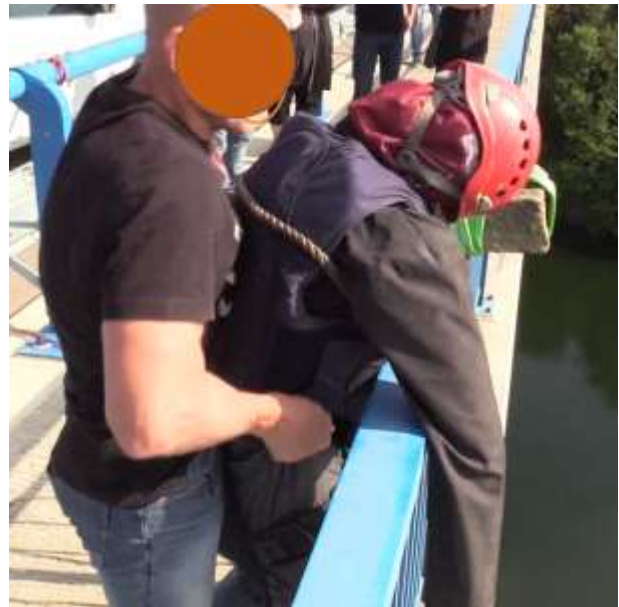
Obr. 4.3: Figurant – finální fáze přehození figuríny přes zábradlí



Obr. 4.4: Figurant – finální fáze přehození figuríny přes zábradlí



Obr. 4.5: Ukázka z vyšetřovacího pokusu, manipulace s figurínou



Obr. 4.6: Detailní pohled na úchop za oděv při manipulaci s figurínou

4.2 Manipulace s bezvládným tělem

V rámci řešení problému byl proveden také expertizní experiment s bezvládnými těly figurantů. Abychom dosáhli co nejuvěrnějšího účinku, byl proveden expertizní experiment se skupinou kaskadérů. Cílem experimentu bylo co nejuvěrněji simulovat podmínky na místě činu a ověřit reálnost provedení. Je samozřejmé, že realizovat experiment s mrtvými těly nelze, a proto experiment s bezvládným tělem se co nejvíce přibližuje realitě. Navíc trénované kaskadéry je možné považovat za špičkové jedince a běžná populace je z hlediska pohybových zkušeností, fyzické zdatnosti a trénovanosti na nižší úrovni. Jednotlivé fáze manipulace s bezvládným tělem jsou znázorněny na následujících obrázcích.



Obr. 4.7: Ukázka z expertizního experimentu, kdy místo figuríny bylo manipulováno s figurantem, aktivní kaskadéři



Obr. 4.8: Ukázka z expertizního experimentu, kdy místo figuríny bylo manipulováno s figurantem, aktivní kaskadéři

Při řešení problému manipulace s bezvládným tělem jsme realizovali rozsáhlý výzkumný projekt z prostředků SVV Vysoké školy finanční a správní za podpory vědeckého projektu SVV VŠFS „Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti“ č. 7427/2022/01. Projektu se zúčastnilo celkem 10 studentů, pomocných vědeckých sil.

Provedli jsme experimentální ověření manipulace s bezvládným lidským tělem z hlediska hmotnosti a trénovanosti pokusné osoby¹⁶². Za cíl jsme si stanovili zjistit, jaký vliv má vyšší nebo nižší hmotnost pokusné osoby k manipulaci s váhou bezvládného těla. Druhým zkoumaným aspektem bylo, zda správná technika pohybu může vyvážit váhový rozdíl v neprospěch pokusné osoby.

Obsahem experimentu je stanovit význam fyzické trénovanosti jedince v souvislosti s manipulací s bezvládným lidským tělem o různé váze. Pokusné osoby budou rozděleny do skupin, a to dle fyzické trénovanosti na cvičící a necvičící. Obě skupiny budou dále rozděleny na osoby s hmotností kolem 75 kg a osoby s hmotností kolem 100 kg. Vyšetřovací pokus proběhl v uměle vytvořených podmínkách úpolové tělocvičny.

¹⁶² BLECHOVÁ, A. *Kriminalistické a forenzní biomechanické aspekty manipulace s bezvládným lidským tělem*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2023. RYBÁČEK, M. *Biomechanické aspekty manipulace s bezvládným lidským tělem z hlediska hmotnosti a trénovanosti*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2023.

Samotný vyšetřovací experiment je rozdělen do pěti etap.

1. Schopnost osoby zvednout bezvládné lidské tělo ze země tak, aby se nedotýkalo země. Počáteční pozice těla se nachází vleže na zádech, na zemi.
2. Schopnost osoby přemístit bezvládné lidské tělo z jednoho bodu do druhého. Počáteční pozice těla se nachází vleže na zádech, na zemi.
3. Schopnost osoby zvednout bezvládné lidské tělo sedící na překážce výšky křesla. Počáteční pozice těla se nachází vsedě na překážce, zády opřené o opěradlo.
4. Schopnost osoby zvednout bezvládné lidské tělo ležící na překážce výšky postele. Počáteční pozice těla je vleže na vodorovné překážce, na zádech.
5. Schopnost osoby přemístit bezvládné lidské tělo ze země na překážku výšky zavazadlového prostoru vozidla. Počáteční pozice těla se nachází na zemi vleže na zádech.

Všechny zúčastněné osoby byly před započítím vyšetřovacího experimentu poučené o cíli vyšetřovacího experimentu, jeho průběhu, a také o náplni jejich úkolů jen v takovém rámci, aby nebyl narušen proces určování vlastní techniky manipulace s bezvládným lidským tělem. S uděleným souhlasem figurantů probíhala také fotodokumentace většiny pokusů a videozáznam.

Během experimentů bylo provedeno 40 dílčích pokusů, kdy pokusné osoby byly rozděleny do čtyř skupin, a to na osoby cvičící s váhou okolo 100 kg, osoby cvičící s hmotností okolo 75 kg, osoby necvičící s hmotností okolo 100 kg a osoby necvičící s hmotností okolo 75 kg. Hmotnost bezvládného těla byla vždy v první části etapy okolo 100 kg a ve druhé části etapy okolo 75 kg¹⁶³.

Ve velké většině byla manipulace s bezvládným tělem zahájena tak, že figurant uchopil bezvládné tělo zezadu pod pažemi a snažil se jej přemístit, případně dostat do požadované polohy, viz obr. 4.9.

¹⁶³ RYBÁČEK, M. *Biomechanické aspekty manipulace s bezvládným lidským tělem z hlediska hmotnosti a trénovanosti*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2023.



Obr. 4.9: Běžná manipulace a přemístování s bezvládným tělem

Tato manipulace nebyla příliš úspěšná, a pokud byl hmotnostní rozdíl větší než 20 až 25 kg, nebylo přemístění úspěšné.

Při experimentech, které jsme provedli s netrénovanými jedinci, studenty vysoké školy, bylo možné pozorovat výsledky spojené se změnou postavení těl osob v různém věku, odlišné váhy, výšky nebo pohlaví a fyzické kondice na překonání stanoveného úkolu. Experimentální měření odpovídá na otázku, jaký váhový rozdíl je relevantní pro překonání překážky s bezvládným lidským tělem. Dle přiložené dokumentace je zřejmé, že osoby mužského pohlaví si lépe poradí s překonáním překážky s bezvládnou osobou větší tělesné hmotnosti, než je jejich vlastní. Dobrovolníci z řad mužů nebyli schopni přehození bezvládné osoby při váhovém rozdílu větším o cca 20–25 kg. Zatímco ženy měly s manipulací s osobou větší váhy problémy a překonání překážky s bezvládnou osobou se nezdařilo, byla-li osoba bezvládná těžší o cca 15 kg. Také věkový rozdíl osob hrál ve spojitosti s hmotností svou roli. V měření, kdy starší osoba manipulovala s bezvládným tělem o cca 3 kg těžším, už se nepodařilo přehoz překonat¹⁶⁴.

Lepších výsledků bylo dosaženo, pokud manipulující figurant zcela promyšleně naložil bezvládné tělo na ramena. Poté bylo snadné přemístit druhého bezvládného figuranta do větší vzdálenosti nebo zcela přehodit přes požadovanou překážku, která mohla simulovat zábradlí (na přehození mrtvoly přes zábradlí do vodní nádrže). Přehledně jsou tyto manipulace uvedeny na obrázcích¹⁶⁵.

¹⁶⁴ BLECHOVÁ, A. *Kriminalistické a forenzní biomechanické aspekty manipulace s bezvládným lidským tělem*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2023.

¹⁶⁵ RYBÁČEK, M. *Biomechanické aspekty manipulace s bezvládným lidským tělem z hlediska hmotnosti a trénovanosti*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2023.



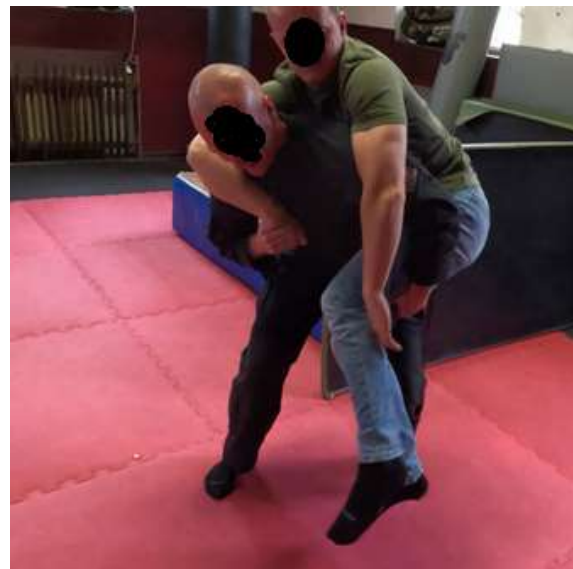
Obr. 4.10: Ukázka manipulace s bezvládným tělem optimální technikou¹⁶⁶. Tímto způsobem je možné přemístit bezvládné tělo vyšší hmotnosti než je manipulující. Rozdíl hmotností obou osob je cca 40 kg

¹⁶⁶ RYBÁČEK, M. *Biomechanické aspekty manipulace s bezvládným lidským tělem z hlediska hmotnosti a trénovanosti*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2023.



Obr. 4.11: Ukázka manipulace s bezvládným tělem optimální technikou¹⁶⁷. Tímto způsobem je možné přemístit bezvládné tělo vyšší hmotnosti než je manipulující. Rozdíl hmotností obou osob je cca 40 kg

¹⁶⁷ RYBÁČEK, M. *Biomechanické aspekty manipulace s bezvládným lidským tělem z hlediska hmotnosti a trénovanosti*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2023.



Obr. 4.12: Ukázka manipulace s bezvládným tělem optimální technikou¹⁶⁸. Tímto způsobem je možné přemístit bezvládné tělo vyšší hmotnosti než je manipulující. Rozdíl hmotností obou osob je cca 40 kg

Z výsledků experimentů bylo zjištěno, že samotná hmotnost obou osob nehraje primární roli při manipulaci osoby s bezvládným lidským tělem. Nebylo výjimkou, že trénovaná osoba s hmotností 100 kg měla značné problémy se zvednutím bezvládného těla o stejné váze a naopak netrénovaná osoba s hmotností 77 kg zvedla o více jak dvacet kilogramů těžší bezvládné tělo bez sebemenších potíží. Tím bylo dokázáno, že váhový rozdíl není hlavním faktorem, který ovlivňuje schopnost pokusné osoby manipulovat s bezvládným tělem. Hlavním faktorem ovlivňujícím manipulaci se ukázala technika pohybu samotného zvednutí. Tedy, že menší člověk s menší hmotností dokáže zvednout těžší bezvládné tělo, pokud použije správnou techniku.

¹⁶⁸ RYBÁČEK, M. *Biomechanické aspekty manipulace s bezvládným lidským tělem z hlediska hmotnosti a trénovanosti*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2023.

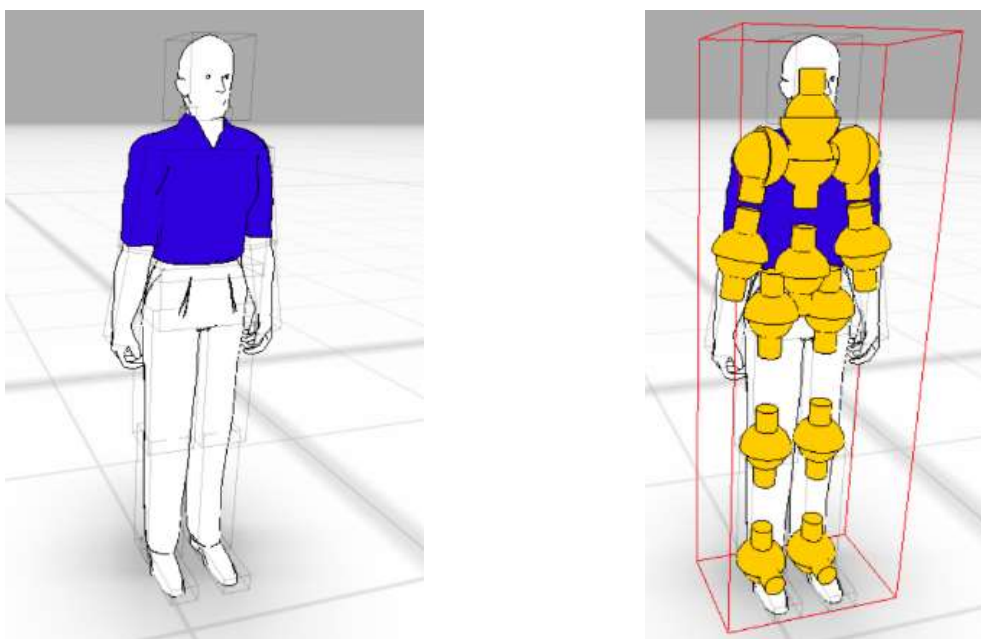
4.3 Možnosti modelování pohybu člověka

Kriminalistický experiment se významně využívá především v kriminalistické praxi. Tak, jak se vyvíjí věda a technika, mění se i využití kriminalistického experimentu. Zejména je významné využití počítačové techniky s možností simulačních metod. Vývoj si můžeme ukázat na konkrétních příkladech.

Původní využití kriminalistického experimentu bylo odkázáno na „odehrání“ jednotlivých variant provedení a posouzení výsledků. Tedy účastník experimentu osobně opakoval jednotlivé pohybové činnosti, případně se mohlo využít figuríny.

Velmi pozitivní posun v kvalitě kriminalistických experimentů a modelování situací přinesl rozvoj výpočetní techniky. Kriminalisté začali využívat grafickou počítačovou metodu v trojrozměrných dimenzích, a to zejména u vražd spáchaných střelnou zbraní, vyhození oběti z okna, sebevražedných skoků z oken či nešťastných pádů z výšky.

Počítačové modelování je potřeba zejména v těch případech, kdy je nutné objasnit možné či nemožné varianty pohybové činnosti. Kriminalistické metody umožňují vyjádřit se k otázce, zda daná pohybová činnost je biomechanicky přijatelná nebo nepřijatelná. Je možné se také vyjádřit cestou počítačového modelování pohybu, která z variant je více pravděpodobná. V posledních letech je možné využít počítačového modelování a simulace v programu Virtual Crash5 (obr. 4.13)¹⁶⁹.



Obr. 4.13: Ukázka vložení figuríny „pedestrian“ do programu Virtual Crash 5 a znázornění kloubních spojení (autorská licence Virtual Crash 5)

¹⁶⁹ Virtual Crash 5, autorská licence.

5. Kazuistiky

5.1 Pád z výšky

Jako příklad uvedu případ vraždy, kdy pachatel bodnul oběť do břicha a poté ji vyhodil z balkónu ve čtvrtém patře. Poškozený byl na místě mrtev. Podle výpisu Policie ČR došlo k následujícímu ději: „Dne 1. ledna 2014 v době kolem 04.30 hodin D. D. měl mít slovní a fyzický konflikt s mužem jménem Vasil, jenž jej měl udeřit do nosu. Poté D. D. sdělil p. E. K. v pokoji 4. patra činžovního domu v Praze 1, Petrská ulice, kde se všichni nacházeli a popíjeli alkohol, „mě už to tady nebaví“ a následně měl proskočit uzavřeným oknem na balkón, dopadl na čtyři, a poté se zvedl, přešel zábradlí balkónu a skočil do dvora domu. E. K. zavolal ZZS, která na místo dorazila v 04.44 hodin. Dle Lékařského protokolu o prohlídce zemřelého D. D. ležel v poloze na břicho s kaluží krve pod břichem a obličejem dolů. Smrt nastala dne 1. 1. 2014 v 05.08 hodin. Při ohledání těla byla nalezená bodná rána na pravém boku o délce 2 cm, řezné ranky od skla na témže boku, defigurace nosních kůstek.“



Obr. 5.1: Fotografická dokumentace z ohledání místa činu, místo nálezu poškozeného, poškozený je po zásahu lékaře, původně ležel na břicho.

Podle pitevního protokolu utrpěl „Zlomeniny žeber vpravo (8. a 9. žebro při páteři bez porušené pohrudnice a s krevními výrony v mezižeberních svalech). Trhliny pravé plíce. Trhliny až částečné rozmoždění pravého jaterního laloku. Trhliny až částečné rozmoždění pravé ledviny. Tříštivá zlomenina lopaty pravé kosti kyčelní. Uzavřená tříštivá nitrokloubní zlomenina pravého loketního kloubu s odlomením okovce pravé kosti loketní.“ Poloha oběti na dvoře byla zakreslena obrysem těla po dopadu (zřejmě na obr. 5.1). Obviněný na svojí obhajobu uváděl, že poškozený vyskočil sám v sebevražedném úmyslu. Bylo potřeba prokázat, zda mohlo tělo

poškozeného dopadnout do místa, kde bylo tělo nalezeno, nebo zda se na pádu podílela vnější síla druhé osoby. Pro rozhodnutí byl proveden jednak vyšetřovací pokus s figurínou a vznikl také požadavek počítačové simulace.



Obr. 5.2: Fotografická dokumentace z ohledání místa činu



Obr. 5.3: Fotografická dokumentace z ohledání místa činu. Balkon, místo, odkud došlo k pádu

Na následujících obrázcích je znázorněn jednak vyšetřovací pokus s figurantem (obr. 5.4, 5.5), a pokus shození figuríny podle dvou verzí (obr. 5.6), jednak verze obviněného E. K. a verze svědka V. K.



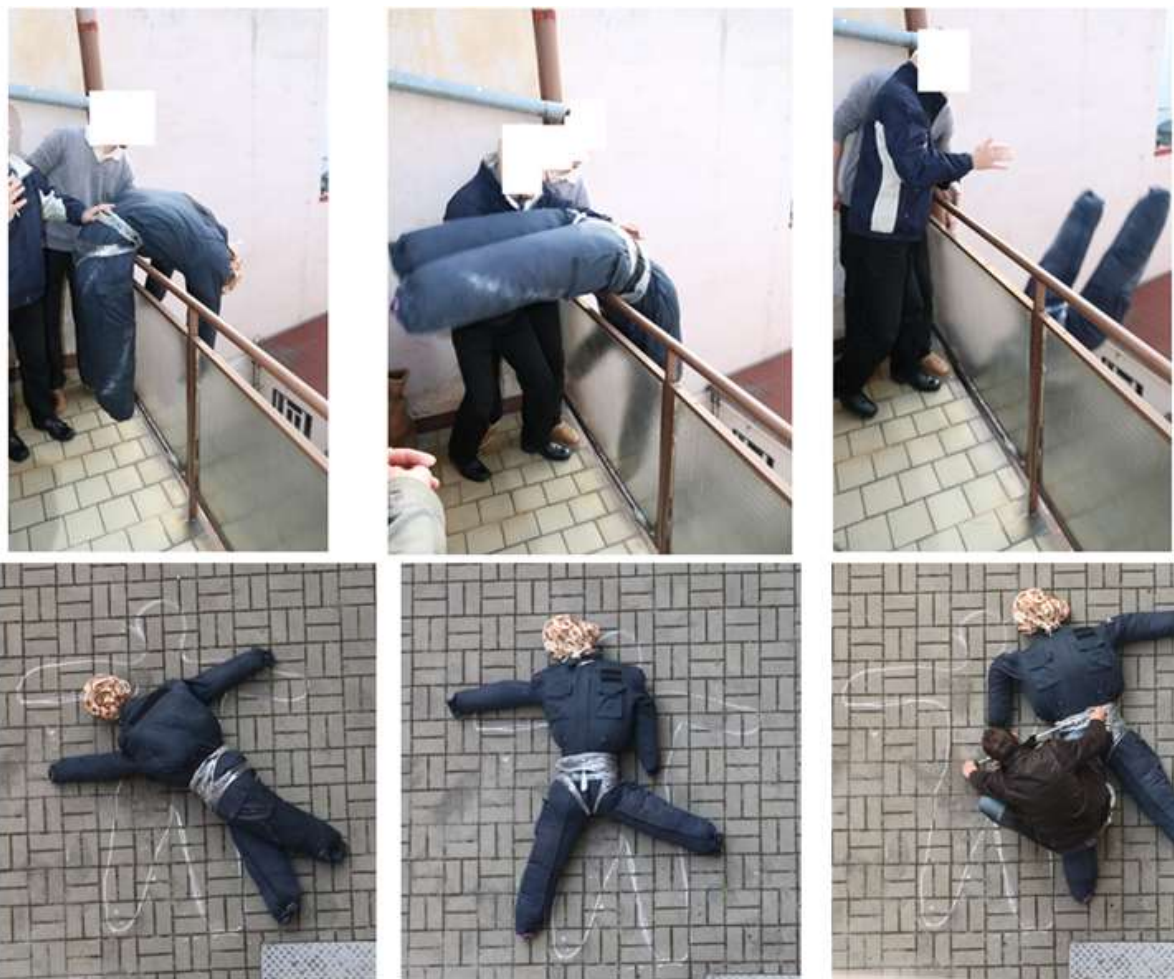
Obr. 5.4: Znázornění varianty strčení do hrudníku a přehození poškozeného přes hranu zábradlí, podle verze svědka V. K.



Obr. 5.5: Znázornění varianty sebevražedného jednání poškozeného, převalení přes hranu zábradlí, podle verze obviněného E. K.

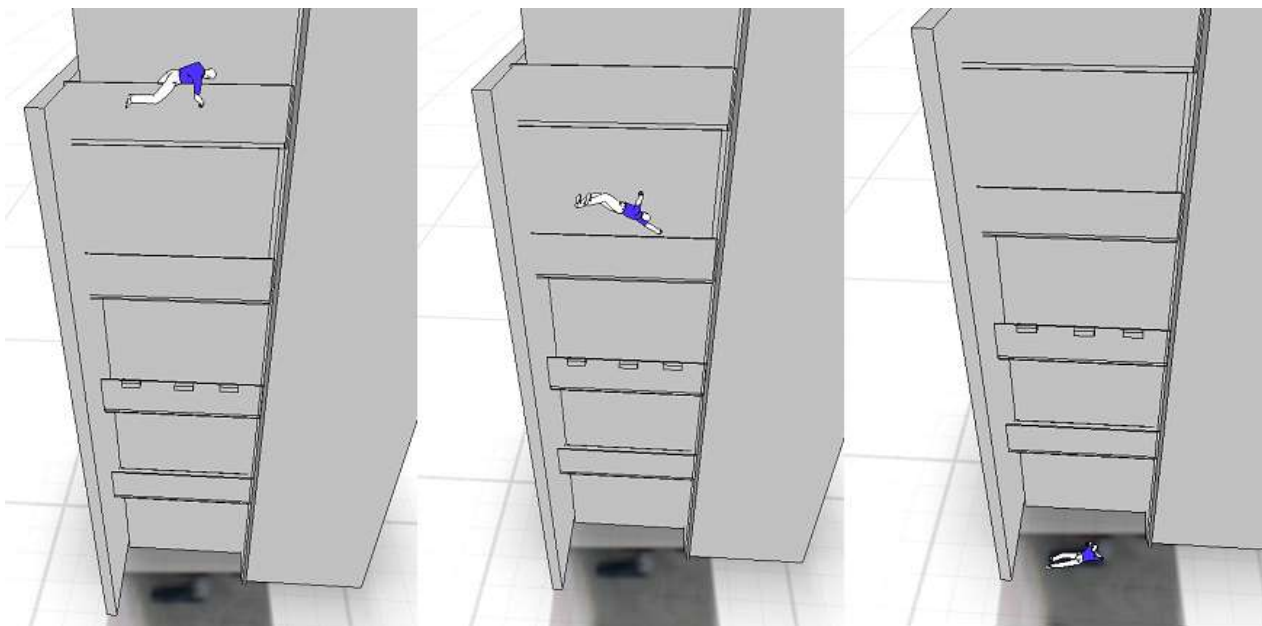


Obr. 5.6: Vyšetřovací pokus, fotografická dokumentace varianty „sebevražedného“ skoku převalením přes hranu zábradlí na balkoně. Varianta podle verze obviněného E. K.

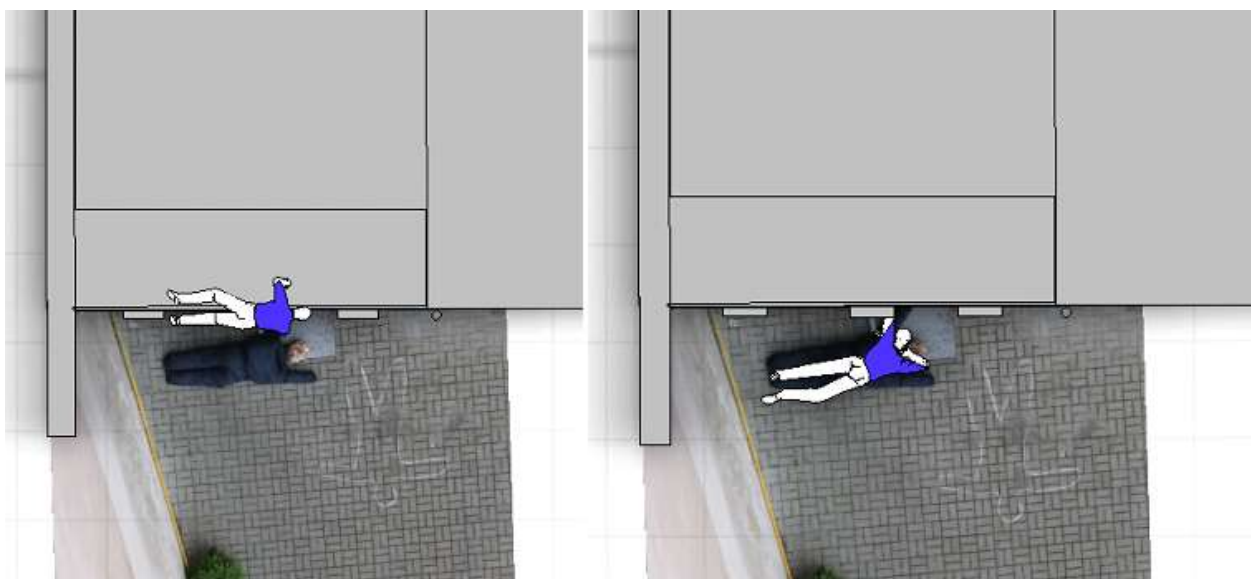


Obr. 5.7: Vyšetřovací pokus, fotografická dokumentace varianty aktivního svržení figuríny přes hranu zábradlí na balkoně. Varianta podle verze svědka V. K.

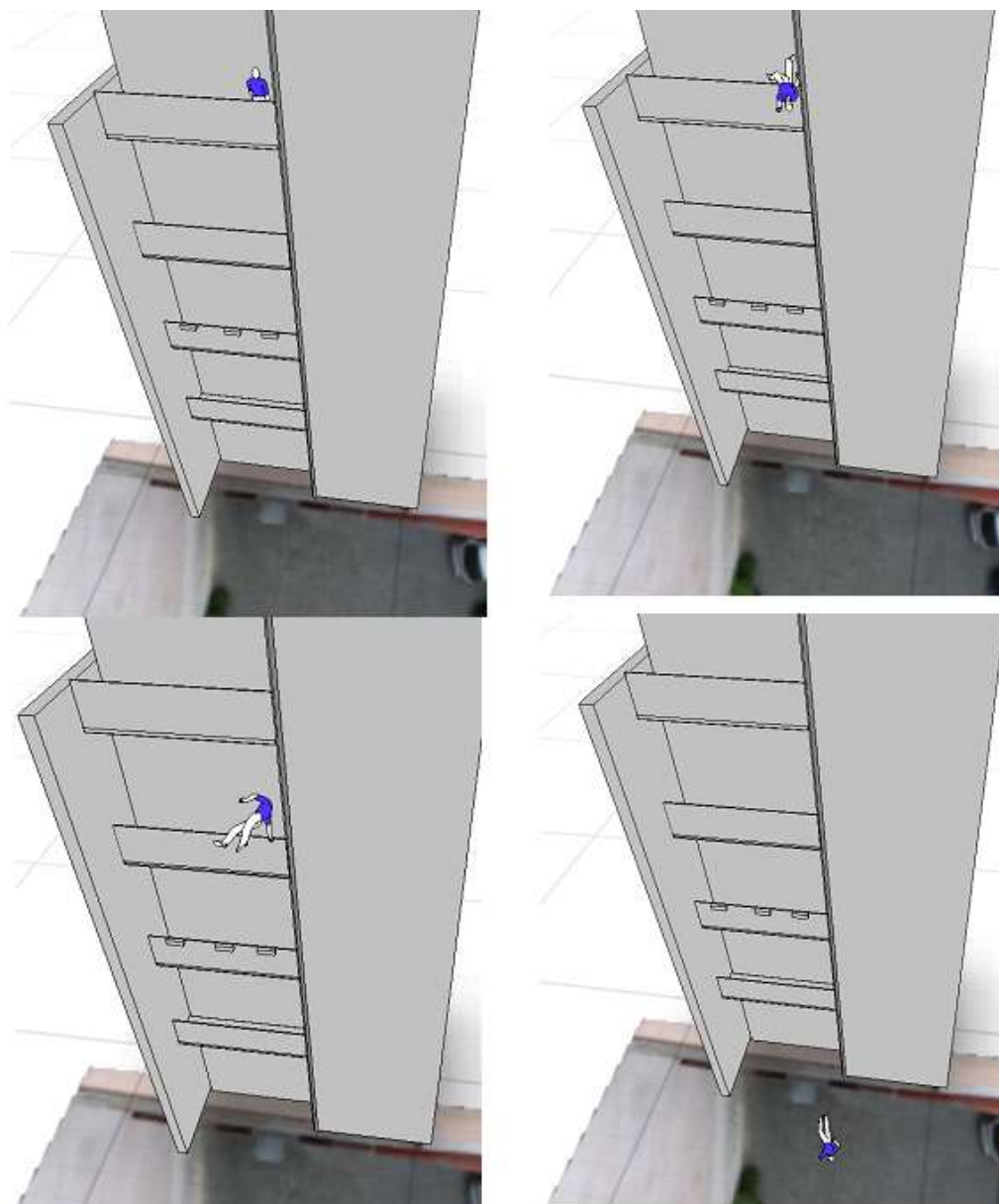
Pro řešení případu bylo nutné provést také počítačovou simulaci jednotlivých variant. Obě varianty jsem simuloval v programu Virtual Crash5 a výsledky jsou uvedeny na následujících obrázcích (5.8 až 5.11). Jsou uvedeny technicky přijatelné varianty pádů. Nejprve je (obr. 5.8 a 5.9) uvedena varianta přepadnutí poškozeného přes hranu balkonu podle verze obviněného E. K. Druhá varianta (obr. 5.10 a 5.11) prezentuje technicky přijatelnou variantu přehození poškozeného přes hranu zábradlí balkonu podle verze svědka V. K.



Obr. 5.8: Technicky nepřijatelná varianta pádu poškozeného D. D. podle verze E. K.



Obr. 5.9: Pohled shora, výchozí a dopadová poloha poškozeného, technicky nepřijatelná varianta pádu poškozeného D. D. podle verze E. K. Poloha oběti na dvoře byla zakreslena obrysem těla po dopadu



Obr. 5.10: Technicky přijatelná varianta pádu poškozeného D. D. podle verze V. K.



Obr. 5.11: Pohled shora - úvodní fáze pádu, dopad na zem a konečná poloha D. D. podle verze V. K. Poloha oběti na dvoře byla zakreslena obrysem těla po dopadu

5.2 Pád ze schodů

Koncem května 2015 podal oznámení na Policii ČR poškozený B. Ž. (1943) (dále jen „otec“): *Dne 25. 5. 2014 asi kolem 14.00 jsem se vracel s přítelkyní z výletu a šel jsem k buňce...ke dveřím vedou asi čtyři schody..., když jsem vystoupil po schodech nahoru, syn ke mně přiskočil, shodil mě rukou ze schodů dolů..., já jsem se skutálel ze schodů dolů pod buňku a upadl jsem zhruba z výšky 1,5 metru na záda...*

Dne 18. 8. 2015 uvedl: *Dne 25. 5. 2014 před 15.00 hodinou jsem vystoupal po schodech k buňce, vystoupal jsem až na čtvrtý schod, váhu těla jsem už měl na podestě, jednou nohou jsem přizvedával ze třetího schodu na podestu, když syn přiběhl cestičkou ze záhonu na podestu a seshora mě srazil, domnívám se, že asi pravou rukou, ze shora dolů pod schody, kde jsem spadl na záda na kaskádovité tvárnice a poté jsem se silou nárazu ještě překulil pod kaskádovité tvárnice..., celou dobu jsem v ruce držel kufr, kterého jsem se podvědomě držel..., útok jsem naprosto nečekal, ...po překulení na zámkovou dlažbu jsem rychle vstal, neboť jsem očekával další útok syna. V tu chvíli mi krvácel levý loket, bolest jsem si díky šoku zprvu neuvědomoval. ...byl to velmi neočekávaný a silný náraz.*

Obviněný byl jeho syn B. Ž. (1965) (dále jen „syn“), který naopak uvedl jinou verzi: *Věc se stala tak, že toho dne jsme dělali na zahradě, takové ty běžné zahradnické práce. Už přesně nevím, kolik bylo, mohlo být kolem třetí hodiny odpoledne. V ten moment jsem slyšel klapnout branku, ta je dost hlasitá, když se zavírá. V tom se spustilo takové to klasické otcovo nadávání, urážky, zkrátka nic hezkého. Nicméně podle hlasu jsem poznal, že se otec přiblížil ke mně, a že nešel domů. Já jsem v tu dobu stál pořád ve futrech té stavební buňky a snažil jsem se otci vyhnout. Ještě bych chtěl upřesnit, že když se jde od té vchodové branky, tak se jde rovně po dlažbě, pak se musí zahrnout doleva podél domu ke vchodu do domu. Doprava na tom rozcestí se jde ke stavební buňce, takže logicky šel otec ke mně. Stál mi za zády, nadával a jako urážel, koho mohl z rodiny. I moji mámu, která již nežije. Zkoušel ty svoje provokace, já jsem na toto nereagoval. Jen jsem doufal, že toho nechá a půjde domů. Pak najednou přišel úder do ramene levého a zároveň to bylo, jako když vás někdo chce vyrvat ven. Takže jsem tam ztratil stabilitu, snažil jsem se zachytit rukama futer, nakonec jsem se pravou rukou neudržel a držel jsem se jen levou rukou a zůstal jsem stát na levé noze. On mě furt rval ven. Jak jsem chytil takovou tu rotaci podél těch futer, tak jsem cítil, že to sevření od otce povolilo a já jsem se přetočil o 180 stupňů a zády jsem narazil do dveří té buňky. Ty dveře byly zajištěné, aby se samy neotevíraly. Když jsem získal stabilitu, to chvíli trvalo, srovnal jsem se, tak jsem slyšel, jak mi otec nadává. Když jsem se podíval, tak jsem jej viděl, jak jde po schodech na dlažbu a k baráku. Šel po těch schodech, které vedou nahoru od kaskády směrem na dvorek. Myslím si, že na dvorku si někde vzal kufr a pokračoval ke vchodu do domu, kde stála paní S.*

Na otázku vyšetřovatele, zda může přesněji popsat, jak stál v zahradní buňce, odpověděl a předvedl ve futrech kanceláře, jak stál v zahradní buňce. *Já jsem stál po celou dobu čelem do zahradní buňky, na slova otce jsem nijak nereagoval, ani jsem se neotočil. Čekal jsem, až toho nechá a odejde. To, že se ke mně přiblížil jsem poznal tak, že zesíloval jeho hlas a pak po chvíli přišel ten úder do ramene.*

Na otázku, aby ještě jednou popsal, jak událost probíhala od toho úderu, odpověděl: *Abych to upřesnil, tak jsem cítil úder do levého ramena a současně ihned poté tah za to rameno ven. Jako když mě chce vyrvat ven ze dveří. Já jsem byl levým ramenem blíže futer. Tak jsem rozhodil ruce, podařilo se mi zachytit levou rukou*

a pravá mi po chvíli sklouzla. Tak jsem se otočil kolem levých futer zády na buňku a obličejem ven o 180 stupňů. Při tom točení jsem pocítil, že to sevření za rameno povolilo a já jsem byl rád, že jsem to ustál. Když jsem se zorientoval, tak jsem viděl otce, jak jde po schodech nahoru na dvorek. Zda viděl otce spadnout, odpověděl, že ne, ani jsem ho nemohl vidět, byl jsem k němu zády.

Z úředního záznamu o podaném vysvětlení M. S., přítelkyně otce, bylo zjištěno: Dne 25. 5. 2014 jsem se vracela ze zájezdu z Itálie se svým přítelem B. Ž. do domu, kde s přítelem bydlíme. Já jsem šla asi dva metry za svým přítelem. Když přítel vystoupal pár schodů k buňce, přiběhl jeho syn od shora dokončovaného záhonu a srazil ho rukou dolů, pod buňku na betonové tvárnice. Přítel spadl dolů na záda, přitom v pravé ruce stále držel kufr, po pádu se ještě překulil na dlaždice pod buňku. Já jsem stála pár metrů od incidentu, vše jsem dobře viděla.

Viděla jsem pana B. Ž., syna, jak se zničehonic rozběhl od záhonu, mohlo to být ze vzdálenosti asi 10–12 metrů a z mírného svahu, a velmi silně do mého přítele vrazil rukou, kterou rukou to bylo, již nevím, vše bylo, jak jsem již řekla, velmi rychlé a nečekané. Útok byl nečekaný, můj přítel si ho nemohl všimnout, neboť se díval na opačnou stranu. Oba jsme si běžícího syna pana Ž. všimli až na poslední chvíli.

Z úředního záznamu o podaném vysvětlení B. Ž. (1990, dále jen „vnuk“): Co se týče incidentu, který měl proběhnout dne 25. 5. 2014, mezi mým otcem panem B. Ž. a mým dědečkem panem B. Ž., mohu uvést, že dne 25. 5. 2014 jsem byl doma a učil jsem se. Okno z mého pokoje je umístěno tak, že vidím na branku, kterou se vchází na zahradu. Ten den, nevím už kolik mohlo být hodin, jsem uslyšel, jak se otevírá branka, která mimochodem při otevírání vydává hlasitý zvuk. Podíval jsem se z okna a uviděl jsem dědečka s jeho přítelkyní, jak nesou nějaké kufry a vchází na zahradu. Vzhledem k tomu, že jakékoli setkání dědečka s mými rodiči vyústí ze strany dědečka k nadávkám na mé rodiče, zpozorněl jsem, neboť jsem věděl, že rodiče jsou na zahradě. Dědeček opět začal mým rodičům nadávat. Já jsem se přemístil k oknu v předsíni, ze kterého jsem dobře viděl na místo, kde se nachází stavební buňka a spodní část zahrady. Než jsem se přemístil k druhému oknu, došlo již ke konfliktu mezi mým otcem a dědečkem a já zaznamenal, jak můj otec stojí ve dveřích stavební buňky, čelem dovnitř, dědeček stál za mým otcem a rukou tahal otce za rameno. Kterou rukou a za které rameno, to si již nevzpomínám. Můj otec ztratil rovnováhu a začal padat z buňky ven. Na poslední chvíli se zachytil za rám dveří, přesto se částečně vyklonil z buňky a dědeček, který nečekal, že mu ruka sklouzne z otcova ramena, také ztratil rovnováhu. Dědeček podle mě, když ztratil částečnou rovnováhu, nespadol ze schodů, ale neobratně ze schodů zaklopýtal dolů. Sešel dolů, jednu nohu měl na kaskádě, druhou na žulovém podkladě. Pod schody teatrálně seskočil dolů, z kaskád, i když v tu chvíli již byl stabilní, začal křičet, že ho táta skopnul ze schodů. Dědeček vůbec nedopadl tělem na zem, zůstal stát na nohách, znovu opakuji, že celý incident jsem viděl až od chvíle, kdy dědeček uchopil mého otce za rameno. Celému incidentu předcházely sprosté nadávky ze strany mého dědečka, kdy slovně urážel mé rodiče. Celá má rodina je na jeho nadávky již zvyklá a snaží se je ignorovat. Já bych chtěl také dodat, že můj dědeček měl problémy s rukou již dlouhodobě, stále si stěžoval na své zdraví, stále zdůrazňoval, že je „zavalený horník“.

V úředním záznamu o podaném vysvětlení s Š. Ž., manželkou syna, ta uvedla: Pracovala jsem se svým manželem na zahradě domu. Někdy v odpoledních hodinách jsme již ukončili práci na zahradě a začali uklízet nářadí do stavební buňky, která je umístěna napravo od cesty ke vchodu do domu. V tu chvíli přišli na zahradu pan Ž. nejstarší, tedy můj tchán. Začal okamžitě nadávat, byly to vulgární nadávky. Tchán,

kdyby chtěl vejít normálně do domu, tak by šel po cestě ke vchodovým dveřím. To ale neudělal, postavil na cestu kufr a vydal se na pravou stranu k buňce, kde manžel v tu chvíli uklízel náradí. Manžel stál ve dveřích, byl otočený čelem do buňky a tchán k němu přišel a zezadu se mu doslova pověsil na záda. Oběma rukama ho chytil za ramena a chtěl ho vyvléci z buňky. Manžel ho asi slyšel, neboť tchán celou dobu nadával, nicméně útok byl prudký a nečekaný, manžel se instinktivně zachytil rámu dveří do buňky a snažil se udržet rovnováhu. To se mu podařilo jen částečně, pravá ruka mu sklouzla a tchán, který to nečekal, se mého manžela neudržel a seskočil ze schůdků dolů na betonové kaskády a z nich pak seskočil dolů na zámkovou dlažbu. Pokud si pamatuji, tak tchán nespadol tělem na zem, pouze docela pružně skočil sám o své vůli ze schodů na kaskády na dlažbu. Jakmile stál tchán na dlažbě, začal okamžitě křičet, že ho můj manžel napadl.

V lékařské zprávě Emergency, ambulance pohotovostní a úrazové ÚVN Praha 6, bylo popsáno poranění B. Ž. (otec):

Dg. poranění svalu a šlachy manžety rotátorů ramene.

Nález: včera fyzicky napaden a sražen ze schodů. RTG bez čerstvých traumatických změn. Subj. bolesti pravého ramene, levého lokte a pravého SC skloubení

RTG: bez čerstvých traumatických změn

Dg: susp. ruptura rotátorové manžety pravého ramene

B. Ž. (otec) poškozený - hmotnost 97 kg, výška 192 cm.

B. Ž. (syn) obviněný - hmotnost 98 kg, výška 185 cm.

Ze závěrů znaleckého posudku z oboru zdravotnictví, odvětví soudní lékařství MUDr. A. C.: Podle lékařského zjištění utrpěl B. Ž. st. akutní rupturu rotátorové manžety pravé horní končetiny, podkožní krevní výron a kožní oděrku na levém lokti. Ruptura rotátorové manžety vzniká nejčastěji pádem na nataženou horní končetinu. Poranění mohlo dobře vzniknout tak, jak uvedl ve své výpovědi a předvedl při rekonstrukci poškozený. Bezprostředně po úrazu dne 25. 5. 2015 udával intenzivní bolest pravého ramene s omezením hybnosti, bolest levého lokte a v místě skloubení klíční kosti s lopatkou vpravo. Objektivním klinickým vyšetřením byl zjištěn otok a krevní podlitina pravého ramene, v oblasti pravé lopatky a levého lokte, kde byla též kožní oděrka. Nález byl uzavřen jako suspektní ruptura rotátorové manžety po distorzi (podvrtnutí) pravého ramene. Poranění mohlo vzniknout prudkým pádem ze schodů a přes překážku.

Pro znalecké hodnocení je důležitá analýza pohybu poškozeného podle výpovědí účastníků, pro upřesnění uvádím podstatné informace:

- B. Ž. (otec) - vystoupal jsem až na čtvrtý schod, váhu těla jsem už měl na podestě, jednou nohou jsem přizvedával ze třetího schodu na podestu, když syn přiběhl cestičkou ze záhonu na podestu a seshora mě srazil, domnívám se že asi pravou rukou, ze shora dolů pod schody, kde jsem spadl na záda na kaskádovité tvárnice a poté jsem se silou nárazu ještě překulil pod kaskádovité tvárnice.
- M. S. (přítekně otce) - když přítel vystoupal pár schodů k buňce, přiběhl jeho

syn od shora dokončovaného záhonu a srazil ho rukou dolů, pod buňku na betonové tvárnice. Přítel spadl dolů na záda, přitom v pravé ruce stále držel kufr, po pádu se ještě překulil na dlaždice pod buňku. Já jsem stála pár metrů od incidentu, vše jsem dobře viděla. Viděla jsem pana B. Ž., jak se zničehonic rozběhl od záhonu, mohlo to být ze vzdálenosti asi 10–12 metrů a z mírného svahu, a velmi silně do mého přítele vrazil rukou, kterou rukou to bylo, již nevím, vše bylo, jak jsem již řekla, velmi rychlé a nečekané. Útok byl nečekaný, můj přítel si ho nemohl všimnout, neboť se díval na opačnou stranu. Oba jsme si běžícího syna pana Ž. všimli až na poslední chvíli.

- B. Ž. (syn) - Takže jsem tam ztratil stabilitu, snažil jsem se zachytit rukama futer, nakonec jsem se pravou rukou neudržel a držel jsem se jen levou rukou a zůstal jsem stát na levé noze. On mě furt rval ven. Jak jsem chytil takovou tu rotaci podél těch futer, tak jsem cítil, že to sevření od otce povolilo a já jsem se přetočil o 180 stupňů a zády jsem narazil do dveří té buňky. Ty dveře byly zajištěné, aby se samy neotevíraly. Když jsem získal stabilitu, to chvíli trvalo, srovnal jsem se, tak jsem slyšel, jak mi otec nadává. Když jsem se podíval, tak jsem jej viděl, jak jde po schodech na dlažbu a k baráku. Šel po těch schodech, které vedou nahoru od kaskády směrem na dvorek. Myslím si, že na dvorku si někde vzal kufr a pokračoval ke vchodu do domu, kde stála paní M. S.
- B. Ž. (vnuk) - Já zaznamenal, jak můj otec stojí ve dveřích stavební buňky, čelem dovnitř, dědeček stál za mým otcem a rukou tahal otce za rameno. Kterou rukou a za které rameno, to si již nevzpomínám. Můj otec ztratil rovnováhu a začal padat z buňky ven. Na poslední chvíli se zachytil za rám dveří, přesto se částečně vyklonil z buňky a dědeček, který nečekal, že mu ruka sklouzne z otcova ramena, také ztratil rovnováhu. Dědeček podle mě, když ztratil částečné rovnováhu, nespadol ze schodů, ale neobratně ze schodů sklopýtal dolů. Sešel dolů, jednu nohu měl na kaskádě, druhou na žulovém podkladě. Pod schody teatrálně seskočil dolů, z kaskád, i když v tu chvíli již byl stabilní,
- Š. Ž. (manželka syna) - Manžel stál ve dveřích, byl otočený čelem do buňky a tchán k němu přišel a zezadu se mu doslova pověsil na záda. Oběma rukama ho chytil za ramena a chtěl ho vyvléci z buňky. Manžel ho asi slyšel, neboť tchán celou dobu nadával, nicméně útok byl prudký a nečekaný, manžel se instinktivně zachytil rámu dveří do buňky a snažil se udržet rovnováhu, To se mu podařilo jen částečně, pravá ruka mu sklouzla a tchán, který to nečekal, se mého manžela neudržel a seskočil ze schůdků dolů na betonové kaskády a z nich pak seskočil dolů na zámkovou dlažbu. Pokud si pamatuji, tak tchán nespadol tělem na zem, pouze docela pružně skočil sám o své vůli ze schodů a kaskády na dlažbu.

Verze B. Ž. (otce) podle proběhlé rekonstrukce



Obr. 5.12: Znárodnění verze B. Ž. st.

Podle rekonstrukce, měl být poškozený strčen v okamžiku, kdy přenesl váhu na pravou nohu, levou nohou nedosáhl na podestu a byl strčen synem do hrudníku. Poté začal padat vzad. Měl spadnout zády na tvárnice na okraji a to do prostoru, který poškozený vyznačil. Poté měl přepadnout na dlažbu za tvárnicemi.

Směr pohybu těla poškozeného byl uveden ve sdělení poškozeného a také je zakreslen na fotografiích z dokumentace ohledání místa události.

Poškozený nebyl zraněn na zádech, pouze byly zjištěny „otok a krevní podlitina pravého ramene, v oblasti pravé lopatky a levého lokte, kde byla též kožní oděrka. Nález byl uzavřen jako suspektní ruptura rotátorové manžety po distorzi (podvrtnutí) pravého ramene.“

Z dokumentace ohledání vyplývá vyznačený směr pádu podle výpovědi pana B. Ž., je znázorněn na obr. 5.13.



Obr. 5.13. Směr pohybu poškozeného podle dokumentace místa činu

Podle verze B. Ž. (syn) podle proběhlé rekonstrukce došlo k situaci jinak. Uvedl, že stál ve dveřích stavební buňky čelem dovnitř. Pád otce neviděl, probíhal za jeho zády.

Ve spisovém materiálu je uvedeno: *Já jsem stál po celou dobu čelem do zahradní buňky, na slova otce jsem nijak nereagoval, ani jsem se neotočil. Čekal jsem, až toho nechá a odejde. To, že se ke mně přiblížil, jsem poznal tak, že zesiloval jeho hlas a pak po chvíli přišel ten úder do ramene. Abych to upřesnil, tak jsem cítil úder do levého ramena a současně ihned poté tah za to rameno ven. Jako když mě chce vyrvat ven ze dveří. Já jsem byl levým ramenem blíže futer. Tak jsem rozhodil ruce, podařilo se mi zachytit levou rukou a pravá mi po chvíli sklouzla. Tak jsem se otočil kolem levých futer zády na buňku a obličejem ven o 180 stupňů. Při tom točení jsem pocítil, že to sevření za rameno povolilo a já jsem byl rád, že jsem to ustál. Otce jsem spadnout neviděl, byl jsem k němu zády.*



Obr. 5.14: Znárodnění verze podle B. Ž. (syn)

B. Ž. (vnuk) ve své verzi podle proběhlé rekonstrukce popsal incident tak, že otec stál ve dveřích stavební buňky, čelem dovnitř, Ž. st. jej chytil jednou rukou (neví jakou) za rameno, došlo k otočení těla a Ž. st. sestoupil po schodech dolů, k pádu nedošlo a poté udělal skok dolů na dlažbu pod tvárnice.



Obr. 5.15: Zázornění verze podle B. Ž. (vnuk)

M. S. (přítekně otce) podle proběhlé rekonstrukce potvrzuje verzi poškozeného, obviněný se rozbíhal ze vzdálenosti 10–12 m a poškozeného strčil velmi silně do prsou. Uvedla, že B. Ž. stoupal po schodech a když byl nakročen na poslední schod, tak se jeho syn rozběhl a strčil do něj do hrudníku, srazil jej ze schodů. Svědkyně uvádí, že poškozený měl otisk ruky na košili. Poté spadl dolů na tvárnice (na hlinu) a vzápětí se skulil dolů pod tvárnice. Zády dopadl na betonové tvárnice a z nich se překulil dolů. Útok byl nečekaný, můj přítel si ho nemohl všimnout, neboť se díval na opačnou stranu. Oba jsme si běžícího syna všimli až na poslední chvíli.



Obr. 5.16: Znáznění verze podle M. S.

Svědce M. S. na dotaz upřesnila dopad B. Ž. (otce) a figuranta umístila do polohy primárního dopadu, jak je znázorněno na obr. 5.17.



Obr. 5.17: Místo dopadu B. Ž. (otce), podle výpovědi jeho přítelkyně

Verze Š. Ž. (manželky syna) podle proběhlé rekonstrukce potvrzuje verzi B. Ž. (syna). Uvedla, že manžel stál ve dveřích, byl otočený čelem do buňky a tchán k němu přišel a zezadu se mu doslova pověsil na záda. Oběma rukama ho chytil za ramena a chtěl ho vyvléci z buňky. Manžel se instinktivně zachytil rámu dveří do buňky a snažil se udržet rovnováhu. To se mu podařilo jen částečně, pravá ruka mu sklouzla, a tchán, který to nečekal, se mého manžela neudržel a seskočil se schůdků dolů na betonové kaskády a z nich pak seskočil dolů na zámkovou dlažbu. Svědkyně uvedla, že tchán nespadol tělem na zem, pouze docela pružně skočil sám o své vůli ze schodů na kaskády a na dlažbu.

V jednotlivých výpovědích a předvedení na rekonstrukci jsou rozpory v otázce, zda měl poškozený v ruce kufr. A to následovně:

- B. Ž. (syn) a B. Ž. (vnuk) uvádí, že při incidentu neměl poškozený kufr v ruce.
- Poškozený B. Ž. (otec) uvedl, že měl kufr v pravé ruce, po celou dobu.
- M. S. (přítelkyně otce) uvádí, že poškozený kufr stále držel v pravé ruce.

V popisu děje jsou dvě odlišné verze:

- 1) Pan B. Ž. (otec) v průběhu incidentu neupadl na schody, ani na zem. To potvrzují ve výpovědích B. Ž. (syn), B. Ž. (vnuk) a Š. Ž. (manželka syna).
- 2) Pan B. Ž. (otec) upadl v průběhu incidentu. To potvrzují poškozený B. Ž. (otec) a M. S. (přítelkyně otce).

V průběhu řešení a zpracování znaleckého posudku bylo provedeno vlastní ohledání místa údajného dopadu těla a nafocení místa, kam měl poškozený dopadnout. Povrch je značně hrubý, jsou zřetelné vystupující okraje tvárnic a jsou čitelné ostřejší okraje. Z pohledu na fotografie je vidět, že při eventuálním dopadu na tento povrch by mohlo dojít s velkou pravděpodobností k poškození zad na místě dopadu.



Obr. 5.18: Fotografie místa, kam měl poškozený dopadnout

Při verzi podle B. Ž. (otec) bylo experimentálně zjištěno detekovatelné maximum cca 2,1 až 3,1 m/s (při opakovaných měřeních), tj. 7,5 km/h až 11,1 km/h. Podle této verze byl nakročen pravou nohou na horní část schodiště.

Při verzi podle B. Ž. (syn) bylo experimentálně zjištěno detekovatelné maximum cca 1,3 až 1,5 m/s (při opakovaných měřeních), tj. 4,7 km/h až 5,4 km/h.

Ve verzi B. Ž. (vnuk) uvádí shodné výchozí informace jako jeho otec. Experimentálně byla zjištěna rychlost cca 2,3 m/s (8,28 km/h).

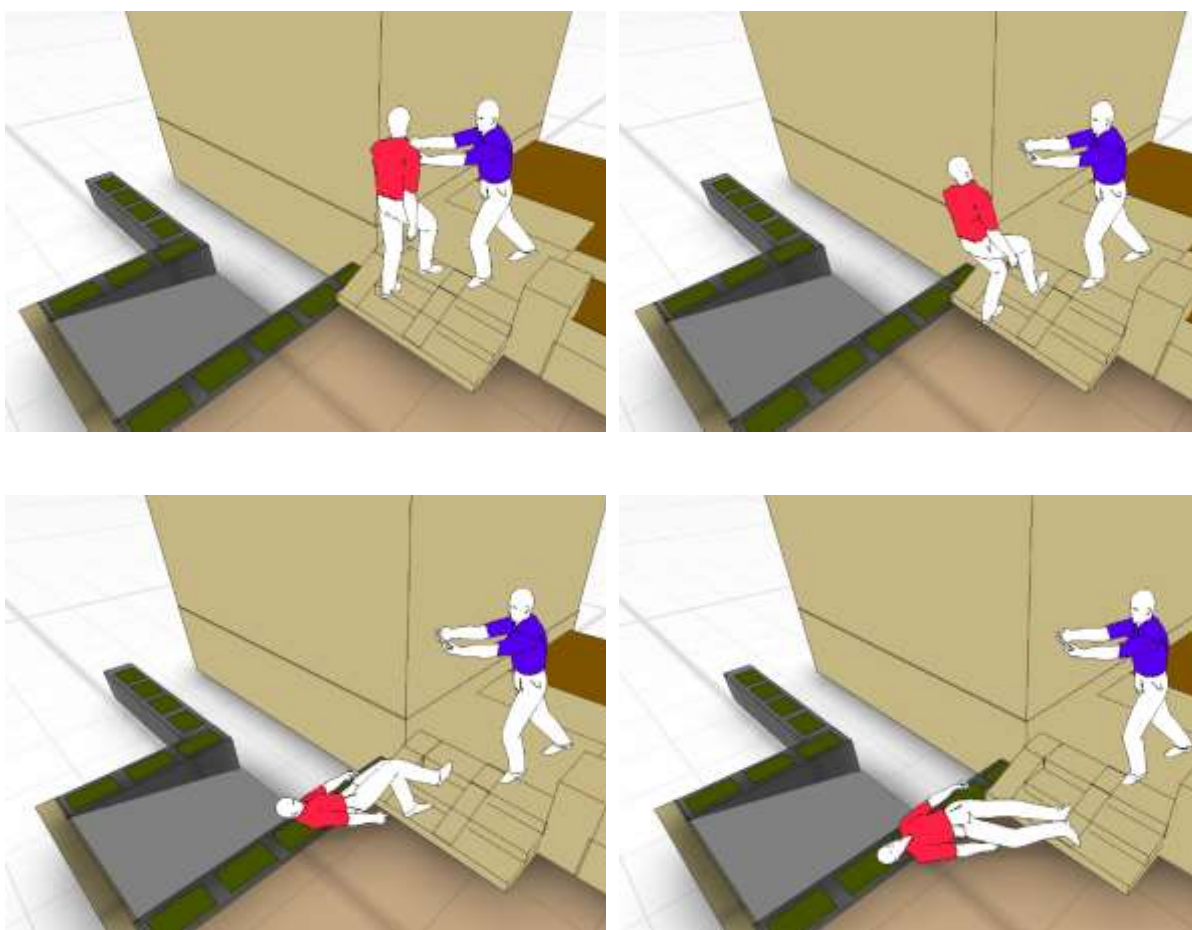
V posudku se také uvádí, že s odvoláním na výsledky měření nelze jednoznačně konstatovat neřízený pád poškozeného. Absence poranění zad svědčí spíše proti. Na druhou stranu členitost terénu s přihlédnutím k detekovatelným rychlostem těla při pohybu ze schodů poskytuje značný prostor pro ztrátu stability. Jako pravděpodobná se jeví verze sestupu ze schodů doprovázeného ztrátou stability a následný, z velké míry kontrolovaný, skok přes kaskádovité dlaždice na dlažbu pod nimi. Tato verze je nejbližší popisu průběhu události vnukem poškozeného.

Z důvodu zjištění biomechanické přijatelnosti vedených variant jsem provedl simulaci s podporou simulačního výpočetního programu Virtual Crash verze 3. Tento program využívá trojdimenzionální matematický model hmotných objektů a postavy lidského těla, vstupní údaje se mění a zadávají tak, aby vypočtená konečná poloha a vypočtený pohyb během zkoumaného děje co nejlépe odpovídaly skutečné konečné poloze a popsanému pohybu těla při pádu.

V počítačové simulaci byly zohledněny všechny rozměrové charakteristiky místa střetu, a podle dokumentace tělesná výška a hmotnost obou osob. Při počítačové simulaci jsem uvažoval všechny možné a v úvahu přicházející varianty. Situace na místě pádu byla zpracována podle dodané dokumentace.

Situace ve Virtual Crash 3 neumožňuje simulovat nesení kufru v pravé ruce. Také poloha útočnicka je v symbolické poloze před hrudníkem poškozeného. Pohyb poškozeného při strčení byl simulován podle dodaných hodnot a znázorňuje vysoce pravděpodobnou variantu chování. Připomínám, že pohyb těla v počítačové simulaci je vždy s jistou mírou pravděpodobnosti, software Virtual Crash 3 umožňuje s vysokou mírou pravděpodobnosti simulovat pohyb těla podle zadaných vstupních hodnot.

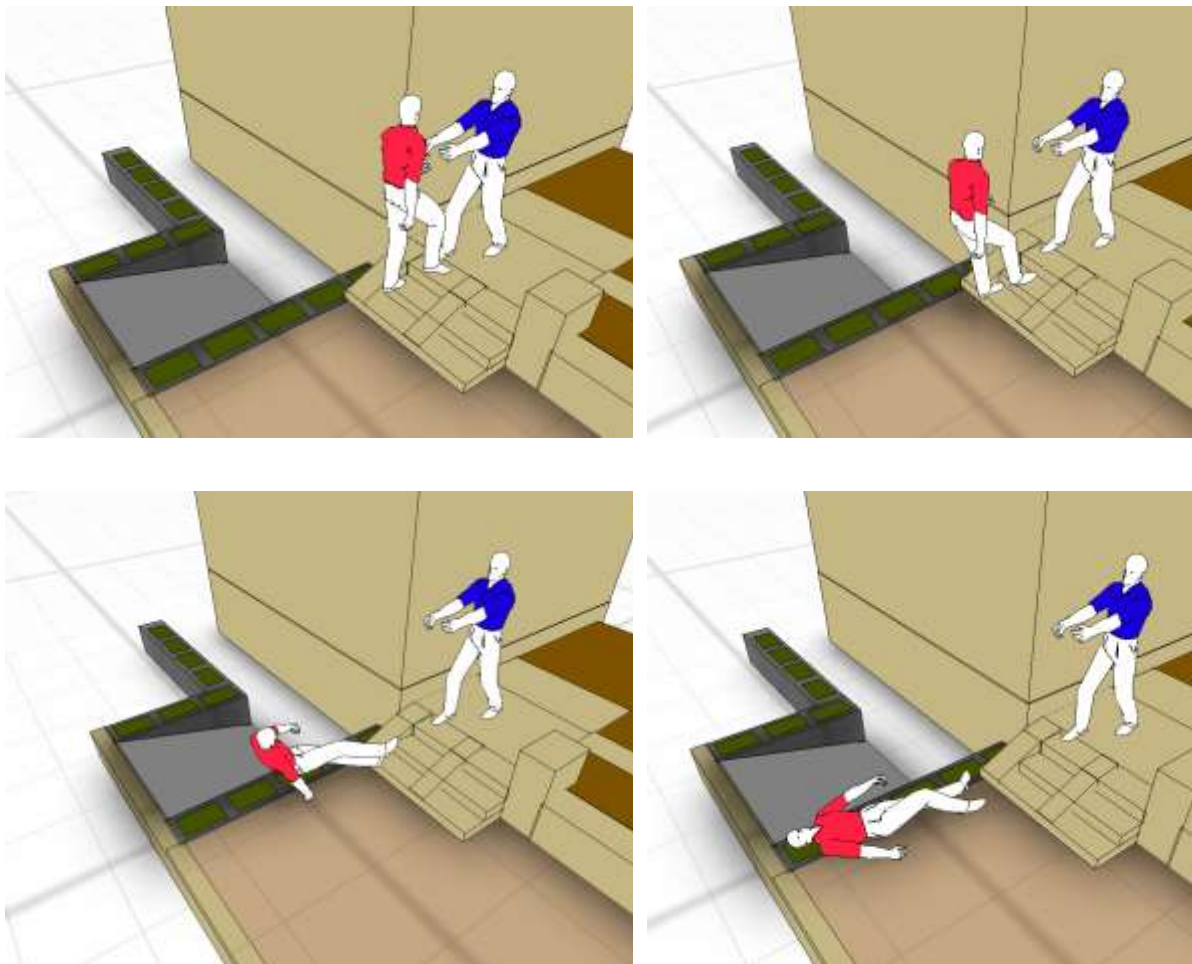
- 1) Varianta strčení do hrudníku tak, že poškozený dopadne do místa, jak bylo uvedeno poškozeným B. Ž. (otec) a M. S. (přítelkyně otce).



Obr. 5.19: Simulace pohybu s dopadem do místa dopadu, jak bylo dokumentováno dle B. Ž. (otec) a M. S. (přítelkyně otce)

Varianta simuluje pohyb a pád B. Ž. (otec) tak, že úder směřuje na hrudník a poté následuje pohyb ze schodů a pád těla, dopad do míst, které byly upřesněny při rekonstrukci a uvedli jej B. Ž. (otec) a M. S. (přítekně otce). V této variantě tělo dopadá zády na tvárnice.

2) Varianta, při které byly akceptovány kinematické hodnoty změřené v posudku z oboru kriminalistika, specializace forenzní biomechanika.



Obr. 5.20: Simulace pohybu těla poškozeného podle zjištěné rychlosti pohybu těžiště těla $v = 8 \text{ km/h}$, které byly změřeny při rekonstrukci

V rámci dokazování před soudem byl soudcem proveden vyšetřovací pokus s figurínou. Dokumentace z vyšetřovacího pokusu je na následujících obrázcích.



Rozběh k figuríně



Strčení do hrudníku figuríny



Dopad figuríny, konečná poloha

Obr. 5.21: Fotografická dokumentace vyšetřovacího pokusu



Obr. 5.22: Dopad figuríny, konečná poloha

Úkolem znaleckého hodnocení je posouzení jednotlivých variant průběhu události, jak bylo popsáno jednotlivými účastníky. Všichni zúčastnění potvrzují fyzický kontakt mezi dvěma účastníky, a to B. Ž. (otce) a B. Ž. (syna). V popisu děje jsou dvě odlišné verze:

- 1) Pan B. Ž. (otec) v průběhu incidentu neupadl na schody, pouze seskočil ze schodů.
- 2) Pan B. Ž. (otec) v průběhu incidentu upadl v důsledku fyzického napadení druhou osobou.

Podle biomechanického hodnocení jsou teoreticky možné obě dvě verze. Jednak dopad poškozeného na záda a jednak pohyb ze schodů bez dopadu, tj. pouhé seběhnutí po schodech. Pád ze schodů s iniciací druhé osoby byl popsán podle verze B. Ž. (otce) a M. S. (přítelkyně otce) s dopadem poškozeného na záda do míst tvárnic. Druhá varianta podle popisu B. Ž. (syna), B. Ž. (vnuka) a Š. Ž. (manželky syna) byla popsána bez dopadu na zem, poškozený pouze seběhl schody.

Vyhodnocením vstupních informací a celkovým hodnocením lze považovat za více pravděpodobnou variantu, že v průběhu incidentu nedošlo k pádu poškozeného B. Ž. (otce) na zem.

Podle verze poškozeného měl B. Ž. (syn) běžet z větší vzdálenosti a poškozeného strčit velmi silně do prsou, a to v okamžiku, kdy B. Ž. (otec) stoupal po schodech a byl nakročen na poslední schod. Poté měl poškozený spadnout dolů, zády dopadnout na betonové tvárnice a z nich se překulit dolů. Útok byl nečekaný.

Rozhodnutí, zda pohyb B. Ž. (otce) byl vyvolán přímým působením syna podle verze poškozeného, nebo sklouznutím ruky poškozeného z ramene jeho syna, který se v průběhu úchopu otáčel (ať už úmyslně nebo v důsledku toho úchopu) nelze jednoznačně rozlišit, ale jako pravděpodobná varianta se jeví takový průběh, že k pádu poškozeného na záda do míst pod schody nedošlo. Podle celkového hodnocení považují jako pravděpodobnou verzi popsanou vnukem poškozeného.

Pravděpodobnější variantu opírám o tato fakta – výpovědi všech svědků, místo údajného dopadu těla a fotografie místa, kam měl poškozený dopadnout. Dopadové místo je značně nerovné s vyčnívajícími okraji a při eventuálním dopadu na záda by bylo vysoce pravděpodobné, že by poškozený utrpěl zranění na zádech. Podle lékařské dokumentace nebylo zjištěno zranění na zádech. Absence poranění zad svědčí pro variantu uváděnou B. Ž. (syn), B. Ž. (vnuk), Š. Ž. (manželka syna). Pokud by došlo k úderu do hrudníku poškozeného a jeho následnému pádu, jak popsal poškozený, došlo by s velkou pravděpodobností k dopadu na místo tvárnic (ostré hrany, vývěska, nerovnosti) a s velkou pravděpodobností by se dala předpokládat viditelná zranění na zádech.

Stručně lze teda uzavřít následujícími tvrzeními:

- Vyhodnocením vstupních informací a celkovým hodnocením považují za více pravděpodobnou variantu, že v průběhu incidentu nedošlo k pádu otce - poškozeného B. Ž. (otec) na zem. Tvrzení obžalovaného, jeho manželky a jejich syna lze považovat za vysoce pravděpodobnou verzi.
- Pád poškozeného na záda do míst pod schody je vysoce nepravděpodobná varianta. Tvrzení poškozeného otce B. Ž. a jeho přítelkyně lze považovat za vysoce nepravděpodobnou verzi.

Soud prvního stupně odsoudil pana B. Ž. (syna) na 4 roky s podmíněným odkladem na pět let. Odvolací soud v neveřejném zasedání věc vrátil s tím, že rozsudek soudu prvního stupně zrušil a ohledně soudce uvedl, že chyby jak

v hodnocení důkazů, tak chyby procesní vyplývají z jeho nezkušenosti. Následně jednání soudu proběhlo částečně přímo na místě činu. V průběhu dokazování před soudem byly zpracovány celkem tři znalecké posudky z oboru forenzní biomechanika.

Městský soud v Praze dne 8. 4. 2019 zprostil obžaloby B. Ž. (syna). Skutek se stal 25. 5. 2014, celý proces se tak protahoval skoro pět let. V té době se syn B. Ž. začal léčit na psychiatrii a byl přes rok v pracovní neschopnosti. Otec odjel se svojí mladší přítelkyní na dovolenou a tři měsíce cestovali po Austrálii a Novém Zélandu. Právo bylo naplněno, ale celá věc zanechala psychické stopy na rodině syna.

Závěrečná úvaha k využití počítačové simulace ve znaleckém hodnocení

Využití počítačového modelu je výhodné pro řešení pohybových situací při vyšetřování trestné činnosti. Metoda přináší lepší výsledky než pokusné variování s figurínou. V počítači je možné simulovat velké množství variant, které v praxi nelze realizovat. Přesnost výsledku je závislá na dokonalosti počítačové simulace. Možnost počítačového modelování je zcela standardní v příbuzném forenzním oboru, jako je soudní inženýrství. Je zcela správné, že metody forenzní biomechaniky se budou ubírat podobným směrem počítačové simulace pohybu osob. Jsou to metody rychlejší, přesnější, lacinější a přináší zcela jasně širší možnosti experimentální práce. Pro další využití prezentované metody počítačové simulace bude vhodné komparovat výsledky kriminalistických experimentů s výsledky počítačového modelování¹⁷⁰.

Zvláštnosti kriminalistického experimentu lze spatřovat v tom, že kriminalistický experiment probíhá za podmínek, za kterých proběhla kriminalisticky relevantní událost, a jeho výsledky jsou zřejmé, registrovatelné pouhými smysly, bez potřeby přístrojů, složité analýzy nebo zvláštních znalostí. Objektem experimentu jsou jednotlivé okolnosti kriminalisticky významné události (např. trestného činu)¹⁷¹.

Pronikání vědy a techniky do kriminalistiky zlepšuje, zkvalitňuje a urychluje objasňování trestné činnosti. V kriminalistické praxi se často stává, že je potřeba analyzovat jednotlivé reálné varianty průběhu pohybové činnosti. Používají se jak figuranti nebo figuríny. To ale přináší komplikace. Velmi často není možné „odehrát“ celý děj tak, jak uvádějí jednotliví účastníci. V pohybové činnosti tak vzniká interval pohybu, který je neurčitý. Na něj mohou mít jednotliví zainteresovaní účastníci různý názor i představivost. I když se použijí figuríny, např. při objasňování pádu těla z výšky, vznikají nedokonalosti a neurčitost pohybu těla. Počítačové simulování vhodnými softwarovými programy přibližuje realitu děje zatím nejpřesněji. V počítači lze variovat všechny reálné varianty pohybu a vyjádřit tak biomechanickou přijatelnost nebo nepřijatelnost pohybu člověka.

Uvedený simulační program je podle mého názoru velmi vhodný pro biomechanické modelování pohybové akce, umožňuje velmi reálně simulovat pohyb člověka. Počítačovou simulací i reálným vyšetřovacím pokusem byly potvrzeny biomechanicky přijatelné verze.

Osobně jsem názoru, že lze s úspěchem využít simulační program Virtual Crash a PC Crash pro řešení problému forenzní biomechaniky zejména na řešení otázek pádu těla z výšky. Využití počítačové simulace poskytuje mnoho výhod, ale i několik

¹⁷⁰ STRAUS, J. Počítačová simulace a kriminalistický experiment. *Kriminalistika*. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2018, roč. 51/2018, č. 3, s. 204–215.

¹⁷¹ PORADA, V. et al. *Kriminalistika*. Brno: CERM, 2001, s. 69–102, PORADA, V., STRAUS, J. *Kriminalistický experiment*. Soudní inženýrství č. 5, 2000, STRAUS, J. et al. *Kriminalistická taktika*. 2. rozšířené vydání. Plzeň: Aleš Čeněk, 2008.

nevýhod. Na jednu stranu je to poměrně rychlé řešení umožňující validovat modely osob a řešit validované kinematické vazby mezi tělesy. Na druhou stranu je nutné si uvědomit, že lze analyzovat pouze dokonale tuhá tělesa, do modelů nelze zavést vnitřní aktivní síly (např. aktivita svalů) a relevance výsledků je zcela závislá na zavedených vstupních podmínkách.

Kriminalistický experiment se často využívá v kriminalistické praxi v případech objasňování pádů z výšky. Vezměme v úvahu současnou kriminalistickou praxi – pokud se řeší problém pádu z výšky, často se využije vyšetřovací pokus. Postupuje se tak, že se buď využije nějaký model člověk (jedná se často o hadrového panáka) nebo se tento model vytvoří. Většinou tak, že se vycpe overall do podoby a hmotnosti lidského těla. V takových případech se jedná o vyloženě laický přístup, figurína člověka zcela neodpovídá realitě. Poté se realizuje několik pokusů, nechá se padat figurína z dané výšky a většinou se kriminalisté snaží variovat jednotlivé verze. Tyto nedostatky je možné eliminovat provedením počítačové simulace v rámci kriminalistického experimentu.

Možnost variování pohybových dějů s podporou simulačního programu Virtual Crash velmi dobře nahrazuje v některých případech provedení expertizního experimentu. Samozřejmě, že nejvhodnější by bylo provedení vyšetřovacího pokusu a zároveň děj simulovat počítačově. V takových případech se získá vysoká jistota reálnosti sledovaného děje. Přispěje to k vysoké objektivizaci zkoumání a znaleckého hodnocení¹⁷².

Velmi široká komplexnost počítačových programů umožňuje posuzovat jak to, zda jsou odvozené a vypočítané výsledky v technicky přijatelném rozmezí, tak i technickou přijatelnost výpovědí jednotlivých účastníků nehody a porovnávat je se skutečností na místě činu. Ze zadokumentovaných stop na místě činu je možné velmi úspěšně zužovat meze pouze pro technicky přijatelné varianty řešení.

¹⁷² STRAUS, J. Počítačová simulace a kriminalistický experiment. *Kriminalistika*. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2018, roč. 51/2018, č. 3, s. 204–215.

Závěr

Pád lidského těla z výšky je z fyzikálního hlediska modelově srovnatelný s vodorovným vrhem tělesa. Pokud použijeme zjednodušení, kdy budeme uvažovat namísto těla pouze bod v místě jeho těžiště, můžeme pak pro výpočet trajektorie pohybu těla aplikovat stejné vzorce jako pro vodorovný vrh tělesa. Těžiště těla se tedy při pádu bude pohybovat po parabole, ale tělo samotné je otevřený kinematický řetězec a jeho poloha se během pádu může měnit, tudíž pozice těla po dopadu může taktéž naznačovat okolnosti, za jakých k pádu došlo.

Při posuzování pádu z výšky postupujeme retrospektivně. Tedy známe konečný stav děje a pokoušíme se z dostupných důkazů určit výchozí stav a jeho změny v čase. Avšak u pádů z výšky neexistuje jednoznačný vztah mezi konečnou polohou těla a počátečními podmínkami skoku. Jinými slovy stejného místa dopadu i polohy těla lze dosáhnout mnoha různými způsoby skoku. Kriminalistické metody nám tedy mohou pouze poskytnout informaci, zda předpokládaný průběh pádu je biomechanicky přijatelný nebo ne. K objasnění některých hypotéz, jak ke skoku došlo a zda je takový skok vůbec možné uskutečnit, je nutné provést mnoho výpočtů, které mohou být složité a časově náročné.

V těchto případech lze velmi dobře využít počítačovou simulaci, jež dokáže rychle a přesně spočítat různé druhy skoků a tak určit, zda výsledek pádu odpovídá skutečnosti, případně který z průběhů pádů je pravděpodobnější. Navíc počítačová simulace může zahrnovat i interakci těla s dalšími objekty během pádu, jako například dopad na nějaký předmět, nebo pád ze schodů. Tím může kriminalistům pomoci lépe zhodnotit počáteční podmínky a průběh pádu, jehož manuální výpočet by byl extrémně náročný a zdlouhavý.

Biomechanická analýza hraje významnou roli v případech objasňování pádů z výšky. Hlavní úlohou experta je pomoci objasnit, zda pád způsobila náhoda, sebevražedné jednání anebo zavinění ze strany druhé osoby. Účelem experimentů a modelování je např. u vraždy, spáchané vyhozením oběti z okna, znázornit polohu oběti a pachatele v rozhodujícím okamžiku, chování těla při pádu dolů, pravděpodobné místo dopadu, a to i při verzi vražedné, sebevražedné či verzi nešťastné nehody.

Velmi pozitivní posun v kvalitě kriminalistických experimentů a modelování situací přinesl rozvoj výpočetní techniky. Kriminalisté začali využívat grafickou počítačovou metodu z trojrozměrných dimenzí a to zejména u vražd spáchaných střelnou zbraní, vyhození oběti z okna, sebevražedných skoků z oken či nešťastných pádů z výšky.

Vedle klasických kriminalisticko-taktických metod, jako je kriminalistický experiment, získává na významu počítačová simulace. Z pohledu forenzní biomechaniky se rozumí zjištění kinematických a dynamických parametrů popisujících pohyb a interakci lidského těla s dalšími objekty na místě činu. To vše v souladu s dostupnými důkazy a výpověďmi svědků, poškozených, případně podezřelých osob.

Počítačové modelování je potřeba zejména v těch případech, kdy je nutné objasnit možné či nemožné varianty pohybové činnosti. Kriminalistické metody umožňují vyjádřit se k otázce, zda daná pohybová činnost je biomechanicky přijatelná nebo nepřijatelná. Je možné se také vyjádřit cestou počítačového modelování pohybu, která z variant je více pravděpodobná.

V literatuře se v posledních letech prezentují možnosti počítačové simulace, někteří autoři využívají model PC Crash, MADYMO, PAM-Crash nebo Virtual Crash, v poslední době se využívá simulační program Virthuman.

Biomechanická analýza hraje významnou roli v případech objasňování pádů z výšky. Hlavní úlohou experta je pomoci objasnit, zda pád způsobila náhoda, sebevražedné jednání anebo zavinění ze strany druhé osoby. Provedení experimentu a modelování je potřebné například u vraždy spáchané vyhozením oběti z okna. Dále u znázornění polohy oběti a pachatele v rozhodujícím okamžiku nebo chování těla při pádu dolů a pravděpodobného místa dopadu. Lze variovat verze vražedné, sebevražedné či nešťastné náhody. V kriminalistické praxi se kriminalistický experiment realizuje „odehráním“ jednotlivých variant provedení, variováním možností a posouzením výsledků. Figurant při experimentu opakuje jednotlivé pohybové činnosti, případně se využívá vhodné figuríny.

Při forenzně biomechanickém hodnocení pádu člověka z výšky je významné poznání horizontální složky rychlosti pádu. Tato hodnota je závislá jak na pohybové situaci při ztrátě kontaktu, tak na typu pádu, zda se jedná o spontánní pád, aktivní skok, krok vpřed, stranou, vzad nebo o aktivní působení síly druhé osoby. Důležité parametry při hodnocení pádu těla z výšky jsou také věk, hmotnost a pohlaví.

Zajímavá otázka se nabízí při hodnocení hranice pádu pro smrtelný pád. Obecně můžeme říci, že intenzita zranění a limita pro přežití při pádu z výšky záleží na dopadové rychlosti, mechanických podmínkách dopadové plochy (měkký nebo tvrdý povrch), dopadové poloze (dopad na nohy, na hlavu, na hrudník). V literatuře se uvádějí i jiné faktory, které ovlivňují mortalitu zranění. Neexistuje žádná pevná výška, kterou bychom mohli definovat jako smrtelnou výšku, ze které by padající člověk nepřežil. Existuje příliš mnoho proměnných, které budou dominovat faktoru mortality. Kritická výška koreluje s útlumem nárazu nebo absorpcí nárazu povrchového materiálu. Americká lékařská společnost pro traumatická zranění uvádí, že kritický práh pro smrtelný pád z výšky je 6 metrů. Studie vychází z analýzy zranění více jak stovky pacientů, kteří přežili pád z výšky. Hlavní parametry, které rozhodují o tom, zda člověk při pádu z výšky přežije, jsou věk, výška pádu, místo pádu, zranění hlavy a míchy a skóre traumatu související s úmrtností. Hlavními příčinami úmrtí byly subarachnoidální krvácení a subdurální hematom.

Kriminalistický experiment je v základních principech shodný s experimentem v kterékoliv jiné oblasti lidské činnosti. Při kriminalistickém experimentu může orgán činný v trestním řízení sám vyvolávat jevy analogické poznávanému jevu. Je možné měnit podmínky, za kterých jev probíhá nebo izolovat jednotlivé podmínky, prokazovat jejich prioritu významu pro vyvolaný jev a podobně. Zvláštnosti kriminalistického experimentu lze spatřovat v tom, že kriminalistický experiment probíhá za podmínek, za kterých proběhla kriminalisticky relevantní událost a jeho výsledky jsou zřejmé, registrovatelné pouhými smysly, bez potřeby přístrojů, složité analýzy nebo zvláštních znalostí. Objektem experimentu jsou jednotlivé okolnosti kriminalisticky významné události (např. trestného činu).

Při analýze pádů a poranění hlavy při extrémním dynamickém zatížení člověka tvoří samostatný směr zkoumání skupina pádů, které vznikají při překlopení těla kolem překlopné hrany, kterou tvoří přímka procházející plochou opory chodidel. Pokud nedochází k flexi v kolenním kloubu (osoba nepokrčuje kolena) a současně nedochází k flexi v kyčelním kloubu, pak se těžiště těla pohybuje po části kružnice. Při pádu z vertikální polohy stoje do horizontální polohy se délková osa těla sklápí o 90° a těžiště těla se pohybuje po čtvrtkružnici. V těchto případech padá tělo na plochu břicha nebo

zad a pro biomechanickou analýzu je dominantní úder do hlavy a s tím související důsledky.

Z hlediska potřeb praxe je nejčastějším způsobem pádu pád ze stoje, při němž dochází k poranění hlavy. Člověk při něm padá ze stoje vzad, dopadá na záda, a největší síla úderu směřuje na hlavu. Při tomto druhu pádu osoba neudrží krčními svaly hlavu v bezpečné poloze a při dopadu se v důsledku vzniku velmi silných dynamických sil udeří do hlavy. V průběhu pohybu padající osoba ve velké většině pád nekoordinuje, padá zcela spontánně, chaoticky, prohýbá se lukovitě v zádech, zaklání hlavu, v tomto případě padá vzad přímo na hlavu. Nejvyšší dynamickou zátěž pak přijímá pouze týlní část hlavy padající osoby. Výjimky mohou nastat v případě velmi malé skupiny speciálně trénovaných sportovců, především úpolových sportů (džudo, zápas, karate), kteří jsou na tento druh pádů speciálně trénováni a reagují reflexivně, pád tlumí koordinovanými pohyby. Dokonale zvládají pádovou techniku, tlumí náraz, při pádu sbalí tělo a při správně provedené technice pádu vzad nedochází ke kontaktu hlavy s podložkou. Z hlediska biomechanické analýzy nás bude zajímat krizová varianta pádu, při níž se osoba udeří do hlavy.

Podstatou biomechanického hodnocení je posouzení možného pádu, úderu hlavy o zem a vznik zjištěného zranění. Biomechanické řešení problematiky pádu ze stoje na podložku má často stochastický charakter. Přínosem dalšího zkoumání problematiky zakopnutí jistě bude komplexnější určení pravděpodobných dopadových rychlostí hlavy, kyčle, kolena či zápěstí. Stejně tak rozšíření vzorku figurantů poskytne více vypovídající výsledky, popř. odhalí nové skutečnosti a závislosti. Vhodným prvkem v analýze a přesnosti by též byla trojrozměrná analýza pohybu, protože takovéto složité pohybové projevy nelze provádět pouze ve dvojrozměrném prostředí. Problémem u zakopnutí je též fakt, že souhrnně lze charakterizovat pouze taková zakopnutí, která vykazují rysy některé z uvedených strategií. K zamyšlení by taktéž mohlo být, zda úspěšnost obnovy nesouvisí se silou dolních končetin anebo s obratností.

V posledních letech se objevuje řešení otázky biomechanického posouzení hodů předmětem, například se může jednat o hod kamenem, popelníkem, trubkou atd. Ve znalecké praxi bylo potřeba v několika případech řešit právě otázku dopadové energie hozeného předmětu a následné posouzení poškození. V řešení výzkumných otázek nás primárně zajímala možnost predikce odhodové a dopadové rychlosti břemene. Tento údaj umožňuje následně vyjádřit velikost kinetické energie a poté posoudit forenzně biomechanické parametry při dopadu na živý organismus (člověka). Provedli jsme poměrně rozsáhlé experimenty a měření v rámci řešení výzkumného projektu SVV na VŠFS s názvem „Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti“. Podmínky hodu jsme variovali podle různých parametrů, jako byli trénovaní a netrénovaní jedinci, pohlaví, hmotnost břemene, vliv alkoholu atd. Cílem výzkumu bylo zjistit, jaký vliv má trénovanost jedince na forenzní hodnocení hodu břemenem. Ze zjištěných dat je zřejmé, že výsledky měření ovlivnil rozdíl pohlaví osob účastnících se experimentu, dále technika provedení a hmotnost odhozeného břemene. Rozdíly v odhodové rychlosti byly zjištěny také v závislosti na hladině alkoholu v krvi. Je nesporné, že alkohol výrazně ovlivňuje jak dobu reakce, tak dobu rozhodování před vlastní motorickou činností. Významný podíl má i hladina alkoholu, která ovlivňuje zvolenou motorickou činnost při hodu nějakého předmětu.

Ze všech získaných hodnot je jednoznačně zřejmá vyšší počáteční rychlost u mužů sportovců než u nesportovců. Nejnižší hodnota představující rozdíl

u průměrných počátečních rychlostí, kterými létalo břemeno těsně po odhozu, byla o 6 m/s vyšší u sportovců než v případě nespportovců. Toho dosáhli sportovci při všech způsobech vrhu s břemenem o hmotnosti 1 kg. Nejvyšší průměrná hodnota určující rozdíl mezi sportovci a nespportovci dosáhla rychlosti lehce přes 10 m/s. Tento výsledek byl získán při vrhu s rozběhem.

Mezi počáteční rychlostí vrhaných břemen ženskými sportovkyněmi a ženami, které se sportu vůbec nevěnují či pouze okrajově, nebyl zjištěn výrazný rozdíl. Opět bylo v každé ze skupin po pětadvaceti ženách. I v tomto případě je jednoznačný lepší výkon sportovkyň, které s kilogramovým břemenem „přeházely“ nespportovkyně v průměru o 6 m/s. U lehčího břemene, tedy kamene s hmotností 500 g, se jedná o rychlost vyšší o 7 m/s. Tyto hodnoty jsou shodné pro každý z výše zmiňovaných způsobů vrhu.

Sportovci obou pohlaví dosáhli vyšších rychlostí u počáteční i dopadové rychlosti, a to při všech třech způsobech vrhu. Vzhledem ke vzorku 50 sportovců a 50 nespportovců různých antropometrických kategorií se dá tento výsledek považovat za relevantní. Současně je možné vyzorovat, že průměrná rychlost, ať už počáteční či dopadová, je vždy u sportovců obou pohlaví vrhajících těžší břemeno vyšší, než průměrná rychlost nespportovců vrhajících břemenem lehčím.

Experimenty se neprokázala verze, že trénovaní jedinci, kteří ke svému sportovnímu výkonu využívají hod či vrh, budou mít na první pohled znatelně lepší výsledky než sportovci, jejichž předností je jiná disciplína. Správnost této myšlenky byla vyvrácena silovými mužskými sportovci, kteří s břemenem o hmotnosti 500 g byli schopní vyvinout nejvyšší počáteční i dopadovou rychlost při vrhu z místa, stejně tak i s rozběhem, než tomu bylo v případě házenkářů. U ostatních hodů se pravdivost hypotézy potvrdila, a to konkrétně při vrhu z místa, bokem i s rozběhem, v případě, že bylo použito kilogramové břemeno muži i ženami. U žen se správnost tvrzení potvrdila také při vrhu lehčího z břemen. Muži tuto hypotézu s lehčím břemenem potvrdili pouze při vrhu bokem. Příčinu nesouladu teze v případě mužských sportovců s lehčím břemenem se nepodařilo zjistit.

Ze stanovených hypotéz se jednoznačně podařilo potvrdit pouze jednu, která předpokládala, že trénovaní jedinci budou mít výrazně lepší výsledky nežli ti netrénovaní. Prokázala se při všech proměnných parametrech, tedy při všech typech vrhů s jedním i oběma břemeny. Neprokázalo se, že trénovaní jedinci, kteří ke svému sportovnímu výkonu využívají hod či vrh, budou mít na první pohled znatelně lepší výsledky než sportovci, jejichž předností je jiná disciplína. Správnost této myšlenky byla vyvrácena silovými mužskými sportovci, kteří s břemenem o hmotnosti 500 g byli schopní vyvinout nejvyšší počáteční i dopadovou rychlost při vrhu z místa, stejně tak i s rozběhem, než tomu bylo v případě házenkářů. U ostatních hodů se pravdivost hypotézy potvrdila, a to konkrétně při vrhu z místa, bokem i s rozběhem, v případě, že bylo použito kilogramové břemeno muži i ženami. U žen se správnost tvrzení potvrdila také při vrhu lehčího z břemen. Muži tuto hypotézu s lehčím břemenem potvrdili pouze při vrhu bokem.

Pro predikci doby latence na motorickou činnost má výrazný vliv alkohol, který ovlivňoval celý soubor komponent reakčního času, resp. i celkového trvání akce. Zajímavé výsledky poskytla analýza vlivu alkoholu na reakční rychlost, kdy subjekty byly v průměru nízkými hladinami dokonce excitovány, konkrétně při hladině alkoholu v krvi cca 0,08 ‰. Následně docházelo k negativní determinaci dosahující při cca 0,4 ‰ a výše poměrně vysokých hodnot. Analýza experimentálně zjištěných hodnot naznačuje excitační efekt alkoholu pro velmi malé hladiny alkoholu v krvi do 0,23 ‰.

Lze konstatovat, že rychlost odhozeného břemene narůstá do hladiny 1,1 ‰, poté začíná klesat. Při měření se neprokázal výrazný rozdíl mezi věkovými skupinami, tělesnou výškou a váhou probandů.

Dosud málo prostudovaný forenzně biomechanický problém je limitní hranice hmotnosti při manipulaci s bezvládným tělem. Z výsledků experimentů bylo zjištěno, že samotná hmotnost obou osob nehraje primární roli při manipulaci osoby s bezvládným lidským tělem. Nebylo výjimkou, že trénovaná osoba o hmotnosti 100 kg měla značné problémy se zvednutím bezvládného těla o stejné váze a naopak netrénovaná osoba o hmotnosti 77 kg zvedla o více jak dvacet kilogramů těžší bezvládné tělo bez sebemenších potíží. Tím bylo dokázáno, že váhový rozdíl není hlavním faktorem, který ovlivňuje schopnost pokusné osoby manipulovat s bezvládným tělem. Hlavním faktorem ovlivňujícím manipulaci se ukázala technika pohybu samotného zvednutí. Tedy, že menší člověk s menší hmotností dokáže zvednout těžší bezvládné tělo, pokud použije správnou techniku.

Literatura

1. ADAMEC, J., GRAW, M., PRAXL, N. Numerical Simulation in Biomechanics – A Forensic. *Acta Univ. Palacki. Olomuc.*, Gymnika. 2006, vol. 36, no. 4, 33.
2. ADAMEC, J. et al. Forensic biomechanical analysis of falls from height using numerical human body models. *J Forensic Sci.* 2010; 55(6), s. 1615–23.
3. AL, B., YILDIRIM, C., COBAN, S. Falls from heights in and around the city of Batman. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2009; 15(2):141–7.
4. ATANASIJEVIC, T., POPOVIC, V., NIKOLIC, S. Characteristics of chest injury in falls from heights. *Leg Med* 11, 2009, s. 315–317.
5. BARONE, E. *This Is the Safest Place to Sit on a Plane*. Time. [Online] 25. 6. 2015. <https://time.com/3934663/safest-seat-airplane/>
6. BECK, G. R., RABINOVITCH, P., BROWN, C. A. *Acceleration forces at eye level experienced with rotation on the horizontal bar*. *Journal of Applied Physiology* 46(6):1119-1121, 1979.
7. BLECHOVÁ, A. *Kriminalistické a forenzní biomechanické aspekty manipulace s bezvládným lidským tělem*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2023.
8. BRADÁČ, A. a kol. *Soudní inženýrství*. Brno: CERM, 1999.
9. CASE, M., GRAHAM, M., HANDY, T., JENTZEN, J., MONTELEONE, J. The National Association of Medical Examiners Ad Hoc Committee on Shaken Baby Syndrome. Paper on fatal head injuries in infants and children. *American Journal of Forensic Medicine and Pathology*. Vol. 22, No 2, 2001, pp. 112–122.
10. CORY, C. Z., JONES, B. M. Can shaking alone cause fatal brain injury? A biomechanical assessment of the Duhaimé shaken baby syndrome model. *Med Sci Law*, Vol. 43. No 4, 2003, pp. 317–333.
11. CRAIG, R. *Sonic Wind, the story of John Paul Stapp and How a Renegade Doctor Became the Fastest Man on Earth*. W. W. Norton & Company New York-London, 1953, ISBN 978-1-63149-078-8.
12. CROSS, R. Falls from a height. *Am. J. Phys.* 76, 9, September 2008, pp. 833–837.
13. DAVID, T. J. Shaken baby (shaken impact) syndrome: Non-accidental head injury in infancy. *Royal Soc. Med.*, 92, 1999, pp. 556–561.
14. DEMIRARSLAN, H. Visual information processing and response time in traffic-signal cognition. [online]. [cit. 9. 10. 2008]. Dostupné z: <http://stinet.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA248165&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>
15. DONG, X. S., FUJIMOTO, A., RINGEN, K. & MEN, Y. Fatal falls among Hispanic construction workers. *Accident Analysis & Prevention*, 2009, 41(5), pp. 1047–1052.
16. DURANTE, F. *Tools and Biomechanical Modeling Use in Legal Disputes: Some Case Studies*. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 17 December 2019. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00429>.
17. DURECOVÁ, K. *Rozlišení problematiky duševní nemoci a mentálního postižení, posuzování sociálních dovedností jako předmět znaleckého posudku, výběr adekvátních odborníků*. [online]. [cit. 2011-03-22]. Dostupné z: www.kvalitavpraxi.cz/res/data/001/000252.pdf

18. EPPINGER, R. et al. Development of Improved Injury Criteria for the Assessment of Advanced Automotive Restraint System-II. NHTSA, Nov 1999, March 2000. [online]. Dostupné z: www.mchenrysoftware.com/HIC%20and%20the%20ATB.pdf
19. FIALKA, J. Biomechanika tupého poranění. *Sborník IV. symposia Kriministické, soudně lékařské a soudně inženýrské aplikace biomechaniky*. Praha: IVVZ FMV, 1990, s. 67–75.
20. GOONETILLEKE, A. *Injuries caused by falls from heights*. Med Sci Law, 1980.
21. HOLUBOVÁ, R., STRAUS, J. SLEZÁKOVÁ, J. *Forensics and Physics*. 1st. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing, 2022. 189 s.
22. HÖSCHL, C., LIBIGER, J., ŠVESTKA, J. *Psychiatrie*. Praha: Tigis, 2004.
23. HUANG, X., HINZE, J. & ASCE, M. Analysis of construction worker fall accidents. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2003, 129, pp. 262–271.
24. JÍCHOVÁ, N. Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodů břemenem, DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.
25. KALINA, K. *Klinická adiktologie*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-4331-8.
26. KALOUSOVÁ, A. *Kriministická a forenzní analýza pádu těla z výšky*. Diplomová práce (vedoucí Jiří Straus), Praha: VŠFS, 2021.
27. KARAS, V. *Biomechanika pohybového aparátu člověka*. Praha: UK, 1978.
28. KIRAN KUMAR, J. V., SRIVASTAVA, A. K. Pattern of Injuries in fall from Height. *J Indian Acad. Forensic Med. Jan-March*, 2013, Vol. 35, No. 1, pp. 47–50.
29. KIRKWOOD, M., YEATES, K. O., TAYLOR, G. *Management of Pediatric Mild Traumatic Brain Injury: A Neuropsychological Review From Injury Through Recovery*. *The Clinical Neuropsychologist*, September 2008, vol. 22, no. 5, s. 769–800. ISSN 1744-4144.
30. KISSOVÁ, D. *Forenzní analýza vybraných faktorů volného nekoordinovaného pádu z hlediska výšky pádu*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2020.
31. KONRÁD, Z., PORADA, V., STRAUS, J., SUCHÁNEK, J. *Kriministika – Kriministická taktika a metodiky vyšetřování*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2015.
32. KOVÁŘ, L., HLUCHÁ, J. *ESI VIRTHUMAN models for impact*. DHM and Posturography, 2019.
33. KŘIVÁNKOVÁ, L. *Forenzní analýza vybraných faktorů volného nekoordinovaného pádu z hlediska fyziologických parametrů*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2020.
34. KUBÁSKOVÁ, T. Vliv pohlaví na forenzní hodnocení hodů břemenem. DP (vedoucí Jiří Straus). Praha: VŠFS, 2023.
35. LALWANI, S. et al. *Patterns of injuries in fatal falls from height. A retrospective review*, 1999.
36. LAU, G., OOI, P. L., PHOON, B. *Fatal falls from a height: The use of mathematical models to estimate the height of fall from the injuries sustained*, 1997.
37. LEBEDEV, A. N. *Vozmožnosti rekonstrukcii nekotorych obstoitelstv smertelnoj travmy pri padenii s vysoty*. *Voj. Med. Acad. jur.*, 1985, s. 18–21.
38. LIU, C., WANG, C., SHIH, H., WEN, Y., WU, J., HUANG, C. et al. Prognostic factors for mortality following falls from height. *Injury*. 2009; 40(6):595–7.

39. MAÑAS, J., KOVÁŘ, L., PETŘÍK, J., ČECHOVÁ, H., ŠPIRK, S. *Validation of Human Body Model VIRTHUMAN and its Implementation in Crash Scenarios*. In: Beran, J., Bílek, M., Hejnova, M., Žabka, P. (eds) *Advances in Mechanisms Design. Mechanisms and Machine Science*, vol. 8. Springer, Dordrecht. 2012.
40. MILANOWICZ, M., BUDZISZEWSKI, P. Wykorzystanie komputerowego modelu człowieka do rekonstrukcji wypadków przy pracy. *Mechanik*, 2011, 84, 7, s. 567–574.
41. MOTTLOVÁ, Š. *Kriminalistický experiment* (diplomová práce). Praha: PF UK, 2020.
42. NOVÁK, J., SKOUPÝ, O., ŠPIČKA, I. *Sebeobrana a zákon*. Praha: Klavis, 1991, s. 16–21.
43. PASCOLETTI, G., CATELANI, D., CONTI, P., CIANETTI, F., ZANETTI, E. M. Multibody Models for the Analysis of a Fall From Height: Accident, Suicide or Murder? *Front. Bioeng. Biotechnol.* 12 December 2019.
44. PAVLATA, P., VYCHYTIL, J. Simulace dopravní nehody kloubového autobusu se zaměřením na ohodnocení biomechanické zátěže cestujících. *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2018*. VUT USI Brno, 2018, ISBN 978-80-214-5600-6, s. 194–206.
45. PELCLOVÁ, D. *Nemoci z povolání a intoxikace*. 2. vydání. Praha: Karolinum, 2006.
46. PORADA, V., STRAUS, J. *Kriminalistický experiment*. Soudní inženýrství č. 5, 2000.
47. PORADA, V. et al. *Kriminalistika*. Brno: CERM, 2001, s. 69–102.
48. PORADA, V. et al. *Kriminalistika II*. Olomouc: PF UP, 1995.
49. PRERAD, V., VYCHODIL, M. *Vyšetřovací experiment a rekonstrukce trestného činu*. Praha: AUC Iuridica, Monographia LIV, Univerzita Karlova, 1990.
50. PRERAD, V. *Vyšetřovací experiment*. Praha: Ústav kriminalistiky Právnické fakulty UK, 1972.
51. PRERAD, V. Vyšetřovací pokus – problémy a pochybení při praktickém provádění a jejich procesní důsledky. In *Bulletin advokacie*, 1997, č. 6–7, s. 55–71.
52. PRERAD, V. *Experiment*. Praha: Ústav kriminalistiky PF UK, 1992.
53. PRERAD, V., VYCHODIL, M. *Experiment a rekonstrukce trestného činu*. Praha: Univerzita Karlova, Monographia XIV, Iuridica 3/1990.
54. RYBÁČEK, M. *Biomechanické aspekty manipulace s bezvládným lidským tělem z hlediska hmotnosti a trénovanosti*. Diplomová práce (vedoucí J. Straus). Praha: VŠFS 2023.
55. SHAW, K. P., HSU, S. Y. Horizontal distance and height determining falling pattern. *Journal of Forensic Sciences*. 1998; 43/4, s. 765–771.
56. SKÁLA, J. *Závislost na alkoholu a jiných drogách*. 1. vydání. Praha: Avicenum, 1987. ISBN 08-077-87.
57. SOUTHERLAND, L. T., STEPHENS, J. A., ROBINSON, S., FALK, J., PHIEFFER, L., ROSENTHAL, J. A. et al. Head trauma from a fall increases subsequent visits to the emergency department more than other fall injuries in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2016; 64 (4): 870–4.

58. STRAUS, J. Biomechanické aspekty pádů člověka z výšky. Sborník vědeckých prací *Identifikace potřeb právní praxe jako teoretický základ pro rozvoj kriminalistických a právních specializací*. Karlovy Vary: VŠKV, 2012, s. 288–297.
59. STRAUS, J., PORADA, V. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a.s., 2018. 168 s. Edice SCIENCEpress.
60. STRAUS, J. *Forenzní biomechanika. Teoretické, experimentální a empirické metody*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2021. 204 s. Edice SCIENCEpress.
61. STRAUS, J. a kol. *Kriminalistická taktika*. 2. rozšířené vydání. Plzeň: Aleš Čeněk, 2008.
62. STRAUS, J., PORADA, V. Forensic Biomechanical Application in Criminalistic. *Forensic Science International*. Volume 169, Supplement 1, 2007, s. 40.
63. STRAUS, J. Balance of Mechanical Energy at External Head Impact. Research Papers: *Criminalistic and Forensic Examination: Science, Studies, Practice*. Vilnius 2007, s. 169–173.
64. STRAUS, J., DANKO, F. Reakční čas na náhodný podnět vyžadující komplexní motorickou odezvu - pilotní studie. *Pohybové ústrojí*, roč. 16, 2009, č. 1+2, s. 52–63.
65. STRAUS, J. Průběžná zpráva projektu SVV „Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti“, evidován pod číslem 7427/2022/01.
66. STRAUS, J. *Pád z výšky a počítačová simulace*. Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování, Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2020.
67. STRAUS, J. Vliv alkoholu na reakční dobu a motorické chování člověka. *Drugs and Forensics bulletin NPD*. Praha: Policie České republiky, Národní protidrogová centrála SKPV, 2023, XXIX, 3/2023, s. 4–12.
68. STRAUS, J. Experimentální metody zkoumání biomechaniky pádu z výšky. In Matej BARTA, Ľuboš CEHLÁRIK. *POKROKY V KRIMINALISTIKE 2022: zborník vedeckých prác a štúdií*. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave, 2022, s. 269–283.
69. STRAUS, J. Jaká výška pádu je smrtelná? In Markéta Brunová. *Trestně právní a kriminalistické aspekty dokazování*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2020, s. 331–337.
70. STRAUS, J. Hraniční meze biomechanického hodnocení pádu a skoku z výšky. *Forenzní vědy, právo, kriminalistika*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, a. s., 2020, roč. 6, 1/2020, s. 42–57.
71. STRAUS, J. Pád z výšky a počítačová simulace. In Jana Viktorová, Jaroslav Blatnický. *Teória a prax vyšetřovania*. 1. vyd. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislavě, 2020, s. 201–210.
72. STRAUS, J. Variabilita biomechanického hodnocení pádu z výšky. In Michal Křížák, Roman Mikulec, Albert Bradáč. *Sborník příspěvků konference Expert Forensic Science Brno 2020*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2020, s. 218–227.
73. STRAUS, J. Počítačová simulace a kriminalistický experiment. *Kriminalistika*. Praha: Ministerstvo vnitra ČR, 2018, roč. 51/2018, č. 3, s. 204–215.
74. STRAUS, J. Biomechanické hodnocení pádu z výšky. In Kristýna Kubášová, Adam Kratochvíl, Katarína Mendová, Jana Garanová Křišťáková. *Sborník z Mezinárodní*

- konference „Human Biomechanics 2023“, České vysoké učení technické v Praze. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky, 2023, s. 56–58.
75. STEEDMAN, D. J. *Severity of free fall injury*. Injury, 1989.
 76. TURGUT, K., SARIHAN, M. E., COLAK, C., GUVEN, T., GURBUZ, S. Falls from height: A retrospective analysis, *World J Emerg Med*. 2018; 9(1): 46–50.
 77. TÜRK, E. E. & TSOKOS, M. Pathologic features of fatal falls from height. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 2004, 25(3), s. 194–199.
 78. VÁGNEROVÁ, M. Psychopatologie pro pomáhající profese: variabilita a patologie lidské psychiky. Praha: Portál, 1999. ISBN 80-7178-214-9.
 79. VALERIAN, L. *Vybrané kriminalistické metody při objasňování vražd a podezřelých úmrtí*. Dizertační práce, Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislavě 2006.
 80. VÉMOLA, A. *Komplexní hodnocení podpory analýzy silničních nehod simulačním programem*. Habilitační práce, ÚSI VUT Brno, 2008.
 81. Vesna Vulovic, *stewardess who survived 33,000 ft fall, dies*. BBC. [Online]. [cit. 24. 12. 2016]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/world-europe-38427411>.
 82. VYCHODIL, M. *Rekonstrukce trestného činu*. Praha: Ústav kriminalistiky Právnické fakulty UK, 1973.
 83. VYCHODIL, M. *Využití modelů při vyšetřování*. Praha: Knihnice Vojenské prokuratury, 1984.
 84. WACH, W., UNARSKI, J. *Fall from Height in a steirwell – mechanics and simulation analysis*. Forensic Science International, 2014.
 85. WASZKIEWICZ, N., ZALEWSKA, A., SZULC, A., KEPKA, A., KONARZEWSKA, B., ZALEWSKA-SZAJDA, B., CHOJNOWSKA, S., WASZKIEL, D., ZWIERC, K. Wpływ alkoholu na jamę ustną, ślinianki oraz ślinę [The influence of alcohol on the oral cavity, salivary glands and saliva]. *Pol Merkur Lekarski*. 2011 Jan; 30(175):69-74. Polish. PMID: 21542250.
 86. WIERSMA, M. & CHARLES, M. Occupational injuries and fatalities in the roofing contracting industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2006, 131(11), p. 1233–1240.
 87. WOODSON, W. E., TILLMAN, B., TILLMAN, P. *Human Factors Design Handbook*. New York: McGraw-Hill Professional, 1991, s. 630.
 88. YAGMUR, Y., GULOGLU, C., ALDEMIR, M., ORAK, M. Falls from flatroofed houses: a surgical experience of 1,643 patients injury. 2004; 35(4):425–8.
 89. ZLATAR, T., LAGO, E. M. G., SOARES, W. A., BAPTISTA, J. S. & BARKOKÉBAS Jr., B. Falls from height: analysis of 114 cases. *Production*, 29, 2019, e20180091.
 92. *Hod dlažební kostkou po svědkovi byl pokusem o vraždu, rozhodl soud*. [online]. [cit. 18. 3. 2023]. Dostupné z: doi:https://www.idnes.cz/praha/zpravy/dlazebni-kostka-utok-soud-svedek-zraneni-justicni-areal-micanky.A230223_104156_praha-zpravy_iri
 90. *Která kost se zlomí? Virtuální model určí zranění člověka při autonehodě*. [Online]. *idnes*. [cit. 27. 2. 2016] Dostupné z: https://www.idnes.cz/plzen/zpravy/hyncik-virthuman-virtualni-model-lidskeho-tela-dopravni-nehody-nasledky.A160224_111639_plzen-zpravy_pp

Souhrn

Kriminalistické a biomechanické aspekty vybraných pohybových akcí

Forenzně biomechanické zkoumání se neustále rozšiřuje a prohlubuje. V uvedené monografii jsou zkoumány vybrané kriminalistické problémy, které jsou potřebné pro kriminalistickou praxi a forenzně biomechanické znalecké zkoumání. Hlavní pozornost je zaměřena na pády lidského těla z výšky, pády ze stoje na zem, simulace lidského těla počítačovými modely a experimentování v biomechanickém zkoumání. Výrazná pozornost je věnována také hodů břemenem o různé hmotnosti a různými pohybovými činnostmi.

Pád lidského těla z výšky je z fyzikálního hlediska modelově srovnatelný s vodorovným vrhem tělesa. Pokud použijeme zjednodušení, kdy budeme uvažovat namísto těla pouze bod v místě jeho těžiště, můžeme pak pro výpočet trajektorie pohybu těla aplikovat stejné vzorce jako pro vodorovný vrh tělesa. Těžiště těla se tedy při pádu bude pohybovat po parabole, ale tělo samotné je otevřený kinematický řetězec a jeho poloha se během pádu může měnit, tudíž pozice těla po dopadu může taktéž naznačovat okolnosti, za jakých k pádu došlo.

Vedle klasických kriminalisticko-taktických metod, jako je kriminalistický experiment, získává na významu počítačová simulace. Z pohledu forenzní biomechaniky se rozumí zjištění kinematických a dynamických parametrů popisujících pohyb a interakci lidského těla s dalšími objekty na místě činu. To vše v souladu s dostupnými důkazy a výpověďmi svědků, poškozených, případně podezřelých osob.

Typický postup rekonstrukce je retrospektivní, tj. známe konečný stav děje a z dostupných důkazů se snažíme zjistit výchozí stav a jeho změny v čase až po námi známý stav. U pádu z výšky neexistuje obecný jednoznačný vztah mezi počátečními podmínkami pádu a konečnou polohou poškozeného a finální polohy lze dosáhnout z různých vstupních podmínek.

Počítačové modelování je potřeba zejména v těch případech, kdy je nutné objasnit možné či nemožné varianty pohybové činnosti. Kriminalistické metody umožňují vyjádřit se k otázce, zda daná pohybová činnost je biomechanicky přijatelná nebo nepřijatelná. Je možné se také vyjádřit cestou počítačového modelování pohybu, která z variant je více pravděpodobná.

V literatuře se v posledních letech prezentují možnosti počítačové simulace, někteří autoři využívají model PC Crash, MADYMO, PAM-Crash nebo Virtual Crash, v poslední době se využívá simulační program Virthuman.

Při forenzně biomechanickém hodnocení pádu člověka z výšky je významné poznání horizontální složky rychlosti pádu. Tato hodnota je závislá jak na pohybové situaci při ztrátě kontaktu, tak na typu pádu. Naznačuje, zda se jedná o spontánní pád, aktivní skok, krok vpřed, stranou, vzad nebo o aktivní působení síly druhé osoby. Důležité parametry při hodnocení pádu těla z výšky jsou také věk, hmotnost a pohlaví.

Počítačová simulace s použitím modelů lidského těla poskytuje vysvětlení mnoha do té doby nejasných aspektů případu. Tato metoda poskytuje objektivní a kvantitativní informace umožňující daleko přesnější analýzu studovaného jevu nebo události – kinematické i dynamické parametry lidského těla a jeho interakce s okolními strukturami. Dokonce je možné zjišťovat i síly působící uvnitř organismu a díky tomu přesněji predikovat trauma. Všechny důležité neznámé parametry (počáteční

podmínky numerické simulace, jako pozice těla a jeho jednotlivých segmentů, jeho orientace v prostoru, počáteční rychlost atp.) lze parametrizovat a obsáhnout tak všechny možné konstelace. Další velmi důležitou předností této metody je propracovaná a efektivní vizualizace výsledků výpočtů, která usnadňuje pochopení studovaných událostí a jevů pro soudce, státní zástupce, advokáty a policii, kteří nemusí mít hluboké biomechanické znalosti.

Z hlediska potřeb praxe je nejčastějším způsobem pádu ze stoje, při němž dochází k poranění hlavy, pád vzad. Člověk při něm padá ze stoje vzad, dopadá na záda, a největší síla úderu směřuje na hlavu. Při tomto druhu pádu osoba neudrží krčními svaly hlavu v bezpečné poloze a při dopadu se v důsledku vzniku velmi silných dynamických sil udeří do hlavy. V průběhu pohybu padající osoba ve velké většině pád nekoordinuje, padá zcela spontánně, chaoticky a prohýbá se lukovitě v zádech, zaklání hlavu, v tomto případě padá vzad přímo na hlavu. Nejvyšší dynamickou zátěž pak přijímá pouze týlní část hlavy padající osoby. Výjimky mohou nastat v případě velmi malé skupiny speciálně trénovaných sportovců, především úpolových sportů (džudo, zápas, karate), kteří jsou na tento druh pádů speciálně trénováni a reagují reflexivně, pád tlumí koordinovanými pohyby. Dokonale zvládají pádovou techniku, tlumí náraz, při pádu sbalí tělo a při správně provedené technice pádu vzad nedochází ke kontaktu hlavy s podložkou. Z hlediska biomechanické analýzy nás bude zajímat krizová varianta pádu, při níž se osoba udeří do hlavy.

V posledních letech se objevuje řešení otázky biomechanického posouzení hodů předmětem, například se může jednat o hod kamenem, popelníkem, trubkou atd. Ve znalecké praxi bylo potřeba v několika případech řešit právě otázku dopadové energie hozeného předmětu a následné posouzení poškození. V řešení výzkumných otázek nás primárně zajímala možnost predikce odhodové a dopadové rychlosti břemene. Tento údaj umožňuje následně vyjádřit velikost kinetické energie a poté posoudit forenzně biomechanické parametry při dopadu na živý organismus (člověka). Provedli jsme poměrně rozsáhlé experimenty a měření v rámci řešení výzkumného projektu SVV na VŠFS s názvem „Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti“. Podmínky hodu jsme variovali podle různých parametrů, jako byli trénovaní a netrénovaní jedinci, pohlaví, hmotnost břemene, vliv alkoholu atd. Cílem výzkumu bylo zjistit, jaký vliv má trénovanost jedince na forenzní hodnocení hodu břemenem. Ze zjištěných dat je zřejmé, že výsledky měření ovlivnil rozdíl pohlaví osob účastnících se experimentů, dále technika provedení a hmotnost odhozeného břemene. Rozdíly v odhodové rychlosti byly zjištěny také v závislosti na hladině alkoholu v krvi.

Summary

Forensic and biomechanical aspects of selected movement actions

Forensic biomechanical research is constantly expanding and deepening. In the mentioned monograph, selected criminological problems are examined, which are necessary for the criminological practice of a forensic biomechanical expert examination. The main focus is on falls of the human body from height, falls from standing to the ground, simulation of the human body with computer models and experimentation in biomechanical research. Significant attention is also paid to throwing loads of different weights and various movement activities.

From a physical point of view, the fall of a human body from a height is modeled comparable to the horizontal throw of a body. If we use a simplification, where instead of the body we consider only a point at the location of its center of gravity, we can then apply the same formulas as for the horizontal throw of the body to calculate the trajectory of the body's movement. Therefore, the center of gravity of the body will move along a parabola during the fall, but the body itself is an open kinematic chain and its position can change during the fall, so the position of the body after the impact can also indicate the circumstances under which the fall occurred.

In addition to classic criminalistic tactical methods, such as the criminalistic experiment, computer simulation is gaining importance. From the point of view of forensic biomechanics, it means the determination of kinematic and dynamic parameters describing the movement and interaction of the human body with other objects at the crime scene. All this in accordance with the available evidence and statements of witnesses, victims, or suspected persons.

The typical reconstruction procedure is retrospective, i.e. we know the final state of the event and from the available evidence we try to find out the initial state and its changes over time up to the state known after us. In a fall from a height, there is no general unequivocal relationship between the initial conditions of the fall and the final position of the casualty, and the final position can be reached from different input conditions.

Computer modeling is needed especially in those cases where it is necessary to clarify possible or impossible variants of movement activity. Forensic methods make it possible to comment on the question of whether a given movement activity is biomechanically acceptable or unacceptable. It is also possible to say which of the variants is more likely through computer modeling of movement.

In recent years, computer simulation options have been presented in the literature, some authors use the PC Crash, MADYMO, PAM-Crash or Virtual Crash models, recently the Virthuman simulation program has been used.

In the forensic biomechanical assessment of a person's fall from a height, it is important to know the horizontal component of the fall speed. This value depends both on the movement situation when contact is lost and on the type of fall, whether it is a spontaneous fall, an active jump, a step forward, sideways, backward, or the active action of another person's force. Age, weight and gender are also important parameters when assessing a body fall from a height.

A computer simulation using models of the human body provides an explanation for many aspects of the case that were unclear until then. This method provides

objective and quantitative information enabling a far more accurate analysis of the studied phenomenon or event – kinematic and dynamic parameters of the human body and its interaction with surrounding structures. It is even possible to determine the forces acting inside the organism and, thanks to this, to more accurately predict trauma. All important unknown parameters (initial conditions of the numerical simulation, such as the position of the body and its individual segments, its orientation in space, initial velocity etc.) can be parameterized and include all possible constellations. Another very important advantage of this method is the sophisticated and effective visualization of the calculation results, which facilitates the understanding of the studied events and phenomena for judges, prosecutors, lawyers and the police, who may not have deep biomechanical knowledge.

From the point of view of practical needs, the most common way of falling from a standing position resulting in head injury is falling backwards. During it, a person falls backwards from a standing position, lands on his back, and the greatest force of the blow is directed to the head. In this type of fall, the person does not hold the head in a safe position with the neck muscles, and upon impact, due to the generation of very strong dynamic forces, the person hits the head. During the movement, the falling person does not coordinate the fall in the vast majority, he falls completely spontaneously, chaotically and bends arching in the back, tilts his head, in this case he falls back directly on his head. Only the occipital part of the falling person's head receives the highest dynamic load. Exceptions may occur in the case of a very small group of specially trained athletes, especially combat sports (judo, wrestling, karate), who are specially trained for this type of fall and react reflexively, cushioning the fall with coordinated movements. They perfectly manage the fall technique, cushion the impact, pack the body when falling, and with a correctly performed backward fall technique, the head does not come into contact with the mat. From the point of view of biomechanical analysis, we will be interested in the crisis variant of a fall, during which a person hits his head.

In recent years, a solution to the issue of biomechanical assessment of throwing an object has appeared, for example, it can be a throw with a stone, ashtray, pipe etc. In expert practice, it was necessary in several cases to address the issue of the impact energy of the thrown object and the subsequent assessment of damage. In solving the research questions, we were primarily interested in the possibility of predicting the throw and impact speed of the load, this data makes it possible to subsequently express the magnitude of the kinetic energy and subsequently assess forensically the biomechanical parameters upon impact on a living organism (human). They carried out relatively extensive experiments and measurements as part of the SVV research project at VŠFS entitled "Biomechanical analysis of selected movement actions in relation to the clarification of violent criminal activity". We varied the conditions of the throw according to various parameters, such as trained and untrained individuals, gender, weight of the load, influence of alcohol etc. The aim of the research was to find out what effect the training of the individual has on the forensic evaluation of the load throw. It is clear from the obtained data that the results of the measurements were influenced by the gender difference of the participants in the experiment, as well as the execution technique and the weight of the thrown load. Differences in ejection velocity were also found depending on blood alcohol level. It is indisputable that alcohol significantly affects both reaction time and decision-making time before the actual motor activity, and it is equally significant that the level of alcohol affects the chosen motor activity when throwing an object.

A still understudied forensic biomechanical problem is the limit of weight when handling a limp body. From the results of the experiments, it was found that the weight of both persons does not play a primary role in the manipulation of a person with a limp human body. It was not unusual for a trained person weighing 100 kg to have significant problems lifting a limp body of the same weight, and on the contrary, an untrained person weighing 77 kg lifted a limp body heavier than twenty kilograms without the slightest difficulty. This proved that the weight difference is not the main factor affecting the subject's ability to manipulate a limp body. The main factor influencing the manipulation was the technique of the lifting movement itself. That is, a smaller person with less weight can lift a heavier limp body if they use the right technique.