

Kriminalistické aspekty odhodové rychlosti břemene u mladých sportovců

Forensic Aspects of Weight Throw Velocity in Young Athletes

JIŘÍ STRAUS, ZDENĚK SADÍLEK¹

Abstrakt

V článku jsou prezentovány výsledky výzkumu, který zjišťuje vliv techniky hodu a trénovanosti jedince na forenzní hodnocení hodu břemenem. Za trénovaného jedince je pro účely této práce považována taková osoba, která sportuje alespoň třikrát týdně a v posledních dvou letech se zúčastnila některé z prestižních soutěží. Pro dosažení cíle byly stanoveny tři hypotézy. V příspěvku jsou prezentovány konkrétní kinematické hodnoty hodu kamenem 0,5 kg a 1 kg. Prokázalo se, že trénovaní jedinci vykazují výrazně lepší výsledky než netréňovaní. Prokázala se při všech proměnných parametrech, tedy při všech typech vrhu i s oběma břemeny.

Klíčová slova

Forenzní biomechanika, kriminalistika, rychlost hodu, břemeno

Abstract

The article presents the results of research that investigates the influence of the throwing technique and the training of the individual on the forensic evaluation of the weight throw. For the purposes of this work, a trained individual is considered to be a person who does sports at least three times a week and has participated in one of the prestigious competitions in the last two years (for example, national or world championships, or other important competitions for a given type of sport). To achieve the goal, three hypotheses were established. The contribution presents concrete kinematic values of throwing a stone of 0.5 kg and 1 kg. Trained individuals have been shown to perform significantly better than untrained individuals. It has proven itself with all variable parameters, i.e. with all types of litter and with both loads.

Key words

Forensic biomechanics, criminalistic, throw speed, burden

DOI

<http://dx.doi.org/10.37355/fvfk-2024/2-02>

¹ prof. PhDr. Jiří Straus, DrSc., JUDr. Zdeněk Sadílek, Ph.D., Katedra kriminalistiky a forenzních disciplín, Vysoká škola finanční a správní, a.s.

Úvod

Biomechanika se zabývá aplikací zákonů mechaniky v biologii, medicíně, tělovýchově a sportu, kriminalistice apod.² Biomechanika je *definována jako interdisciplinární věda, zabývající se především studiem mechanické struktury a mechanického chování živých systémů a jejich interakcí s okolím.*³

Forenzní biomechanika je specializovaná oblast, která aplikuje biomechanické metody na analýzu kriminalistických stop s biomechanickým obsahem. Jejím cílem je dekodovat informace z událostí souvisejících s pohybovou činností lidí a jejich vztah k vyšetřovaným případům. Forenzní biomechanika zkoumá a objasňuje kriminalistické stopy, které obsahují biomechanické prvky, tedy informace o pohybovém aparátu nebo chování jednotlivce.

Forenzní biomechanika leží na pomezí biomechaniky a kriminalistiky, kreativně aplikuje biomechanické metody a techniky na kriminalistické problémy. Zkoumá pohybový systém a chování osob v souvislosti s trestnými činy a analyzuje stopy, které obsahují biomechanické informace.⁴

Kriminalistické aspekty hodů předmětem

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 lze uvést případ, kdy obžalovaný hodil v jednacím sále soudu dlažební kostkou proti svědkovi, který právě vypovídal. Letící dlažební kostka pouze nepatrně zavadila svědkovu hlavu a jen náhodou nedošlo ke zranění. Hod byl veden s náprahem na vzdálenost



Obř. 1: Fotografie z videozáznamu z jednání v soudní síni. Obžalovaný hodil dlažební kostku směrem na hlavu svědka v průběhu jeho výpovědi.

2 VALENTA, Jaroslav a kol. *Biomechanika*. Praha: Academia, 1985.

3 KARAS, Vladimír. *Biomechanika pohybového systému člověka*. Praha: UK, 1978.

4 STRAUS, Jiří a Viktor PORADA. *Teorie forenzní biomechaniky*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2017. SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-140-8.

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 hlavy.⁵

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 hodu předmětem.

Další konkrétní příklad využití problematiky „hodu kamenem“ lze uvést situaci, která se stala a byla soudem řešena. „Z pokusu zvláště 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 v Albrechticích na ulici Osoblažská u činžovního domu měl po předchozích výhrůžkách a bez jakýchkoli důvodů fyzicky napadnout 35letého muže. Ranami živějším 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 kopy 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.“⁶

Experimentální zjištění

V řešení výzkumných otázek byly v minulosti provedeny poměrně rozsáhlé experimenty 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 netréňovaní jedinci, pohlaví, hmotnost břemene, vliv alkoholu atd.⁷

Cílem výzkumu bylo zjistit, jaký vliv má trénovanost jedince na forenzní hodnocení hodu břemenem. V návaznosti na tento záměr byly stanoveny následující hypotézy:⁸

5 Hod dlažební kostkou po svědkovi byl pokusem o vraždu, rozhodl soud. [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: doi:https://www.idnes.cz/praha/zpravy/dlazebni-kostka-utok-soud-svedek-zraneni-justicni-areal-micanky.A230223_104156_praha-zpravy_iri

6 [online]. In: . [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: doi:[online]. [cit. 2023-07-18]. [online]. [cit. 2023-07-18].

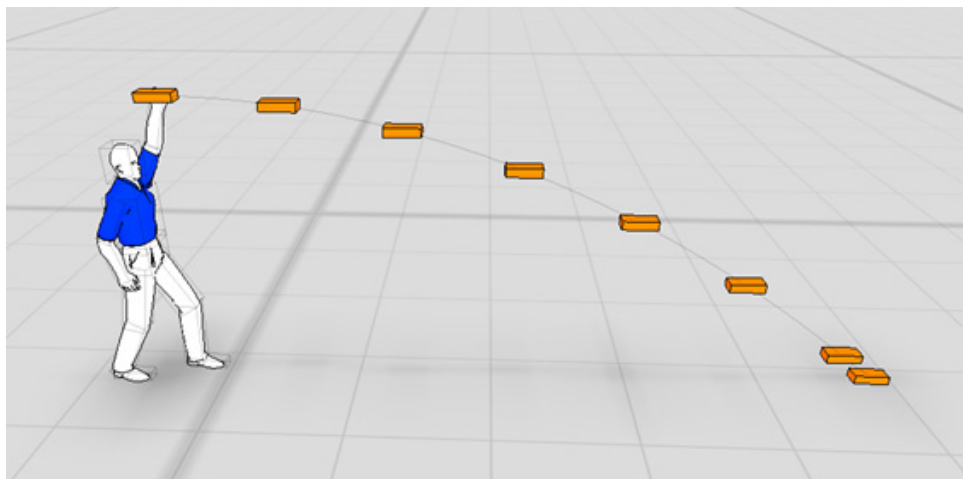
7 STRAUS, Jiří. Vliv alkoholu na reakční dobu a motorické chování člověka. *Drugs and Forensics bulletin NPD. Praha: Policie České republiky, Národní protidrogová centrála SKPV, 2023, XXIX, 3/2023, s. 4-12.*

8 JÍCHOVA, Nikola. Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem, DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

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.
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. Probandi házeli břemenem jednak horním nápřahem, tak bokem a také spodním nápřahem, 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).⁹ Technika hodu byla vymezena jako hod horním nápřahem a hod bokem (stranou), viz Obr. 2.



Obr. 2: Znárodnění vrhu břemenem, simulace v programu Virtual Crash 5

Metodika výzkumu

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. Za sportovce jsou považováni jedinci, kteří sportují alespoň 3x týdně, v nedávné době se účastnily prestižní soutěže

⁹ JÍCHOVA, Nikola. Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem, DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

v oblasti, které se věnují (například mistrovství republiky, světové turnaje, apod.), anebo podávají úctyhodné výkony (např. ujeté desítky tisíc kilometrů na kole za rok).¹⁰ Technika hodů byla vymezena jako hod horním náprahem a hod bokem (stranou).

Získané výsledky jsou přehledně prezentovány v následujících hodnotách, které znázorňují počáteční rychlost vrženého břemene nejprve způsobem vodorovného vrhu z místa.

Tab 1: Soubor počátečních rychlostí - muži

	0,5 kg	1 kg
Muži - hod horním náprahem	Rychlost (m/s)	
Muži sportovci	32,0	26,2
Muži nesportovci	24,6	20,4
	0,5 kg	1 kg
Muži - hod bokem	Rychlost (m/s)	
Muži sportovci	38,8	33,6
Muži nesportovci	30,6	26,7
	0,5 kg	1, kg
Muži - hod s krátkým rozběhem	Rychlost (m/s)	
Muži sportovci	38,2	30,9
Muži nesportovci	37,9	24,1

¹⁰ JÍCHOVA, Nikola. Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem, DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

Tab 2: Soubor počátečních rychlostí - ženy

Ženy - hod horním náprahem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Ženy sportovkyně	23,9	18,6
Ženy nespportovkyně	16,6	12,6
Ženy - hod bokem	0,5 kg	1 kg
	Rychlost (m/s)	
Ženy sportovkyně	26,0	22,0
Ženy nespportovkyně	19,9	15,4
Ženy - hod s krátkým rozběhem	0,5 kg	1, kg
	Rychlost (m/s)	
Ženy sportovkyně	26,5	21,5
Ženy nespportovkyně	19,3	15,9

Mladí sportovci

Pro upřesnění výzkumných dat jsme provedli další experimentální měření na mladých sportovcích ve věku 13 až 15 let. Tento výzkum přispívá k přesnějšímu stanovení kinematických dat a otevírá další možnosti jejich využití v kriminalistické a forenzní analýze. V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty měření probandů rozdělených podle pohlaví.

Tab. 3: Průměrné hodnoty měření probandů

	Věk (roky)	Výška (cm)	Váha (kg)
Chlapci	13,4	146,1	50,5
Dívky	13,1	142,5	45,2
Minimum	16,00	158,00	47,00
Maximum	75,00	195,00	125,00

Při experimentech byl jako břemeno vybrán předmět, tréninkový míček pro atlety, který je ilustrován na obr. 3, hmotnost míčku je 186 gramů.



Obr. 3: Použitý předmět, hmotnost 186 g

Pro měření vzdálenosti vrženého břemene bylo použito sklolaminátové pásmo o délce 30 metrů, které bylo důkladně napnuté, aby se předešlo zkreslení výsledků. Při měření byl zaznamenán první dopad břemene, nikoli jeho konečná poloha. Výška, ze které bylo břemeno vrženo, byla určena pomocí třímetrového svinovacího metru, kterým se měřila vzdálenost dlaně od země v okamžiku upuštění břemene.

Během léta jsme oslovili několik sportovců a sportovních klubů s dotazem, zda by byli ochotni zúčastnit se experimentu zkoumajícího vliv fyzické zdatnosti na vrh břemenem. Nakonec bylo vybráno padesát dobrovolníků různého věku, kteří se rozhodli do výzkumu zapojit. Všichni účastníci byli předem detailně informováni o podmínkách experimentu a následně poskytli svůj souhlas.

Experimenty probíhaly na zatravněné ploše o délce několika desítek metrů, přičemž byl kladen důraz na rovný a měkký povrch, aby se zajistila přesnost měření a ochrana použitých kamenů. Každý proband se postavil na začátek pásma, obdržel první břemeno vážící 500 g a byl vyzván k provedení vodorovného vrhu z místa. Ihned po vrhu byla změřena výška

ruky v okamžiku odhozu břemene. Tento postup se ukázal jako neefektivnější, protože proband si přesně pamatoval místo odhozu, a zároveň bylo minimalizováno riziko zranění výzkumného týmu. Zaznamenána byla i dopadová vzdálenost vrženého břemene.

Získaná data – výška ruky při odhozu a vzdálenost dopadu břemene – byla následně použita ve výpočtech podle vzorců uvedených v kapitole pět, která se věnuje vodorovnému vrhu. Tímto způsobem byla určena délka letu břemene, počáteční a dopadová rychlost pro každý z vrhů u všech účastníků a se všemi typy břemen.

Rychlost odhozu byla vypočtena na základě kinematiky vodorovného vrhu, přičemž jako známé veličiny byly použity vzdálenost dopadu břemene a počáteční výška vrhu.

Tab. 4: Rychlost odhozu

Kategorie	Odhodová rychlost břemene (m/s)
Chlapci	19,4
Dívky	13,6

Predikce zranění letícím předmětem

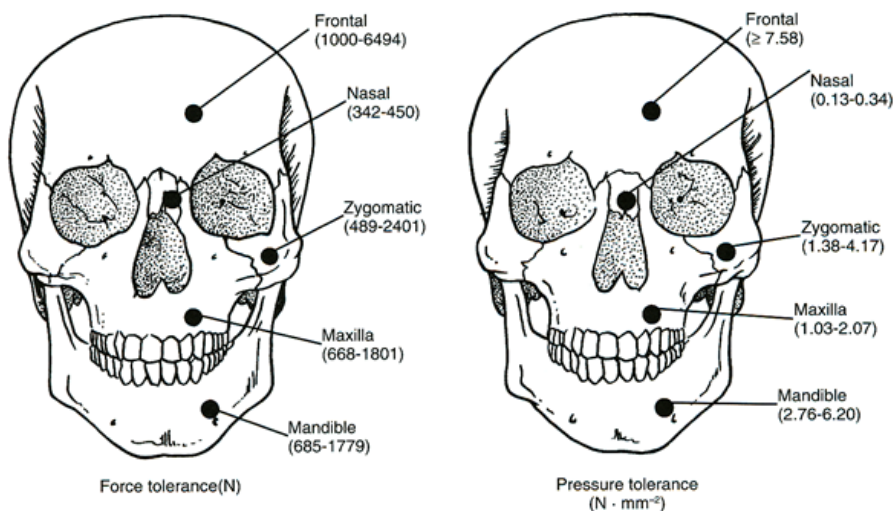
Zjištění velikosti působící síly jako parametru zranění je možné zjistit z dopadové rychlosti. Dopadová rychlost a hmotnost předmětu má vliv na hodnotu kinetické energie letícího předmětu $E = \frac{1}{2} mv^2$. Velikost dopadové energie ovlivňuje působící síly při dopadu předmětu na hlavu osoby.

Pro forenzně biomechanické posouzení je nutné zjistit biomechanické parametry při možném dopadu hozeného tělesa na hlavu možnost, tj. zranění hlavy. Pojem „poranění hlavy“ lze z biomechanického hlediska rozlišovat ve čtyřech úrovních, a tedy lze rozlišovat čtyři různá kritéria poranění.¹¹

1. Poranění mozku (HIC) – Mozkové poranění a otřes mozku a zlomeniny lebky při kontaktu s plochým, tupým objektem (úder hlavou o tuhou překážku, úder do hlavy tupým předmětem).
2. Poranění lebečních kostí (kN) – Vznik zlomenin lebky v důsledku kontaktu s tupým předmětem (úder ho hlavy tupým předmětem).
3. Poranění obličejové a spánkové části hlavy (kN/mm) – fraktury obličejových kostí a spánkové kosti v důsledku kontaktu s tupým předmětem.
4. Tržná poranění měkkých tkání obličeje – poranění měkkých tkání (tržná zranění).

Vznik zranění letícím předmětem je dáno nejen velikostí působící síly, ale také velikostí dopadové plochy. Názorně jsou vidět limitní kritéria tolerance síly a tlaku pro vznik fraktury obličejových kostí lebky na obr. 4.

¹¹ PAYNE, A. R., PATEL, S. Project 427510. MIRA 2001, Version 1.1.



Obř. 4: Hranice tolerance síly a tlaku pro vznik fraktury obličeřových kostí lebky¹²

Tab. 5: Síly pro frakturu kostí lebky¹³

Kost	Rozsah [N]	Průměr [N]	Počet vzorků	Plocha impaktu [cm ²]
Frontální	2670-8850	4930	18	6,45
Frontální	4140-9880	5780	13	6,45
Frontální	2200-8600	4780	13	Ø20 mm
Frontální	5920-7340	6370	4	Ø6,4 mm
Frontální	8760-8990	8880	2	Ø25,4 mm
Frontální	N/A	6550	1	Ø50,8 mm
Frontální	N/A	6810	1	203 mm poloměr polokoule
Frontální	4310-5070	4690	2	76 mm poloměr polokoule
Frontální	N/A	5120	1	Ø50,4 mm
Levá část čela	2670-4450	3560	2	Ø25,4 mm
Temporoparietální	2215-5930	3490	18	6,45
Temporoparietální	2110-5200	3630	14	6,45
Temporoparietální	2500-10000	5200	20	5,07
Temporoparietální	10976-11662	11388	3	176
Parietální	5800-17000	12500	1	50
Zygomatický oblouk	930-1930	1450	11	6,45
Occipitální	4655-10290	7272	4	176

12 WHITING, W. C., ZERNICKE, R. F. *Biomechanics of Musculoskeletal Injury. Human Kinetics, Leeds LS16 6TR, UK, 1998.*

13 VESELÝ, V., VILÍMEK, M. *Head Injury Biomechanics I - Head and Neck Injury. Bulletin of Applied Mechanics 8(32), s. 65-76 (2012).*

Tab. 6: Síly pro fraktury kostí obličeje¹⁴

Kost	Rozsah [N]	Průměr [N]	Počet vzorků	Plocha impaktu [cm ²]
Dolní čelist	1890-4110	2840	6	6,5
Dolní čelist	818-2600	1570	6	25,8
Dolní čelist	4460-6740	5390	5	127
Horní čelist	623-1980	1150	11	6,5
Horní čelist	1100-1800	1350	6	Ø20 mm
Horní čelist	788	788	1	Ø25 mm
Lícní	970-2850	1680	6	6,5
Lícní	910-3470	1770	18	6,5
Lícní	1120-1660	1360	4	6,5
Lícní	1600-3360	2320	6	33,2
Lícní	2010-3890	3065	4	Ø25 mm
Lícní	900-2400	1740	8	Ø20 mm
Lícní	1499-4604	2390	13	Ø25 mm
Lícní	1452-2290	1739	4	volant
Nosní	1875-3760	2630	5	Ø25 mm
Obličej	-	>6300	5	181
Oční oblouk	4780-11040	8000	19	Ø41 mm

Biomechaniku zatížení hlavy lze hodnotit ještě z hlediska zjištění ranivého účinku dopadajícího předmětu vyjádřené jako poměr kinematické energie a čelního průřezu. Tento parametr se používá v ranivé balistice jako kritérium ranivého účinku střely.

Pro zjištění vzniku možných následků při dopadu malého předmětu na hlavu osoby je možné v kriminalistice vycházet z kritéria ranivosti. Nejrozšířenějším kritériem ranivosti je dopadová energie střely a její hybnost. Vojenská věda dvacátého století považovala za hraniční hodnotu ranivosti pěchotních zbraní energii 80 J. V čs. kriminalistice je od osmdesátých let 20. století používáno Liškovo kritérium ranivosti,¹⁵ podle kterého lze posoudit, zda střela vystřelená z určité vzdálenosti ze známé zbraně může člověku v případě zásahu způsobit vážné zranění nebo smrt. Je dáno poměrem dopadové energie střely (J) k ploše jejího příčného průřezu (cm²), který je označován jako energetické zatížení průřezu střely „W“ (J/cm²). Jeho hranice pro střely ráže 3–18 mm leží u hodnoty 50 J/cm². Střely s energetickým zatížením průřezu v rozmezí 5-50 J/cm² mohou vážné zranění nebo smrt způsobit při zásahu do oka. Pod hodnotou 5 J/cm² lze poranění zpravidla vyloučit¹⁶ (předmět zpravidla neproniká kůží, vzniká jen hematoma). Pomocí Liškova kritéria lze predikovat, zda v případě, kdy by se pachatel trefil, mohl atakované osobě za daných podmínek způsobit vážné zranění nebo smrt.

14 VESELÝ, V., VILÍMEK, M. *Head Injury Biomechanics I - Head and Neck Injury. Bulletin of Applied Mechanics* 8(32), s. 65-76 (2012).

15 LIŠKA, P. *Posuzování ranivého účinku střelné zbraně v trestním řízení. Odborná sdělení KÚVB FSVB, č. 7, 1980.*

16 PLANKA, B. *Kriminalistická balistika. 2 vyd. Plzeň: Aleš Čeněk, 2023.*

Letící předmět může být zraňující, a jeho účinky na osobu závisí na několika faktorech, jako jsou hmotnost předmětu, jeho rychlost a způsob dopadu. Zranění závisí na kinetické energii a na tom, jak je energie absorbována tělem. Při vyšších rychlostech může dojít k:

- Povrchovým zraněním - například odřeniny nebo pohmožděny.
- Hlubokým zraněním - jako jsou zlomeniny kostí nebo vnitřní poranění.

Vyšší rychlost zvyšuje kinetickou energii exponenciálně, což znamená, že i malý předmět, pokud letí dostatečně rychle, může způsobit vážné zranění. Předměty s větší hmotností mají také větší kinetickou energii při stejné rychlosti, což zvyšuje riziko zranění.

Představte si, že máte malý kámen (hmotnost 0,1 kg) letící rychlostí 20 m/s. Jeho kinetická energie by byla 20 J. Na druhou stranu, pokud byste měli větší kámen (hmotnost 1 kg) letící stejnou rychlostí je kinetická energie 200 J. Druhá situace představuje mnohem větší riziko zranění. Rychlost a hmotnost předmětu hrají klíčovou roli v tom, jak nebezpečný může být dopad. Čím vyšší je rychlost a hmotnost, tím větší je riziko vážných zranění.

Síla působící na hlavu osoby při dopadu letícího předmětu se dá vypočítat pomocí základních fyzikálních principů, konkrétně pomocí impulsu a zákona zachování hybnosti. Síla působící na hlavu osoby při dopadu předmětu závisí na jeho hmotnosti, rychlosti a době působení síly. Čím větší hmotnost a rychlost, tím větší síla. Kratší doba působení také zvyšuje výslednou sílu.

Závěr

Ze všech získaných hodnot je jednoznačně zřejmá vyšší počáteční rychlost u mužů sportovců než u nespportovců. 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. U velmi mladých sportovců je výrazně vyšší odhodová rychlost břemene u chlapců než dívek.

Příspěvek vznikl 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. Děkuji tímto figurantům a spolupracovníkům, kteří se podíleli na přípravě experimentální části projektu.

Literatura

JÍCHOVA, Nikola. *Vliv trénovanosti na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

KUBÁSKOVÁ, Tereza. *Vliv pohlaví na forenzní hodnocení hodu břemenem*. DP (vedoucí Jiří Straus), VŠFS, 2023.

STRAUS, Jiří. Průběžná zpráva projektu SVV „*Biomechanická analýza vybraných pohybových akcí ve vztahu k objasňování násilné trestné činnosti*“ a je evidován pod číslem 7427/2022/01.

STRAUS, Jiří. *Forenzní biomechanika: teoretické, experimentální a empirické metody*. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2021. SCIENCEpress. ISBN 978-80-7408-219-1.

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

VESELÝ, V. a M. VILÍMEK. Head Injury Biomechanics I - Head and Neck Injury. *Bulletin of Applied Mechanics* 8(32), s. 65-76 (2012).

Hod dlažební kostkou po svědkovi byl pokusem o vraždu, rozhodl soud. [online]. [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: doi:https://www.idnes.cz/praha/zpravy/dlazebni-kostka-utok-soud-svedek-zraneni-justicni-areal-micanky.A230223_104156_praha-zpravy_iri