Reálné střelné poranění typu průstřel lebky a zástřel hlavy ve srovnání s matematickým modelem chování FMJ střely pistolového náboje ráže 6,35 mm Browning (25 Auto)

Juříček L.[1], Moravanský N.[2], Sova M.[3]

[1] Ústav bezpečnosti, Vysoká škola Karla Engliše, a.s. Brno
[2] Ústav súdneho lekárstava, LF UK Bratislava
[3] Neurochirurgická klinika, LF MU a FN Brno

Výsledky a závěry práce byly ve dnech 26.–27. 5. 2011 aktivně prezentovány v přednáškové sekci na *„3. Trilaterálním sympoziu s mezinárodní účastí"* v Rožnově pod Radhoštěm.

SOUHRN
Při hledání odpovědi na otázku, zda může dojít ke střelnému poranění typu průstřel lebky a zástřel hlavy člověka FMJ střelou pistolového náboje ráže 6,35 mm Browning (25 Auto), i kdyby zasažený neměl hlavu opřenou o pevnou překážku interiéru vozidla, znalci z oboru střelivo a výbušniny se specializací na ranivou balistiku využili matematický model poklesu rychlosti monoogivální střely pistolového náboje při proniku biologickými tkáněmi různých fyzikálně mechanických vlastností.
Výsledkem posouzení výše uvedené úlohy z oblasti terminální balistiky byla matematická predikce délky střelného kanálu v okamžiku úplného zastavení střely. Výsledky byly rovněž porovnány s případy zástřelů způsobenými zbraňovými systémy podobného energetického výkonu.

Klíčová slova: malorážová střela – střelné poranění – matematický model – ranivý potenciál střely – terminální balistika – biologické tkáně – balistický experiment

The real firing wound of type of skull perforation and head penetration compared with the mathematical model of behaviour of FMJ pistol projectile of calibre of 6.35 mm Browning (25 Auto)

SUMMARY
Searching for the answer whether the bullet cal. 6.35 mm Browning (25 Auto) could entrance the human skull and stay inside without resting the head against the solid barrier inside the vehicle, forensic experts in the field of ammunition and wound ballistics used mathematical model of the monoogival pistol bullet´s velocity decrease through the penetration of the several type of human tissue due to physical and mechanical properties.
The result of the expert´s terminal ballistics task was the mathematical prediction of wound track length at the moment of bullet´s stop in the tissue. The results has been compared with the cases where the similar weapon system with the resembling energetic output has been used.

Keywords: small caliber bullets – gunshot wounds – mathematical model – wound potential of the bullet – terminal ballistics – biological tissue – experimental ballistics

Soud Lek 2011; 56(4): 50–52

Soudnímu znalci pro obor *„Střelivo a výbušniny"*, se specializací na ranivou balistiku, byla předána k posouzení a vypracování revizního znaleckého posudku spisová dokumentace (1) případu násilné smrti muže, bělocha ve věku 28 let, výšky 185 cm a hmotnosti 99 kg. Smrt byla způsobena střelným poraněním hlavy typu **průstřel lebky, zástřel hlavy** střelou pistolového náboje ráže 6,35 mm Browning (25 Auto). Ke střelbě údajně došlo v interiéru osobního motorového vozidla Škoda OCTAVIA z krátké palné zbraně typu 6,35 mm Browning s označením DUO. Podle stop povýstřelových zplodin v okolí vstřelu, typu kožního defektu a absence kouřové dutiny, byla v pitevním protokolu uvedena pravděpodobná vzdálenost ústí zbraně od místa zásahu v okamžiku výstřelu cca 15 cm.

Znalci měli odpovědět na zásadní otázku: „Mohlo by dojít k výše uvedenému typu střelného poranění, i kdyby hlava nebyla opřena o pevnou překážku (sloupek z tvrdého plastu) interiéru vozidla?"

✉ ***Adresa pro korespondenci:***
Doc. Ing. Ludvík JUŘÍČEK, Ph.D.
Vysoká škola Karla Engliše, a.s. Brno
Ústav bezpečnosti
Šujanovo náměstí č. 356/1, 602 00 Brno
e-mail: ludvik.juricek@vske.cz

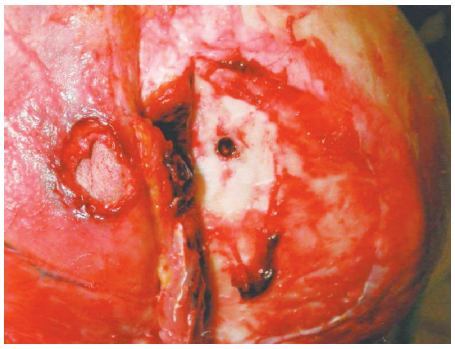
MATERIÁL A METODIKA

Údaje z pitevního protokolu (1)

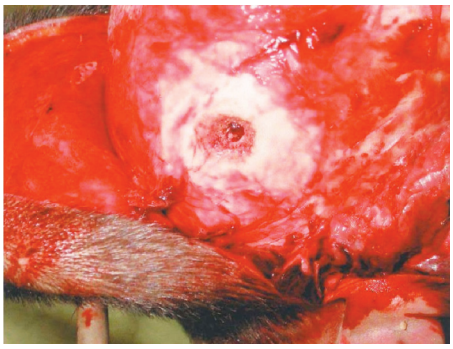
Otvor vstřelu se nachází v levé spánkové oblasti hlavy ve výšce 176 až 177 cm nad chodidlem, ve vzdálenosti 9,2 až 10,4 cm

orel@lib.jcu.cz

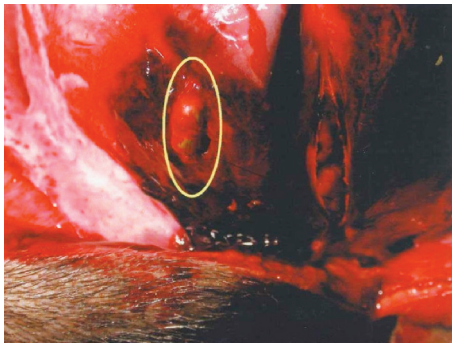
Obr. 1. Pohled na oblast vstřelu v levé spánkové oblasti a ohlodaným ušním boltcem.



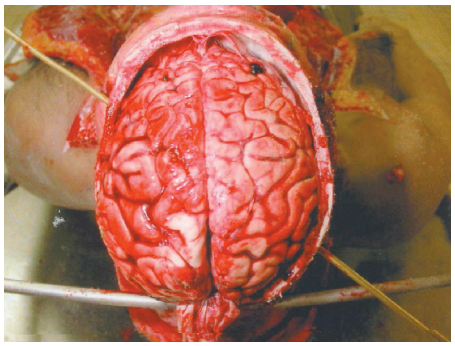
Obr. 2. Defekt vstřelu-levá spánková kost.



Obr. 3. Defekt výstřelu-pravá temenní kost.



Obr. 4. Zástřel projektilu v pravé temenní oblasti.



Obr. 5. Průběh střelného kanálu v lebce a mozku.

Obr. 6. Pistole ČZ s označením DUO ráže 6,35 mm Browning (25 Auto) a zásobníkem s náboji.

od středové čáry s plošným rozměrem 1,1 x 0,5 cm a cípovitými okraji (obr. 1). Pokračuje otvorem ve spánkové kosti (obr. 2) velikosti 0,7 x 0,5 cm s lemem očazení do 0,3 cm, opálení do 0,8 cm. Střelný kanál pokračuje přes tvrdou plenu mozkovou a mozkovou tkáň. V pravé temenní kosti otvor na lamina externa o rozměrech 0,7 x 0,5 cm, mírně oválného tvaru, přičemž vnitřní vylomení je na ploše 0,9 x 0,9 cm a vylomení na vnější lamině na ploše 1,4 x 1,2 cm (obr. 3). Na konci střelného kanálu je kožní defekt v pravé temenní oblasti klenby lební velikosti 0,7 x 0,5 cm, kde se pod kožním krytem nachází projektil (obr. 4). Střelný kanál směřuje zepředu dozadu, zleva doprava a mírně zdola nahoru (obr. 5).

Pro posouzení možnosti vzniku zástřelu hlavy střelou pistolového náboje ráže 6,35 mm Browning (25 Auto), je nutné se podívat na *průbojný účinek* střely, jako na jednu ze složek jejího *ranivého potenciálu*. Velká pozornost musí být rovněž věnována metodám (kritériím) jeho hodnocení (2–4).

Balistická charakteristika posuzovaného zbraňového systému

Pistole ráže 6,35 mm Browning s označením DUO a zásobníkem s kapacitou 6 ks nábojů uvedené ráže se používá na krátkou vzdálenost (do 50 m) a všemi výrobci a prodejci je označována jako zbraň kapesní s velmi nízkým zastavovacím účinkem (viz obr. 6).

Náboj ráže *6,35 mm Browning (Sellier & Bellot, ČR)*, použitý na místě činu, je nábojem s celoplášťovou střelou (FMJ), klasické konstrukce a balistických parametrů. Nábojka je plněna bezdýmným prachem a je do něj laborována zápalka typu *Berdan* nebo *Boxer*. Počáteční rychlost v_0 střely o hmotnosti $m_q = 3{,}30$ g se pohybuje kolem $230\ m\ s^{-1}$. Této rychlosti a hmotnosti střely odpovídá počáteční kinetická energie $E_0 = 93$ J.

S ohledem na podmínky střelby, kdy bylo stříleno v interiéru vozidla, z velmi krátké vzdálenosti a bez přiložení zbraně k tělu poškozeného, je možné tabulkovou počáteční rychlost považovat za rychlost dopadovou.

Průbojný účinek jako složka ranivého potenciálu střely a jeho hodnocení

Průbojný účinek střely je obecně dán schopností střely proniknout do určité hloubky v překážce a vykonat v ní práci. Kinetická energie, kterou střela disponuje při dopadu na cíl, představuje její ranivý potenciál. Větší průbojnost bude vykazovat střela o vyšší energii (střela s vyšší hmotností a rychlostí) v okamžiku dopadu na cíl (4). Protože *rychlost* a *hmotnost* střely má pro možný *průbojný účinek* zásadní význam, byla v minulosti zavedena, jako relativní měřítko průbojnosti, veličina *hybnost střely* $\boldsymbol{p}$, definovaná jako součin hmotnosti a rychlosti střely. Průbojnost střely je rovněž dána tuhostí probíjené překážky a okamžitou plochou příčného průřezu střely. K posuzování průbojných schopností střely byla proto zavedena konstrukční charakteristika *průřezové zatížení střely* C_p, která je definována jako poměr hmotnosti střely a plochy jejího příčného průřezu. Při stejné dopadové rychlosti v_d a stejné hmotnosti m_q bude disponovat větší průbojností střela s větším průřezovým zatížením C_p, tedy střela menší ráže.

Protože průbojná schopnost střely je velmi důležitou složkou jejího ranivého potenciálu, zabývala se již v 70. a 80. létech minulého století touto otázkou řada autorů, avšak pouze z hlediska možnosti *úplného průstřelu* hlavy, hrudníku a břicha nebo končetin z pistolí a revolverů různých ráží. Jiní autoři se snaží o nalezení vlastních substitučních fyzikálních modelů a jejich využití v balistickém experimentu pro kvantifikaci ranivého potenciálu střely (5) nebo jdou cestou návrhu vhodného matematického modelu průbojného chování střely malé ráže v biologických tkáních člověka různých mechanických a fyzikálních vlastností (3, 4).

Matematický model proniku střely biologickými tkáněmi člověka

Pronik střely měkkou biologickou tkání lze popsat i matematicky. Z celé řady experimentálních měření vyplývá, že odpor proti vnikání střely do tohoto prostředí je úměrný druhé mocnině okamžité rychlosti střely. Pokles rychlosti střely při průchodu tkání má

proto exponenciální charakter. Postupnou integrací byl odvozen vztah pro stanovení zůstatkové rychlosti střely v_Z po průchodu dráhy v tkáni s při dopadové (vstupní) rychlosti v_d.

$$v = v_d \cdot e^{-b \cdot s} \quad [\mathrm{m\ s^{-1}}] \qquad [1]$$

Parametr b, vyjadřuje funkční vztah mezi zpožděním a čtvercem rychlosti střely při proniku tkáněmi. Zahrnuje v sobě všechny faktory ovlivňující průchod střely hustým prostředím a jeho odpor.
Pro výpočet parametru b platí empirický vztah :

$$b = \frac{\rho \cdot S \cdot C}{2 \cdot m_q}, \quad [\mathrm{cm^{-1}}] \qquad [2]$$

kde ρ-hustota prostředí [g cm^{-3}]; pro biologické materiály ρ=1 g cm^{-3}; S-plocha příčného průřezu střely [cm^2]; m_q-hmotnost střely [g] a C-koeficient zahrnující vlastnosti prostředí (voda-0,30, platí i pro tělní tekutiny nebo mozkovou tkáň; 20% roztok želatiny-0,35; svalová tkáň-0,45).
Pro hloubku vniku střely do kostní tkáně s (3, 4) platí empiricky odvozený vztah:

$$s = 4{,}4 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{m_q}{d} \cdot (v_d - v_2)^2, \quad [\mathrm{cm,\ g,\ m\ s^{-1}}] \qquad [3]$$

kde v_2 je rychlost střely spotřebovaná na rozrušení povrchové struktury kostní tkáně a vlastní vniknutí střely do kosti. Tato rychlost je přibližně konstantní a experimentálně byla stanovena její hodnota na **60** m s^{-1}.
Zbytkovou rychlost střely v_Z po průchodu kostní tkáně určité tloušťky s, pak lze přibližně vypočítat podle vztahu (3, 4):

$$v_Z = (v_d - 60) \cdot \sqrt{1 - 2{,}3 \cdot 10^4 \cdot \frac{s \cdot d}{(v_d - 60)^2 \cdot m_q}} \qquad [\mathrm{m\ s^{-1}, cm, g}] \quad [4]$$

Výše uvedené vztahy lze v praxi použít k orientačním výpočtům průchodu střely libovolnou anatomickou částí lidského těla tvořenou tkáněmi různých fyzikálních a mechanických vlastností (6, 7). Na základě experimentálně zjištěných poznatků se při těchto výpočtech rovněž předpokládá jednorázová ztráta asi 50 m s^{-1} okamžité rychlosti střely při proniku kožním krytem v místě zásahu.

VÝSLEDKY

Vlastní výpočet ranivě-balistické úlohy

Dáno:
d = 6,35 mm; m_q = 3,3 g; v_d = 238 m s^{-1} (b = 0,0144 cm^{-1}); tloušťka kosti s_1 resp. s_3 = 5 mm; délka střelného kanálu v mozku s_2 = 15 cm.

Pronik kostní tkání 1 (levá spánková kost):

$$v_{Z1} = (188 - 60) \cdot \sqrt{1 - 2{,}3 \cdot 10^4 \cdot \frac{0{,}5 \cdot 0{,}635}{(188 - 60)^2 \cdot 3{,}3}} = 119\ \mathrm{m\ s^{-1}}$$

Na základě experimentálně zjištěných poznatků se při těchto výpočtech také předpokládá jednorázová ztráta 50 m s^{-1} rychlosti střely při proniku kožního krytu.

Pronik mozkové tkáně (délka střelného kanálu 15 cm):

$$v_{Z2} = 119 \cdot e^{-0{,}0144 \cdot 15} = 119 \cdot e^{-0{,}216} = 96\ \mathrm{m\ s^{-1}}$$

Zůstatková rychlost střely v_{Z2} = 96 m s^{-1} po proniku mozkové tkáně představuje počáteční rychlost střely pro probíjení kostní tkáně 2. Tato rychlost je s ohledem na dosazovanou tloušťku kosti s_1 = s_3 = 5 mm a její tuhost značně podlimitní a k probití kosti v daném případě proto nestačí.

DISKUZE

Použitá samonabíjecí pistole zn. DUO ráže 6,35 mm Browning spolu s jednotným nábojem s celoplášťovou střelou (FMJ) stejné ráže, představuje zbraňový systém s velmi malým ranivým potenciálem (E_0 = 93 J). Rozdíly v ranivě-balistickém chování střely v reálném biologickém cíli a jejím predikovaném chování v prostředí numerického modelu jsou způsobeny na jedné straně přijatými matematickými zjednodušeními a na straně druhé rozdílnými mechanickými vlastnostmi tkání a reálnými podmínkami, za nichž dochází k jejich probíjení posuzovanou střelou.

Odborníci na balistiku zranění poukazují na to, že krátké zbraně s malým balistickým výkonem a ráží menší jak 7,65 mm mohou způsobit úplný průstřel hlavy jen výjimečně. V praxi se však ukázalo, že v některých případech k úplným průstřelům přece jen došlo. J. H. Stammel (8, 9) uvádí, že při použití pistole ráže 7,65 mm Browning existuje 85% pravděpodobnost úplného průstřelu hlavy. U nižších ráží s menším balistickým výkonem se pravděpodobnost vzniku úplného průstřelu hlavy velmi dramaticky snižuje, stejně jako ke vzniku zástřelů i u balisticky výrazně výkonnějších zbraňových systémů.

Na základě provedené analýzy, lze proto v daném případě potvrdit předpoklad a tím učinit závěr, že pro vznik střelného poranění typu zástřel hlavy resp. lebky střelou pistolového náboje ráže 6,35 mm Browning (25 Auto), není opření hlavy o pevnou překážku podmínkou nutnou!

LITERATURA

1. **Juříček L.** Určit polohu krátké kulové zbraně v okamžiku výstřelu a posoudit faktory působící na střelu od okamžiku výstřelu až po její zastavení v těle poškozeného. [Revizní znalecký posudek č. 001/2009 pro AK JUDr. František POLÁK, Miletičova č. 64, 821 08 Bratislava 2] Brno: Univerzita obrany v Brně; 2009: 18 s.
2. **Juříček L, Komenda J, Jedlička L, Moravanský N.** Proposal of a New Objective Casualty Criterion. MTA Review, Vol. XIX, No. 4, s. 373–384. Bucharest: 2009.
3. **Liška P.** Posouzení ranivého účinku střelné zbraně v trestním řízení. Odborná sdělení Kriminalistického ústavu VB FSVB č. 7. Praha; 1980: 16–20.
4. **Sellier K, Kneubühl BP.** Wundballistik und ihre ballistischen Grundlagen. 2. völlig überarbeitete und ergänzte Auflage. Springer-Verlag: Berlin; 2001.
5. **Krajsa J, Hirt M.** Základní biologický model pro zkoušky ranivé balistiky. *Soud Lek* 2006; 51(4): 52–54.
6. **Hirt M.** Střelná poranění v soudním lékařství. MU: Brno; 1996.
7. Klein L, Ferko A, et al. Principy válečné chirurgie. 1. vydání. GRADA Publishing: Praha; 2005: 140 s.
8. **Stammel HJ.** Mit gebremster Gewalt. Stuttgart: 1974.
9. **Hafter W.** Matching Loads With Hunting Methods. *A. Rifelman* 1971; 10: 28–34.

Přibližný výpočet parametru b pomocí vztahu (2) je možný pouze pro monoogivální FMJ střely, které pronikají tkáněmi stabilně a dopadají na překážku kolmo. V opačném případě jsou do vztahu zaváděny opravné koeficienty.