

## Střelná poranění

Nebudeme si nic nalhávat. Ne vždy zůstane jen u střelby na papírový terč. Co se týče lovců, jsou cílem jejich střelby zvířata (pokud se k tomu dají panáka, někdy i jejich kolegové). Z hlediska policie nebo armády končí střelba do papírového terče ve chvíli, kdy začíná akce. Pak je vhodné vědět, co střelné zranění dělá s živou tkání.

Síla působící při zásahu střelou z palné zbraně je podstatně větší, než při jiných poraněních. Rozsah poranění bývá poměrně velký a poškození tkání je zpravidla drastické. Velká část takto poškozené tkáně bývá nenávratně ztracena.

Morfologické vlastnosti střelného poranění závisí na tom, které zraňující faktory se na jeho vzniku podílely. Záleží na konkrétních podmínkách výstřelu ze zbraně (vlastnosti zbraně, střeliva) vzdáleností střelby, přítomností překážky mezi zbraní a tělem, anatomickou skladbou zasažených částí těla a další.

**Zraňující faktory při výstřelu ze zbraně jsou následující:**

- jednotná střela (běžná nebo speciální),
- zdeformovaná střela, fragmenty pláště a jádra střely,
- hromadná střela (broky, hrubé broky a další součásti jako krytka, plstěná zátka apod.),
- atypické střely (hřeby, klínky apod.)
- vzdálenost, ze které bylo vystřeleno
- povýstřelové splodiny
- vedlejší produkty výstřelu – fragmenty kovů vzniklé otěrem střely v hlavni, fragmenty kovů zápalky,
- zbytky zápalkové složky, nespálená a polospálená prachová zrna, plyny vznikající hořením střelného prachu
- zbrojní olej nebo vazelína
- kovové částice mohou být tvořeny prvky Pb, Cu, Ni, Fe, Sn, Sb, Ba, popř. dalšími
- sekundární projektily – úlomky a části překážky, fragmenty oděvu a obuvi, části měkkých tkání, úlomky kostí
- kromě čelní části zbraně mohou vzniknout i poranění pohybující se části zbraně, např. pouzdem závěru, zpětným nárazem pažby, úlomky hlavně a nebo jiné části zbraně vzniklé při jejím roztržení

## 1. Mechanismus střelného poranění

Střela může působit různými účinky:

U rychlých střel o rychlosti větší než je dvojnásobná rychlost zvuku, vzniká ve tkáni intenzivní rázová tlaková vlna s přetlakem v čele dosahujícím hodnot až 10 Mpa a šířící se tkáněmi rychlostí až 1400-1600 m/s.

### **Průbojný účinek**

Lze ztotožnit s objemem vzniklého střelného kanálu. Velikost průbojného účinku závisí převážně na hmotnosti a pevnosti střely a na její dopadové rychlosti.

### **Tříštivo - trhavý účinek**

Rozlišujeme podle toho, v jaké části těla střela proniká. Tříštivý účinek vzniká při styku střely s kostí, při styku se svalovou částí těla nebo měkkými částmi tkání vzniká trhavý účinek.

Mez vzniku tříštivého nebo trhavého účinku závisí na odporu, který klade střele prostředí a na jeho pevnosti a deformačních schopnostech. Odpor, který klade střele prostředí, ovlivňuje rychlost střely při dopadu na cíl, její energie, ráže střely, hmotnost, poměr hmotnosti střely k rychlosti šíření zvuku v daném prostředí a další činitelé.

### **Střepinový účinek**

Vzniká, když při průniku střely prostředím působí na střelu síla odpor, která je větší než mez dynamické pevnosti střely. Velký střepinový účinek mají náboje s dutou špičkou, zvláště s nekrytou. Jako střepinový účinek se ve forenzní medicíně uvádí i účinek jednotlivých kostních fragmentů vzniklých při zlomenině kosti vedoucí k samostatným poraněním.

### **Sekundární účinek**

Sekundární účinky (za sekundární účinky střely považujeme všechny účinky, které nejsou spojeny přímo s průbojným, tříštivým, trhavým ani střepinovým účinkem vlastní střely) střely mohou způsobit další mechanická poškození tím, že střela předá část své energie úlomkům kostí a ty mohou způsobit velmi vážná poškození i životně důležitých orgánů, které střelou vůbec nebyly zasaženy.

### **Hydrodynamický efekt**

Je důsledkem rázového šíření hydrodynamického tlaku ve větších cévách, v mízním systému a vůbec ve vodou bohatých tkáních, jež jsou v relativně pevnějším obalu ( a to jsou téměř všechny orgány v hrudníku a dutině břišní). Projeví se pouze za předpokladu, že střela má při styku s tímto prostředím rychlost nad 700 m/s. Střela pronikající do hloubky roztrhá čistě mechanicky části těla, které před ní leží. Tkáň je při zásahu střely s

velkou dopadovou rychlostí ve značné míře rozmačkaná. Vzniká rázová tlaková vlna, která předbíhá střelu a působí i do stran. Na předním ogiválu střely bylo zjištěno průřezové zatížení až 10 MPa.

### Rázová tlaková vlna a její vliv na kardiovaskulární a nervový systém

Je popsána na experimentálních modelech. Působení rázové tlakové vlny není takového charakteru, aby vedlo ke krvácení na místech vzdálených od střelného kanálu.

### Kaverny

Podle soudržnosti probíjené tkáně se tvoří tzv. kaverny, většinou dočasné a pulsující. Velikost těchto kavern závisí na pevnosti a tekutosti tkáně. Čím je tkáň tekutější, tím jsou kaverny větší. Střela tlačí tkáň od sebe a za sebou rozšiřuje střelný kanál. Vznikající kaverna se stahuje ihned zpět, aby se opět rozšířila a tato pulsace se opakuje vícekrát než se tkáň opět dostane do klidového stavu. Potom zůstává jako následek průstřelu tzv. zbytková kaverna – střelný kanál, který je většinou i u celo- plášťových střel větší než ráže. Velikost kaverny a počet pulsujících pohybů závisí na velikosti dopadové rychlosti, méně na hmotnosti a ráži střely.

### Neurogení šok

Čím větší je dopadová rychlost na tkáň, tím větší je kaverna, tím výraznější je tlaková vlna, která postihuje tkáň v okolí a tím větší je hydrodynamický efekt, který způsobí stlačení nervů a nervových kmenů, ochrnutí (neurogení šok) nervových center mozku, okamžitou bezvládnost a při zásahu hrudních a břišních orgánů střelou o dopadové rychlosti 1000 m/s obvykle okamžitou smrt. Jestliže střela dopadne na cíl rychlostí kolem 1000 m/s a větší, vzniká velmi výrazný hydrodynamický efekt i u střel velmi malých ráží a hmotností. Ranivost těchto střel malé ráže se ještě zvyšuje jejich nestabilitou. Velký hydrodynamický efekt mají náboje s H- pláštěm nebo s dvojitým pláštěm.

### Traumatický šok

Tento stav je vyvolaný mimovolnou reakcí zasaženého organismu, jejímž výsledkem je nadměrné podráždění nervové soustavy, prudká deprese všech životních pochodů, velký pokles krevního oběhu, překrvení a otok jater, plic a mozku a katastrofální snížení krevního tlaku. Všechny tyto změny jsou provázeny okamžitou ochablostí svalstva. Smrt způsobená traumatickým šokem přichází o něco později, ale rychle. Její bezprostřední příčinou je nedostatek kyslíku v mozku vyvolaný přerušением krevního oběhu.

## Následné účinky

Může mít každá střela, která zasáhne cíl, aniž vážněji poranila. Tento účinek se může projevit časově značně opožděně a může být samozřejmě i smrtící v důsledku embolie, sepse, apod.

## 2. Základní pojmy střelných poranění:

### 2.1 Vstřel

Místo, kudy projektil vnikne do tkáně.

Vzhled vstřelu závisí:

- na druhu zbraně,
- úhlu dopadu projektilu,
- vzdálenosti, ze které bylo vystřeleno
- na anatomických poměrech postižené tkáně
- na přítomnosti oděvu apod.

Při nárazu projektilu dojde k roztržení kožní tkáně v rozsahu jeho čelní plochy na mikroskopické částičky. Částičky se pohybují v protisměru letu projektilu a působí jako gejzír. Projektil se při kontaktu s kůží opře na hranici čelní a boční plochy o tkáň v bezprostředním okolí vyraženého otvoru v kůži. Tím vzniká základní tvar vstřelu. Tak vzniká každý vstřelový otvor bez ohledu na to, z jaké vzdálenosti bylo vystřeleno. Vstřel je modifikován i vedlejšími faktory střelení (nespálená prachová zrnka, kovové součásti a saze), které vylétají z hlavně ze projektilu. Obvykle se uplatní jen do vzdálenosti dvojnásobku délky hlavně použité zbraně.

Rozlišujeme vstřel:

- 1) z absolutní blízkosti
- 2) z relativní blízkosti

ad 1) z absolutní blízkosti

- Ústí hlavně je přiloženo nebo vtlačeno do kůže.
- Tlak plynů kůži cípatě trhá.
- Plamen, plyny, kouř a prachová zrna vnikají do podkoží a vytvářejí kouřovou dutinu.
- K roztržení vstřelu dochází, pokud je střeleno např. přes tkaninu.
- Může vzniknout otisk čelní části zbraně, mířidel.
- Otisk je tvořen kouřem, oděrkou, krevním výronem nebo drobnými ranami, popř. je kombinován.
- Vzácněji jde o úplný otisk (při střelbě kolmo na povrch těla).

ad 2) z relativní blízkosti

- Zde se uplatňují všechny nebo jen některé vedlejší produkty výstřelu, v závislosti na vzdálenosti ústí hlavně.

- Na nejkratší vzdálenosti působí plamen.
- Na delší vzdálenosti působí plyny.
- Na ještě delší vzdálenosti působí kouř.
- Na nejdelší vzdálenosti působí prachová zrna a kovové částice.

### Účinek plamene, plynů a kouře

Plamen působí ožehnutí – hlavně umělých vláken, vzácně plyny, prakticky nikdy neožehne bavlnu, výjimečně chlupy a vlasy.

Plamen účinkuje do vzdálenosti 1 – 2 cm.

Plyny účinkují mechanicky a chemicky.

Mechanický účinek plynů – spočívá v roztržení, tím i zvětšení vstřelu.

Většinou na vzdálenosti do 5 – 10 cm – u pušky i větší.

Chemický účinek plynů – spočívá v tvorbě karbonelhemoglobinu a karbonylmyoglobinu. Lze ho pozorovat do vzdálenosti několika málo milimetrů kolem začátku střelného kanálu při vzdálenosti ústí hlavně asi do 5 cm.

Kouř se skládá ze spálených zbytků prachové náplně a zápalkové složky.

Kouř má šedočerné zbarvení, poměrně pevně lne k povrchu pokožky nebo jiného materiálu. Dosahuje vzdálenost 20 – 50 cm podle druhu zbraně.

Prachová zrna nespálená nebo částečně spálená a kovové částice dolétají nejdále.

Např.

U pistole do 40 cm, u pušky do 100 cm, ojedinělá prachová zrna a kovové částice dolétají u pistole do vzdálenosti 100 až 150 cm.

U vojenské automatické pušky do vzdálenosti 150 až 200 cm. U lovecké pušky do vzdálenosti 200 až 300 cm.

V okolí vstřelu z relativní blízkosti jsou popisovány do vstřelu směrem k periferii následující lemy (dvorce):

#### Lem znečištění

Je na vnitřním okraji vstřelu. Může být překryt vytékající krví.

Vzniká otěrem nečistot z pláště střely a bývá 1 – 2 mm široký. nečistoty tvoří oleje, vazelína, rez a otěr kovů z vnitřku hlavně, dále kouře ze střelného prachu a kouř ze zápalky.

#### Lem sedření

Vzniká odprýsknutím povrchových vrstev epidermis při jejich excentrickém urychlení vznikajícím v okamžiku dopadu střely a je 1 až 2 mm široký. Jen někdy odpovídá průměru střely. Při střelbě kolmo na povrch těla je po celém obvodu stejně široký. Při střelbě šikmo na povrch těla je širší na straně přivrácené k hlavni. Protože v rozsahu lemu sedření chybí epidermis, lem na mrtvém zasychá.

## Lem zakouření

Ukládá se kolem vstřelu v závislosti na úhlu střelby. Při střelbě kolmo na povrch těla je zakouření nejsilnější kolem vstřelu a slabší na periférii. Někdy se ukládá v kruzích střídavě hustějších a slabších, se stoupající vzdáleností se zakouření usazuje na větší ploše, ale snižuje se jeho hustota. Při střelbě šikmo na povrch těla (zhruba úhel větší než 45 stupňů) se dvorec kouře protahuje na stranu odvrácenou od hlavně, při úhlu střelby pod 45 stupňů je naopak zakouření protažené ke straně přivrácené k hlavni.

## Lem prachových zrn a kovových částic

Při menší vzdálenosti je rozložen v lemu odření a zakouření. Při větší vzdálenosti se prachová zrna a kovové částice ukládají na větší ploše, ale řídkěji. Od hladké plochy, tj. i od kůže, se prachová zrna při větší vzdálenosti odrážejí a odpadají. Při menší vzdálenosti se zčásti zasekávají do kůže (hlavně těžší, tj. nespálená) a zčásti odrážejí a zanechávají drobné oděrky, které u mrtvého rychle zasychají. Z nespálených prachových zrn lze identifikovat druh prachu, a tím i druh náboje.

## 2.2 Střelný kanál

Střelný kanál vznikne pronikáním projektilu tkání. Svým rozsahem neodpovídá velikostí projektilu.

Vzhled střelného kanálu:

- může být přímočarý, obloukovitý nebo ohnutý pod ostrým úhlem
  - přímočarý s. k. – lze nalézt při přímém průletu střely
  - obloukovitý s.k. – vzniká při velmi šikmém odpadu střely na pevnou tkáň a sklouznutím po ní
  - ohnutý pod ostrým úhlem – např. při poranění hlavy, kdy projektil proletí mozkem, narazí na kost a odrazí se od ní zpět do mozku (rikošetovaná střela)
- v měkkých tkáních – stěny kanálu jsou nerovné
- v kosti a chrupavčité tkáni – mohou být hladké. V místě, kde projektil opustí kost (převážně u ploché části kosti) se nachází trychtýřovité vytržení kosti. Trychtýř se rozšiřuje po směru dráhy projektilu, podle toho lze určit směr letu projektilu.

Střelný kanál projektilu:

- obvykle je válcovitého profilu, bývá vyplněn roztříštěnou tkání, krevními sraženinami a úlomky kostí
- obsahuje vrstvu úrazové nekrózy – její šířka závisí na kinetické energii střely, je tvořena rozdrčenou a prokrvácenou tkání propadající nekróze
- obsahuje vrstvu molekulárního tkáňového otřesu, její šířka závisí na kinetické energii střely a je charakterizována drobnými krevními výrony

### 2.3 Výstřel

Místo, kudy projektil opustil tkáň po projití tělem.

Ve chvíli, kdy projektil opouští tkáň v místě zvaném výstřel se kůže vypne a na vrcholu jejího vyklenutí střela prorazí pokožku. Přitom nedochází k roztříštění kožní tkáně.

Výstřelový otvor je obvykle větší než otvor vstřelu. Je to způsobeno tím, že střela při průniku tělem na sebe nabaluje tkáňové částice, střepiny kostí nebo se deformuje, popřípadě vychází z těla uchýlená od dlouhé osy (např. bokem).

Výstřelový otvor může být i malých rozměrů, ale to pouze v případě, kdy se projektil příliš nedeformuje nebo nemění polohu. Při změně polohy projektilu totiž dochází k zvětšení čelního profilu. Projektil před sebou může tlačit také kostní úlomky, což zvětšuje plochu výstřelu.

Rána může mít nepravidelně hvězdovitý, cípatý nebo rozparkovitý tvar. U zbraní s krátkou hlavní je výstřel často štěrbinovitý, nikoli okrouhlý a okraje jsou vychlípeny navenek. Střely s vysokou rychlostí vytvářejí roztržený výstřel. Jedna střela může vytvořit dva i více výstřelů, např. tím, že se střela roztrhne na dvě samostatné části (nárazem na kost nebo zub), nebo vedle střely opouští povrch těla střepiny kostí.

Okraje výstřelu k sobě lze volně přiložit. V okolí výstřelového otvoru chybí lem sedření a lem pošpinění.

## 3. Typy střelných poranění

### Průstřel

Jedná se o zranění, kdy střela projde celou tkání a vyjde z ní ven. V místě vniku (tedy vstřelu) je zranění poměrně malé. Po vstřelu pokračuje průstřel střelným kanálem, který se rozšiřuje.

Ven z tkáně vychází poměrně velký výstřel, kterým projektil opustil tělo.

### Zástřel

V tomto případě střela zůstává v těle poraněného, aniž by se dostala druhou stranou ven. Vytvoří střelný kanál o různé délce a projektil zůstane na jeho konci. (např. střela na doletu)

### Nástřel

K nástřelu dochází v případě, kdy projektil zasáhne povrch těla, ale již nemá dost energie k tomu, aby do těla pronikl (např. střela zbrzděná překážkou)

### Postřel

Jedná se o tečné poranění. Projektil se jen dotkne povrchu těla, v podstatě sklouzne po povrchu a na kůži zanechá oděrek (střelný kanál) o

různé hloubce a délce. Toto zranění (střelný kanál) je po celé délce otevřený. Spodina zranění zpravidla žlutohnědá a po zaschnutí pergamenovitě tuhá.

#### 4. Specifika střelného poranění

##### Sekundární střelné kanály

U střelných poranění nejsou zpravidla poškozeny pouze tkáně, které se nalézají v bezprostřední blízkosti střelného kanálu. Často jsou poškozeny i tkáně, které se nalézají poměrně daleko od samotného zranění.

V okolí střelného kanálu můžeme nalézt tzv. sekundární střelné kanály. Tyto kanály jsou způsobeny úlomky kostí, zubů, zubních výplní nebo protéz. Ve všech takových kanálech se setkáme s krevními sraženinami, cizími tělesy a bakteriální infekcí.

##### Oblast molekulárního otřesu tkání

Oblast zasažená molekulárním otřesem tkání se na první pohled jeví zpravidla jako nepoškozená. Nicméně životaschopnost buněk a jejich schopnost regenerace je značně snížena.

##### *Proč?*

Díky Tlakové vlně, která působí před projektilem. Na zlomky sekundy sepřed projektilem vlivem tlakové vlny vytvoří dutina, zhruba 30x větší než je průměr pronikajícího projektilu.

Za projektilem ke všemu postupuje podtlaková vlna.

Díky těmto tlakovým vlnám dochází k porušení nervů, kostí a cévních stěn. K uvedeným poškozením dochází i v místech, která jsou od střelného kanálu značně vzdálena.

##### Chování projektilu uvnitř tkáně

Jak prochází projektil tkání, dochází k jeho destabilizaci. Střela je vychylována do stran, brzděna a vychylována tkáněmi, kterými proniká. To vše způsobuje rozšiřování střelného kanálu. Následkem je mnohem větší poranění tkáně na výstřelu než na vstřelu.

Taková informace je podstatná pro ošetřujícího lékaře. Ten díky tomu dokáže např. odlišit např. dva zástřely od jednoho průstřelu a správně určit postup ošetření a léčení.

##### Vnější poškození kůže

Již bylo řečeno, že vstřel bývá na rozdíl od výstřelu poměrně malé zranění. Nicméně kromě samotného otvoru dochází ještě k dalšímu poškození kůže. Toto poškození je ovlivněno vzdáleností, ze které ke střelnému poranění došlo.

U poranění způsobného zblízka, kdy byla hlaveň velmi blízko nebo zcela na kůži,



je způsobena další devastace kůže průnikem střelného prachu a spalných plynů do kůže.

Tím vzniknou charakteristické popáleniny kruhového tvaru. Tyto popáleniny nalezne lékař i v případě, kdy byla hlaveň vzdálená např. i 15 cm od pokožky.

## 5. První pomoc

Základní ošetření střelného poranění

Pokud takto zraněný člověk přežije, je poměrně silně ohrožen na životě.

Dva největší život ohrožující faktory jsou:

- značné krvácení
- nedostatek vzduchu (tzv. asfyxie, kdy jsou ucpány dýchací cesty)

Je nutné odstranit krevní sraženiny a volná cizí tělesa z ústní dutiny. Zraněný by měl být uložen do stabilizované polohy, aby byl zajištěn odtok krve a slin z ústní dutiny. V takové poloze nehrozí zapadnutí jazyka. V některých případech, pokud je zraněný při vědomí, někdy sám raději vyhledá polohu vsedě s předkloněnou hlavou.

Musí být přiloženy obvazy, aby bylo zabráněno dalším ztrátám krve a znečišťování rány.

V případě tepenného krvácení je nutné použít adekvátní tlakové body. Úkony první pomoci musí být provedeny co nejrychleji a měl by je být schopen provést i laik.

## Literatura

- Baker, W. E., Cox, P. A. et al: Explosive hazards and evaluation. Amsterdam, Elsevier, 1983.
- Beneš, A.: Účinek malorážových střel vysoké rychlosti. Vojenské zdravotnické listy, 1979, 3, s. 16 - 26.
- Callender, G. R. , French, R. W. : Wound Ballistic: Studies in the Mechanism of Wound Production by Rifle Bullets. Mil. Surg., 1935, 77, s. 177 - 201
- De Muth, W. E. : Bullet Velocity and Design as Determinans of Wounding Capability - an Experimental Study. J. Trauma, 1966, 6, 2, s. 222 - 232
- De Muth, W. E. : Bullet Velocity as Applied to Military rifle Wounding Capacity. J. Trauma, 1969, 9, 1, s. 27 - 38
- Dogoši, M., Hrbek, J.: Soudní lékařství pro policisty. Praha: Policejní akademie ČR, 2003. 94 s
- Dogoši, M., Liška, P.: K rozsahu poškození jater střelou. In III. symposium kriminalistické soudně lékařské a soudně inženýrské aplikace biomechaniky. Praha: KÚ VB, 1987, s. 135 - 138.
- Fachler, M. L. : Wound Ballistic.. A Review of Common Misconception. Jama, 1988, 259, 2730 - 2736
- Ferko, A., Folvarský, J.: Balistická trauma. Vojenské zdravotnické listy, 199, 1 - 2, s. 36 - 41
- Kolektiv autorů: Soudní lékařství. Praha: Grada Publishing, 1999, 600 s.
- Komenda, J., Juříček, L.: Střelná poranění střelami vojenských pušek (1), (2), (3), (4). Střelecká revue, 2000, 1 - 4, s. 5 - 55.
- Komenda, J., Maláník Z.: Zákeřné zbraně, Brno 2002
- Liška, P., Dogoši, M.: Zkoumání možného smrtícího účinku střelné zbraně. Kriminalistický sborník, 1980, roč. 24, č. 1, s. 51 - 57.
- Sellier, K. G., Kneubuehl, B. L.: Wound ballistics and the scientific background. Amsterdam, London, New York, Tokyo. Elsevier, 1994, 479 s.
- Srčh, M.: Soudní lékařství. II. vybrané kapitoly. Praha, SPN, 1974, 65 s.
- Tesař, J.: Soudní lékařství. III. doplněné vyd. Praha, Avicenum, 1985, 800 s.