proLékaře.cz | 10.11.2026

Střely frangible: ranivost a klinické aspekty jejich použití

Komenda J.[1], Hejna P.[2], Rydlo M.[3], Novák M.[4], Krajsa J.[5], Racek F.[1]

[1] Univerzita obrany v Brně
[2] Ústav soudního lékařství LF UK a FN Hradec Králové
[3] Robert Bosch, Stuttgart
[4] Prototypa-ZM, Brno
[5] Ústav soudního lékařství FN Brno

SOUHRN
Článek uvádí základní charakteristiku střel typu frangible (tzv. křehkých střel) a dokumentuje specifické chování vybraných typů těchto střel ve zkušebních blocích z náhradního materiálu používaného jako substituce živých cílů. K základním přednostem frangible střel patří nejen omezená průbojnost a odrazivost od pevných překážek, ale i ekologická konstrukce s absencí olova. Náboje s frangible střelami se používají ozbrojenými sbory zejména k výcviku ve střelbě, ale mohou se uplatnit i při služebních zákrocích.
Výsledky vlastních střeleckých experimentů potvrzují, že změnou výrobní technologie i geometrie střely lze měnit ranivý potenciál střel frangible ve velmi širokých mezích. Nově vyvíjené a na trh dodávané střely typu frangible se vyznačují velmi specifickými vlastnostmi v oblasti terminální balistiky. Některé frangible střely se chovají v měkkých tkáních živých cílů i jejich substitucích podobně, jako střely celoplášťové, u jiných dochází v měkkých tkáních k rozpadu na velmi malé části, doprovázenému výrazně zvýšenými ranivými účinky. U řady střel frangible lze při zásahu živého cíle očekávat vznik extrémně devastujících střelných poranění, které budou mít závažnější trvalé následky a vyžádají si i nové lékařské přístupy k jejich léčbě.

Klíčová slova: střely frangible – kovový prášek – ranivost – ranivý potenciál – ranivá balistika – střelná poranění – fragmentace střely

Frangible bullets: wounding capability and clinical aspects of their use

SUMMARY
The article deals with basic characteristics of the frangible bullets and it documents a very specific behaviour of chosen types of these bullets in testing blocks as a substitute materials of alive tissues.
The frangible bullets have several important advantages compared to the classical sorts of firearms bullets. The highest benefit could be seen especially in the limited penetrating capability and very low ricochet hazard connected with the use of these bullets. The absence of poisonous elements in the material of frangible bullets (for instance lead) is highly appreciated from the ecology reasons nowadays as well. The cartridges assembled with frangible bullets are used most of all for the practise reasons by law enforcement units, but can be used very effectively also in combat situations.
Results of own shooting experiments confirm that the wound potential of bullet can be changed in a very large extent with the change of the manufacturing technology and the bullet's geometry. Newly developed frangible bullets and the already manufactured bullets available on the market are characterized by very specific terminal ballistic features. Some frangible bullets behave in a comparable way to full metal jacketed bullets while penetrating soft tissues. Another frangible bullets of different designs fragment to the pieces in soft tissues and cause very serious wounds with persistent effects. The usage of frangible bullets and a potential risk of misuse of this specific sort of ammunition require also new approaches in the medicine for the treatment of the gunshot wounds.

Keywords: frangible bullets (projectiles) – metal powder – wounding capability – wounding potential – wound ballistcs – gunshot wounds – bullet fragmentation

Soud Lek 2012; 57(2): 21–24

Střelná poranění patří obecně do skupiny poranění, jejichž závažnost lze u konkrétního jedince bez podrobného vyšetření jen obtížně predikovat. Účinek střely na člověka je výsledkem působení řady faktorů, které mají nejen **deterministický**, ale i **stochastický** charakter; jinak řečeno, řada faktorů ranivosti střely je poměrně přesně definována (balistické charakteristiky střeliva, chování střely v tkáních, …), jiné jsou však výsledkem působení mnoha náhodných vlivů (místo zásahu na těle, směr pohybu střely, zasažení životně důležitých orgánů, zdravotní stav zasaženého před zásahem střelou, jeho psychická odolnost, vitalita a stupeň nasazení, druh oblečení, charakter případné představné překážky, dostupnost a kvalita lékařské péče, atd.).

V posledních deseti letech se výrazně rozšiřuje sortiment střeliva pro ruční zbraně s bezolovnatými střelami frangible vyrobenými principiálně odlišným způsobem v porovnání s většinou dosud používaných střel. S rozšiřujícím se použitím střeliva frangible se významným způsobem zvyšuje i míra nahodilosti v ranivém působení střel na živé cíle a v charakteru střelných poranění, což do

✉ ***Adresa pro korespondenci:***
Doc. Ing. Jan KOMENDA, CSc. *e-mail: jan.komenda@unob.cz*
Ing. František RACEK, Ph.D. *e-mail: frantisek.racek@unob.cz*
MUDr. Petr HEJNA, Ph.D. *e-mail: HejnaP@lfhk.cuni.cz*
Ing. Martin RYDLO, Ph.D. *e-mail: martinrydlo@centrum.cz*
Ing. Miroslav NOVÁK, Ph.D. *e-mail: miroslav.novak@prototypa.cz*
MUDr. Jan KRAJSA, Ph.D. *e-mail: jan.krajsa@fnusa.cz*

proLékaře.cz | 10.11.2026

určité míry ovlivní všechny etapy léčby pacienta se střelným poraněním střelou frangible a zvětší i rozptyl parametrů mortality (1,2).

Kliničtí i soudní lékaři musí být připraveni na skutečnost, že v zasažených tkáních nemusí být nalezena žádná větší část střely, ale jen rozptýlené drobné fragmenty rozpadlé střely (rozpad střely lze potvrdit vhodnou zobrazovací metodou). Větší části střely mohou tak ve tkáních zcela chybět a je zbytečné po nich pátrat.

Střely frangible také otevírají celé spektrum nových problémů i v technické oblasti obecné balistiky (nejen ranivé). Např. z kriminalistického hlediska je velkým nedostatkem střel frangible velmi omezená možnost zjištění balistických stop na povrchu rozpadlých střel (1,2).

CHARAKTERISTIKA A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ STŘELIVA FRANGIBLE

Střelivo typu frangible je charakteristické použitím křehké střely specifické konstrukce, která je navržena a vyrobena tak, aby se při nárazu na pevnou překážku rozpadla na drobné úlomky o velikosti podstatně menší, než je původní střela (až o několik řádů). Nově zaváděné střelivo se střelami frangible je určeno především pro služební zbraně – zejména při výcviku ve střelbě, kde vyniká svou bezpečností a sníženou toxicitou. Objevují se však i první typy pro použití k ostré střelbě v rámci služebních zákroků a sebeobrany. Nejvíce je rozšířeno střelivo frangible v pistolovém provedení, jsou však dostupné i puškové varianty (s jednotnými i hromadnými střelami) určené pro dlouhé zbraně. Díky své fragmentaci na pevné překážce má střela frangible **omezený průbojný účinek** i **odrazivost**. Pro střelivo frangible je dále typická značná **variabilita funkčních vlastností**, které lze výrobními postupy měnit v širokém rozmezí. Střely frangible (obr. 1) jsou vyrobeny zejména technologiemi práškové metalurgie (zpravidla lisováním) z kompozitních materiálů na bázi jemných prášků vybraných kovů (měď, železo, zinek, cín, vizmut, wolfram a další). Vzhledem k použitým materiálům jsou střely frangible **ekologické**, resp. pseudoekologické[1] (neobsahují olovo).

Střely frangible se ani po mnoha letech své existence dosud nedočkaly oficiálního českého pojmenování. Z používaných českých ekvivalentů ke specifikaci střely je nejblíže přívlastek **křehká**, méně již tříštivá, rozpadající se, nebo bortící se. Vzhledově se střely frangible (pokud jsou celé) často jen obtížně rozeznávají od celoplášťových střel s olověnou výplní, což potvrzuje obr. 2. V tomto případě může být vodítkem vedle barvy i charakteristický tvar frangible střely s větší či menší čelní rovinnou plochou, která je dána použitou technologií výroby (1).

Desintegrace standardních kompaktních střel frangible obvykle nastává pouze při nárazu na pevnou tuhou překážku (obr. 3). Při pronikání měkkými tkáněmi se netříští, ani nedeformují a chovají se podobně jako střely celoplášťové.



Obr. 1. Různé druhy pistolových střel frangible v ráži 9 mm Luger; zleva 2 střely vyrobené z měděného prášku, vpravo 2 střely vyrobené ze železného prášku.



Obr. 2. Srovnání vzhledu střel frangible (vlevo) s klasickými celoplášťovými střelami s olověnou výplní (vpravo); zcela vpravo dvě vystřelené střely s drážkami od vývrtu hlavně (všechny střely ráže 9 mm Luger).



Obr. 3. Charakteristický rozklad 9 mm pistolové frangible střely (na bázi Cu) na pevné překážce (vlevo náboj před výstřelem).



Obr. 4. Experimentální české náboje se střelami frangible na bázi železného prášku (dutina zvyšuje pravděpodobnost rozkladu střely).



Obr. 5. Pistolové náboje Extreme Shock se střelami ultrafrangible rozpadajícími se v měkkých tkáních (vlevo náboj AFR, vpravo FF).

[1] Některé z použitých kovů k výrobě frangible střel mají ve vyšších koncentracích v těle člověka toxické účinky. Např. při výrobě frangible střel velmi rozšířená měď, i když je zařazena mezi esenciální prvky, se svou nebezpečností pro člověka (v nadlimitním množství) řadí mezi těžkými kovy na třetí místo za rtuť a olovo.

proLékaře.cz | 10.11.2026

Poněkud v rozporu s humánními kritérii jsou vyvíjeny a používány velmi křehké frangible střely s vysokou frangibilitou (tzv. ultrafrangible střely), které se záměrně rozpadají i v měkkých tkáních a vykazují tak vysoký ranivý potenciál – obr. 4 (2). Do této skupiny se řadí zejména americké náboje **Extreme Shock** se střelami na bázi wolframového prášku (obr. 5), jejichž desintegrace v blocích z náhradních materiálů typu želatina nebo gel je standardní funkcí. Je tedy vysoce pravděpodobné, že jsou schopny rozkladu i v měkkých tkáních živého cíle. Jsou určeny nejen pro služební zákroky, ale i pro civilní sebeobranu a pro lov zvěře.

Výkonné pistolové a revolverové náboje AFR a FF a zejména puškové náboje s fragmentujícími střelami FHVL vytváří při průstřelu bloků z náhradních materiálů dočasné dutiny extrémně velkých, až katastrofických rozměrů; mnohdy doprovázené částečnou nebo totální destrukcí bloku srovnatelnou jen s výbušnými střelami. Videozáznamy průstřelů zkušebních bloků z vysokorychlostní kamery jsou dostupné na *www.extremeshockusa.com*. Obdobné účinky jsou příznačné i pro puškové lovecké střelivo **Varmint Grenade** firmy Barnes, jehož střely jsou tvořeny mosazným pláštěm naplněným mírně slisovanou směsí měděného a cínového prášku. Toto střelivo je charakteristické velmi devastujícími účinky na drobnou zvěř.

ANALÝZA RANIVÉHO POTENCIÁLU STŘEL FRANGIBLE

Kompaktnost střely a její frangibilita (schopnost rozkladu na malé části při nárazu na definovanou překážku) musí být volena s ohledem na požadavek odolnosti střely při výstřelu i pronikáním měkkými tkáněmi a požadavek spolehlivého rozkladu střely na tvrdém cíli, což jsou nároky vzájemně protichůdné. Standardní střela frangible má vyvážený poměr mezi pevností a houževnatostí na straně jedné, a křehkostí i deformovatelností na straně druhé; je tedy právě tak kompaktní, pevná a houževnatá, aby se nerozpadla při pohybu v hlavni a během letu k cíli, a rovněž při pronikání měkkými tkáněmi, a současně tak křehká, aby došlo k jejímu spolehlivému rozkladu při nárazu na definovanou odolnější pevnou překážku.

Pevnost, resp. soudržnost křehkého materiálu střely frangible při pronikání měkkými tkáněmi, popř. i po nárazu na kost, má z hlediska ranivosti střely mimořádný význam. Při rozkladu v tkáních jsou ranivé účinky střel frangible extrémní s ohledem na velikost objemu dočasné dutiny, ale i objemu vytržených tkání a tkání zničených pohybem jednotlivých částic v různých směrech. To je typické pro střely ultrafrangible. Na rozdíl od kompaktní střely nevzniká u střel ultrafrangible po dopadu do měkké tkáně (nebo její technické substituce) klasický střelný kanál, nýbrž desítky menších kanálů vytvořených pohybem drobných částic po rozpadu střely. Tyto částice nepravidelného tvaru pronikají tkáněmi v kuželovém sektoru (obr. 6) ve velkém počtu a poškozují nejen svalová vlákna, ale i nervy a cévy ve značném objemu tkáně, i když nejsou schopny vzhledem ke své velikosti proniknout do větší hloubky tkání. Hloubka vniku fragmentů do tkáně se zvyšuje s jejich rostoucí hmotností a obvykle nepřesahuje 15 cm. Střela ultrafrangible tedy zpravidla tělo zasaženého jedince neopustí a nemůže tak zranit nezúčastněné osoby (oblast zájmu postterminální balistiky).

Rozkladem experimentální střely s dutinou v bloku gelu na obr. 6 vznikl jeden větší fragment (cca polovina hmotnosti střely) a několik desítek hmotnějších částic, které jsou v důsledku působení odstředivých sil, vyvolaných rotací střely, rozptýleny v kuželovém sektoru (max. hloubka vniku do bloku je 10 cm). Fragment tvořený nerozloženou zadní částí střely pronikl celým blokem v přímém směru. Videozáznam z vysokorychlostní kamery dokumentující průstřel bloku na obr. 6 je k dispozici na *www.RuceVzhuru.cz/Videa*.

Poměrně nebezpečná (zejména pro nechráněný obličej a krk) je střelba na živý cíl přes méně odolnou představnou překážku (např. plech automobilové karosérie, čelní nebo boční okna automobilu, okna a dveře v bytech), na níž dochází při průstřelu k rozkladu frangible střely na fragmenty s nezanedbatelným povrchovým účinkem (možnost poškození oka, krční tepny). Tento účinek střel frangible je tak blízký střepinovému účinku výbušné munice.

SPECIFIKA STŘELNÝCH PORANĚNÍ STŘELAMI FRANGIBLE

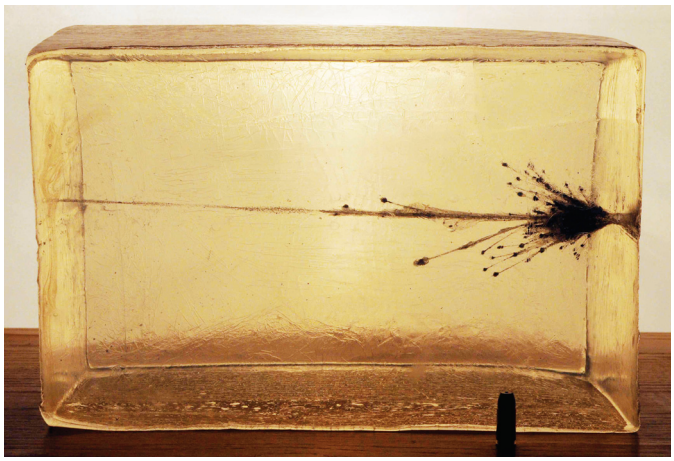
Střely frangible s vysokou křehkostí (tzv. ultrafrangible střely) mají z pohledu ranivé balistiky a traumatologie tyto specifické vlastnosti (3–7):

- rozpad střely nastává většinou bezprostředně po vniknutí do měkkých tkání, kdy je zatížení střely v důsledku hydrodynamického tlaku nejvyšší; moment rozpadu střely a míra její fragmentace jsou však v jednotlivých případech individuální a těžko předvídatelné,
- u kompaktnějších střel s menší křehkostí může být jejich rozpad v měkkých tkáních vyvolán až nárazem na méně poddajné tkáně (např. kosti[2], zuby, vazivové povázky apod.),
- při nárazu střely frangible na odolnější prvek oblečení (např. knoflík, opasek apod.) může dojít k předčasnému rozpadu střely ještě před vniknutím do těla[3],
- nedojde-li k fragmentaci střely frangible, pak při jejím pronikání měkkými tkáněmi (náhradním materiálem) vzniká dočasná dutina tubulárního typu podobně jako u celoplášťové střely stejné ráže,
- při rozpadu střely frangible při jejím pronikání měkkými tkáněmi (náhradním materiálem) pak nevznikne klasický jednotný střelný kanál, nýbrž desítky menších střelných kanálů vytvořených pohybem drobných fragmentů po rozpadu střely (účinek frangible střely je srovnatelný s účinkem roje drobných broků nebo výbušné střely),
- v každém individuálním střelném kanálu vzniká dočasná dutina a u sousedních dutin dochází k jejich vzájemnému propojení za vzniku dočasné dutiny větších rozměrů (mezi počtem jednotlivých střelných kanálů a velikostí výsledné dočasné dutiny je synergický vztah – efekt prostorové sumace),
- rozpínáním tkání kolem dočasné dutiny roste tlakový účinek na okolní tkáně, čímž se zvyšuje i tlak v krevním řečišti a výsledný rozsah postižení tkání v tzv. zóně molekulárního otřesu,
- trvalá dutina může mít v případě ztrátových výtrží tkání (minus defektů) rovněž atypicky velké rozměry,
- drobné fragmenty střely o hmotnosti řádově několika desetin gramu pronikají tkáněmi v kuželovitém sektoru ve velkém počtu (řádově desítky) do hloubky až 10–15 cm a poškozují cévy, nervy i svalová vlákna ve značném objemu tkáně, která následně snadno podléhá nekróze,
- pokud vznikne při rozpadu střely frangible větší fragment o hmotnosti řádově v gramech, pak je zachycen tkáněmi v podstatně větší hloubce (pokud neopustí tělo), než fragmenty drobné,
- drobné části střely jsou z tkání chirurgicky velmi těžko odstranitelné, a to většinou za cenu podstatné iatrogenní traumatizace,
- některé kovové prvky užívané k výrobě střel frangible jsou méně

[2] Např. po průchodu mezižebřím se může střela frangible v hrudníku chovat jako střela jednotná a roztříštit se až v oblasti páteře; v hrudníku je pak jeden střelný kanál a na jeho konci jsou jen drobné fragmenty roztříštěné střely, což může vést k chybné interpretaci nálezu.

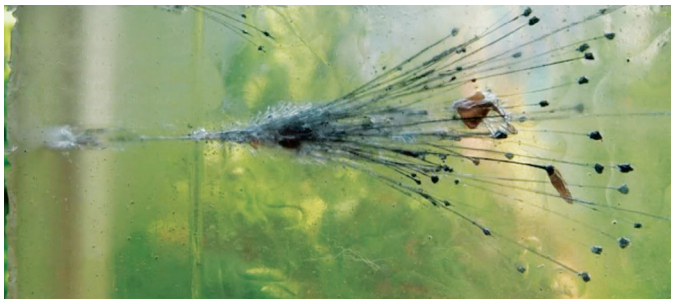
[3] Předčasná fragmentace střely pak může imitovat poranění hromadnou střelou nebo napodobovat prachovou tetovář a zkreslovat odhad vzdálenosti střelby.

proLékaře.cz | 10.11.2026



Obr. 6. Účinek střely ultrafrangible na zkušební blok vyrobený z náhradního materiálu – balistického gelu (délka bloku 40 cm, pohyb střely a jejích částí zprava doleva).

radiokontrastní – identifikovatelné jsou tak jen větší fragmenty,
- ve tkáních rozptýlené drobné částice z kovových prášků výrazně zvyšují, ve srovnání s kompaktními střelami klasického uspořádání, četnost akutních i chronických zánětlivých procesů, celkově se prodlužuje doba hojení rány,
- život zasaženého může ohrožovat i po několika dnech od zásahu sepse, vyvolaná přítomností rozptýlených částic střely v tkáních,
- vzhledem ke své velikosti fragmenty snadněji vnikají i do cév, mohou putovat krevním řečištěm a vyvolat embolii s následnou ischemií tkáně,
- větší rozsah destrukce tkání fragmenty střely může mít za následek i významně větší krevní ztrátu,
- závažné a život ohrožující může být poranění vitálních orgánů – mozku, srdce, plic, velkých cév, jater, střevních kliček – jednotlivými fragmenty střely frangible,
- u shodného střeliva mohou vzniknout velmi odlišné ranivé účinky v závislosti na dopadové rychlosti střely, místu zásahu, představné překážce apod.



Obr. 7. Účinek pistolové frangible střely Extreme Shock AFR na transparentní substituci (ve vějíři wolframových částic jsou navíc i střepiny z pláště).

ZÁVĚR

Cílem tohoto článku bylo upozornit na existenci střeliva frangible s křehkými střelami, s jehož účinky na živé cíle jsou dosud jen velmi malé zkušenosti. S ohledem na značnou variabilitu konstrukcí střeliva frangible lze při jeho rozšíření v následujících letech očekávat i rozdílné působení na živé cíle od nekomplikovaných průstřelů, přes ztrátová poranění končetin, až po extrémně devastující poranění vnitřních orgánů neslučitelných se životem. Je dosti pravděpodobné, že ultrafrangible střely s vysokou ranivostí vyvolají při masovém použití ve světě podobný rozruch, jako první typy expanzních střel Dum-Dum ve 2. polovině 19. století.

REFERENCES

1. **Rydlo M.** Balistické vlastnosti malorážového střeliva typu frangible (dizertační práce). Brno: Univerzita Obrany; 2010.
2. **Komenda J, Rydlo M.** Střelivo frangible (studie). Praha: Kriminalistický ústav; 2011.
3. **Graham JW, Petty CS, Flohr DM, Peterson WE.** Forensic aspects of frangible bullets. *J Forensic Sci* 1966; 11: 507–515.
4. **Schyma Ch, Bittner M, Placidi P.** The MEN frangible: study of a new bullet in gelatin. *Am Forensic Med Pathol* 1997; 18: 325–330.
5. **Kaplan J, Klose R, Fossum R, Di Maio V.** Centerfire frangible ammunition: wounding potential and other forensic concerns. *Am Forensic Med Pathol* 1998; 19: 299–302.
6. **Šafr M, Hejna P.** Střelná poranění. Praha: Galén; 2010.
7. **Schyma Ch, Madea B.** Evaluation of the temporary cavity in ordnance gelatine. Forensic Sci Int 2012; 214: 82–87.