

MASARYKOVA UNIVERZITA
Lékařská fakulta

**Příčiny vzniku perikapilárních hemoragií v mozku při
střelných poraněních**

DISERTAČNÍ PRÁCE

MUDr. Jan KRAJSA

Školitel:

prof. MUDr. Miroslav Hirt, CSc.

Brno 2009

Poděkování

Úvodem bych rád poděkoval všem, kteří se jakýmkoli způsobem podíleli na přípravě této práce, především pak svému školiteli prof. MUDr. Miroslavu Hirtovi, CSc., přednostovi Ústavu soudního lékařství LF MU v Brně, za cenné rady, připomínky a odborné vedení. Neméně měrou však děkuji i své manželce a dětem, bez jejichž podpory a trpělivosti by tato práce jen stěží vznikla.

PŘEDMLUVA

Problematika vzniku střelných poranění a jejich následků je neustále v popředí zájmu široké obce představitelů nejrůznějších vědních oborů – medicínských i technických. Tématem mé práce je jedna ze zatím nepříliš prozkoumaných oblastí této široké problematiky. Jedná se o možnost vzniku poranění vzdálených od místa primárního zásahu. Toto v odborných kruzích poměrně hodně diskutované téma nabízí k vyřešení řadu otázek. Z celé šíře možných poranění jsem se zaměřil na problematiku vzniku perikapilárních hemoragií v mozku při střelných poraněních hrudníku. Ukazuje se totiž, že i takto zdánlivě nevýznamné změny v mozkové tkáni by mohly mít velmi závažné klinické důsledky u přežívajících osob po střelných poraněních.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	6
ÚVOD.....	7
1 HISTORIE VÝVOJE JEDNOTNÉHO NÁBOJE	8
2 ÚČINKY STŘEL NA ORGANIZMUS.	11
2.1 Celkové účinky střel na organizmus a základní balistické pojmy	11
2.2 Ranivý účinek střel a způsoby jeho možného stanovení.....	12
2.3 Typy střelných poranění jednotnou střelou.....	20
2.3.1 Nastřelení.....	21
2.3.2 Otřel.....	21
2.3.3 Zástřel.....	22
2.3.4 Průstřel.....	25
2.4 Poranění organismu hromadnou střelou - broková zbraň	29
2.5 Poranění organismu jinými druhy palných zbraní.....	30
3 PORANĚNÍ HLAVY U STŘELNÝCH PORANĚNÍ.....	31
3.1 Dělení střelných poranění hlavy a mozku	31
3.2 Primární fokální léze při střelném poranění neurokrania a mozku	32
3.2.1 Poranění měkkých pokrývek lebních a kostí neurokrania.....	32
3.2.2 Intrakraniální krvácení u střelných poranění	37
3.2.3 Zhmoždění mozku u střelných poranění	40
3.3 Primární difúzní léze při střelném poranění neurokrania a mozku	42
3.4 Sekundární léze při střelném poranění neurokrania a mozku	43
3.5 Poranění splachnokrania při střelném poranění	44
4 METODY STUDIA STŘELNÝCH PORANĚNÍ.....	45
4.1 Popis reálných střelných poranění.....	45
4.2 Využití náhradních biologických materiálů při studiu střelných poranění	47
4.2.1 Materiál a metodika experimentálního modelu.....	48
4.2.2 Výsledky experimentálního výzkumu.....	48
4.3 Využití náhradních balistických materiálů při studiu střelných poranění.....	51
5 CÍL PRÁCE.....	59
6 STATISTICKÉ ÚDAJE O STŘELNÝCH PORANĚNÍCH Z LET 1998 – 2007 ...	60
6.1 Základní statistické údaje o střelných poraněních z let 1998 – 2007	61

6.2 Doplnění statistických údajů o případy z let 1984 – 1997	71
7 PERIKAPILÁRNÍ KRVÁCENÍ V MOZKU	72
7.1 Anatomie a patofyziologie mozku s důrazem na cévní zásobení	72
7.2 Histologické uspořádání perivaskulárních prostor v mozku	76
7.3 Teorie vzniku perikapilárních krvácení v mozku	78
7.4 Metodika výzkumu perivaskulárních krvácení v mozku	80
7.4.1 Experimentální modely měření intracévního tlaku u střelných poranění.....	81
7.4.2 Hodnocení výskytu perivaskulárních krvácení v histologických preparátech – metodika vlastního výzkumu.....	82
7.5 Výsledky	84
7.6 Fotodokumentace části histologických preparátů.....	87
8 DISKUZE A ZÁVĚR.....	113
LITERATURA.....	118

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

A	arteria
AA	arteriae
ATP	adenosintrifosfát
CBF	průtok krve mozkovou tkání
CT	výpočetní tomografie
ČR	Česká republika
EEG	elektroencefalografie
ERDF	endoteliální relaxační faktor
FEM	Finite Elements Methods
HE	hematoxylin eosin
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
PIR	Power Index Rating
RET	Relative Energy Transmission
RII	Relative Incapacitation Index
RSP	Relative Stopping Power
VIP	vazoaktivní intestinální peptid

ÚVOD

Cílem této práce bylo prostudovat soubor zemřelých v důsledku střelného poranění a pitvaných na Ústavu soudního lékařství LF MU v Brně v letech 1984 – 2007 se zaměřením na průkaz a objasnění výskytu vzdáleného poranění v podobě perikapilárního krvácení v mozku. V rámci této práce byla rovněž podrobněji statisticky zpracována některá data z pitevních protokolů z let 1998 – 2007. V tomto období byl sledován podíl mužů a žen zemřelých v důsledku střelného poranění, věkové rozložení, zastoupení poranění jednotlivých částí těla, typy používaného střeliva a hladina alkoholu v době úmrtí. V další části byly teoreticky rozebrány možnosti studia střelných poranění z pohledu soudního lékaře.

Hlavní důraz byl zaměřen na zpětné hodnocení výskytu mikroskopicky patrného perivaskulárního a perikapilárního krvácení v mozku při střelném poranění hrudníku. Z celkového počtu 45 874 pitev bylo vybráno 33 případů, kdy došlo k úmrtí v důsledku střelné rány hrudníku jedinou jednotnou střelou, na těle nebylo nalezeno žádné jiné poranění a k úmrtí došlo krátce po vzniku poranění. U těchto vybraných případů byly histologicky vyšetřeny vzorky mozkové tkáně a ve všech případech bylo perikapilární krvácení nalezeno. Nejpravděpodobnějším možným vysvětlením jeho vzniku je vysvětlení prudkými změnami krevního tlaku, který vzniká působením rázové vlny na velké nitrohrudní cévy a srdce při pronikání střely hrudníkem. Energie tlakové vlny je pak přenesena do periferie. Tlaková vlna se tak dostává na taková místa, kde náhlé prudké zvýšení krevního tlaku může překonat sílu cévní stěny, což vede k jejímu protržení a vzniku perivaskulárního krvácení.

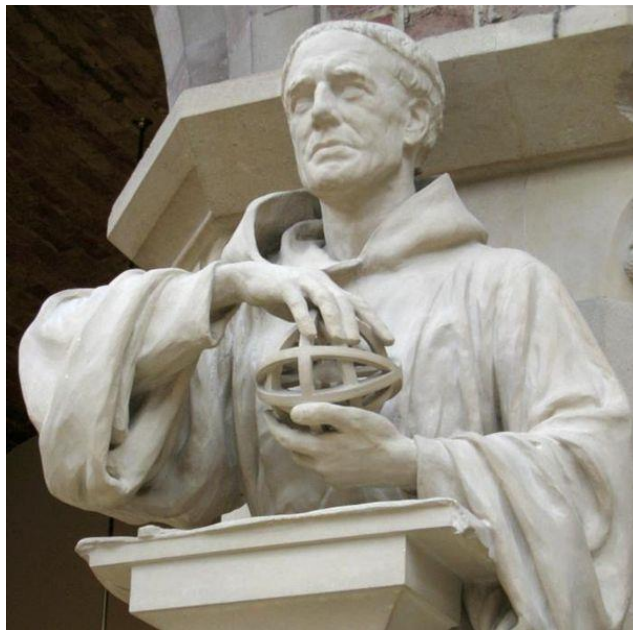
Zcela důvodně lze předpokládat, že uvedené mikroskopické krvácení vznikne nejenom u smrtelně zraněného, ale i u přeživajícího jedince. V závěru práce je tedy nastíněna klinická problematika těchto typů poranění, kdy je zdůrazněn zejména možný vliv na předčasný rozvoj degenerativních změn mozku. Vzhledem k množství a rozsahu na řadě míst světa probíhajících ozbrojených konfliktů na straně jedné a stále větší šance přežít utrpěná poranění díky rozvoji akutní medicíny na straně druhé by se tedy mohl zvýšit počet postižených těmito změnami v době, kdy by byli stále v produktivním věku. Na této problematice je nutno stále pracovat za spoluúčasti řady oborů, a to jak čistě medicínských tak i technických.

1 HISTORIE VÝVOJE JEDNOTNÉHO NÁBOJE

Předmětem této práce není v žádném případě podat rozsáhlé historické pojednání o vývoji střelných či přesněji řečeno palných zbraních a střelivu. Přesto pokládám za dobré se alespoň ve stručnosti o jejich vývoji zmínit.

Úvodem bych ještě připomněl, co se vůbec pojmem palná zbraň rozumí. Klasické definice říkají, že se jedná o střelnou zbraň, jejíž funkce (tedy vystřelení střely) je odvozena od okamžitého uvolnění chemické energie. Systém palné zbraně se skládá v podstatě ze čtyř základních částí: **hlavně s nábojovou komorou** (kde dochází k přeměně chemické energie náplně v kinetickou energii střely a k usměrnění letu střely), **střely**, **výmetné látky** (v níž po zapálení probíhají prudké chemické reakce) a **zážehového prostředku** (zažehává výmetnou látku) [1].

Otázku prvenství v použití palné zbraně, tedy kdy a kde byly sestrojeny, nebyla dodnes s jistotou zodpovězena. Zcela logicky počátky palných zbraní spadají do období, kdy byl již znám **střelný (černý) prach**. Ani u něj však na podobné otázky nedokážeme uspokojivě odpovědět. Výbušné trhavé směsi znali prý už Číňané a Indové v dávném starověku. Do Evropy se dostal střelný prach podle různých teorií s Mongoly, s Maury do Španělska nebo s Řeky z Cařihradu [2]. V literatuře se objevuje celá řada teorií až, dá se říci, pověstí či legend o vynálezci střelného prachu. Vynález bývá např. spojován s anglickým mnichem Rogerem Baconem (obr. 1-



Obr. 1-1 Socha Rogera Bacona (zdroj www.wikipedia.cz)

1), který o střelném prachu podal první písemnou zprávu někdy kolem roku 1240 [1]. Často je rovněž zmiňována, byť nejspíše zcela nepravdivá, informace o vynálezu střelného prachu německým františkánským mnichem Bertholdem Schwartzem z Freiburgu, která uvádí, že jako vášnivý alchymista při tlučení směsi ledu, síry a uhlí způsobil výbuch, jenž „odhodil víko hmoždíře a mnicha povalil“. Údajně měl tento

střelný prach používat i k jakési improvizované střelbě [1]. Většina těchto názorů však byla později upravena či přímo vyvrácena. Orientální národy sice používaly výbušniny či primitivní bomby, nikoliv však palné zbraně v užším slova smyslu. Z věrohodných pramenů pak vyplývá, že černý prach byl v Evropě znám již v 1. pol. 13. století.

V historii palných zbraní se obvykle jako první skutečné palné zbraně uvádějí zbraně ze 14. století. Hojnější použití palných zbraní je pak patrné od počátku 15. století, kdy se již dokonce rozlišují dva typy zbraní – kratší s větším vývrtem a dlouhé s menším vývrtem [2]. V této době u nás hojně užívali palné zbraně podobného typu husité. Střelný (černý) prach byl hojně používán až do poslední třetiny 19. století. Během téměř 600 let byl tedy černý prach jedinou látkou používanou jako výmetná náplň střely. Pro zajímavost uvádím, že poslední z historických pracháren na našem území byla uzavřena v roce 1923 ve Veverské Bítýšce poblíž Brna [1].

Postupem času docházelo ke zdokonalování zbraní, měnily se způsoby zapalování prachu, objevily se doutňákové zámky, jejímž příkladem byla známá mušketa, dále kolečkový a nakonec perkusní zámek. Rozvoj chemie v 19. století umožnil vývoj

bezdýmného prachu

(obr. 1-2). Základem bezdýmného prachu je nitrocelulóza, nazývaná také střelná bavlna, kterou objevil francouzský chemik Bracconet v roce 1832 [1].

Výroba nitrocelulózy pak prošla složitým

vývojem provázeným řadou výbuchů továren v mnoha zemích světa

s množstvím mrtvých a těžce zraněných dělníků. Snahou chemiků tedy bylo snížit nebezpečí výbuchu při výrobě a manipulaci s ní. Výsledkem těchto snah bylo vyrobení nitrocelulóзовého prachu, který poprvé připravil Francouz Vielle. Kromě toho např. A. Nobel připravil jinou variantu bezpečnější nitrocelulózy ve formě želatiny. Vynález



Obr. 1-2 Bezdýmný prach (zdroj www.wikipedia.cz)

bezdýmných prachů byl po vzniku perkusního zápalu a podlouhlé střely třetím nejdůležitějším mezníkem při vývoji nábojů do ručních palných zbraní. Jeho výhoda spočívá v tom, že produkty hoření jsou téměř výhradně plynné látky, hoření probíhá za vyšší teploty a uvolňuje se větší množství tepla, což má za následek vyšší tlak v nábojové komoře a způsobuje podstatně vyšší počáteční rychlost střely a tím pochopitelně i větší dopadovou energii střely. Navíc chemickou úpravou a tvarem bezdýmného prachu je možné měnit energetický obsah a rychlost hoření a tím i balistickou charakteristiku náboje podle potřeb k jeho užití [1]. Zvýšení počáteční rychlosti střely na 500 – 600 m/s si však



Obr. 1-3 Náboj ráže 9 mm Luger (zdroj www.sellier-bellot.cz)

vynutilo změnu konstrukce střely s nutností zpevnění povrchu střely pláštěm z mědi, mosazi, železa, niklu či tombaku. První náboj na světě laborovaný bezdýmným prachem byl francouzský náboj 8 mm Lebel [1]. Vývoj pak rychle pokračoval dál a začaly se objevovat nejrůznější varianty náboje s jednotnou střelou. V každé literatuře zabývající se vývojem střeliva je uvedena historie vzniku střely dum – dum. Ke zvýšení ranivého účinku britští vojáci v severní Indii v postatě vymysleli poloplášťovou střelu s vysokým ranivým účinkem.

První ranné chemické zámky skotského mnicha Forsytha se objevily kolem roku 1820. Dalším důležitým momentem bylo vynalezení perkusního zámku založeného na využití perkusní zápalky v druhém desetiletí 19. století. Jedna z prvních výrob perkusních zápalek na světě – Sellier & Bellot byla spuštěna v roce 1825. První jednotný náboj, který obsahoval všechny části (nábojnice, střela, zápalka, výmetná náplň), zkonstruoval a vyrobil francouzský puškař Jean Samuel Pauli (patent z roku 1812) [1]. Od posledního desetiletí 19. století začíná dlouhá éra snah o zdokonalení třaskavé slože v zápalkách, založené na bázi třaskavé rtuti, chlorečnanu draselného a sírníku antimonitého. Začaly se objevovat i různé tvary střel, např. vojenské zašpičatělé.

Moderní pistolové (obr. 1-3) a revolverové náboje v podstatě vznikly již na počátku 20. století s pistolemi Browningovými a Lugerovými a revolvery Coltovými a Smith & Wessonovými [1]. V průběhu století se pak již jen zvyšoval počet ráží, modernizoval se zážeh a výmetná náplň a zvyšoval se výkon.

2 ÚČINKY STŘEL NA ORGANIZMUS

Z obecného hlediska můžeme rozdělit účinky střely na organizmus na účinky celkové bez ohledu na typ použité zbraně a střeliva a na účinky specifické podle typu zbraně a střeliva.

2.1 Celkové účinky střel na organizmus a základní balistické pojmy

Stručně by se problematika této kapitoly dala vyjádřit slovy dotazu, který mně předložil jeden z posluchačů, co se týče medicíny i střelných poranění laik, při přednášce týkající se střelných poranění: „Jak to, že předmět velký v řadě případů jen několik milimetrů a vážící pouhých několik gramů dokáže, někdy během zlomku vteřiny, ukončit život dospělého zdravého silného člověka a dále, zda může dojít k ochromení či až úmrtí člověka po pouhém zásahu končetiny v případě zasažení střelou letící velkou rychlostí.“ K zodpovězení těchto otázek a k pochopení této problematiky je nutno nejdříve uvést některé základní údaje z oblasti zkoumání střelných poranění oborem soudní lékařství i z oblasti tzv. ranivé balistiky. Nejdříve bych uvedl dva základní balistické pojmy – průraznost a ranivost.

Průraznost (někdy je uváděn pojem průbojnost) je schopnost střely pronikat různými materiály a pochopitelně takovým materiálem může být i lidské tělo.

Ranivost je schopnost střely způsobit poranění. V odborné literatuře je obvykle uváděno, že na těle prakticky neexistuje oblast, kterou by bylo možno zasáhnout střelou bez rizika, že zásah bude mít smrtící následky [3]. Platí to tedy například i u zdánlivě méně nebezpečných střelných poranění končetin, kde však poškození nervových pletení či zásah cévy středního průměru a následné krvácení může mít za nepříznivých okolností za následek smrt. Větší riziko těžkého ranění až se smrtelným následkem je obvykle uváděno při zasažení střelou letící rychlostí vyšší než 700 m/s, kdy příčinou smrtelného poranění může být přenos energie hydrodynamickým efektem [4]. Střela tedy nemusí poškozovat organizmus pouze v místě, kde pronikla do organismu, či v místech, která poškodila svým průchodem, ale i ve vzdálenějších lokalitách, včetně pro život důležitých orgánů, jako je např. mozek, i když tato místa nebyla střelou primárně poškozena.

Co se týče určení míry ranivosti střeliva, je zajímavé, že v podstatě dodnes neexistuje žádná jednoznačná standardní metodika pro určení míry ranivosti a je vůbec otázkou, zda je možné jednoznačné kritérium pro ranivý účinek střely stanovit. Vždycky

se bude jednat pouze o nějakou obecnou veličinu, která bude popisovat pravděpodobné chování střely tohoto typu v organismu, ale nikdy samozřejmě nebude možno určit vlastní míru poranění jednoho konkrétního zásahu. Zcela rozhodující význam pro schopnost způsobit poranění, pokud vezmeme organismus jako celek, bude totiž vždy mít místo zásahu. Je totiž logické, že teoretické zasažení téhož člověka do hlavy a v jiném případě tutéž střelou do dolní končetiny bude mít zcela rozdílný ranivý efekt. I přesto tyto obtíže však stále pokračují snahy alespoň orientační hodnotu pro stanovení ranivého účinku vymyslet [4].

2.2 Ranivý účinek střel a způsoby jeho možného stanovení

Základním účelem střelné zbraně v případě střelby na živý cíl, jako je člověk či zvěř, je způsobit takové poranění, které buď znemožňuje zasaženému cíli další aktivitu, tedy omezuje či úplně znemožňuje schopnost volního jednání a nemusí být nutně smrtící (to je v případě obranné či útočné střelby na člověka), nebo je toto poranění v krátkém okamžiku po vzniku smrtící (to v případě lovu zvěře) [4]. Účinkem střely na živý organismus (příčemž nemusí vždy dojít k průniku střely do organismu, i poranění typu nástřelu může znamenat ve svém konečném důsledku těžké poranění a případně i smrt) dochází k poškození tkání a orgánů. U poškozeného organismu toto poranění vyvolává pocity bolesti (samozřejmě pouze v případě, že nedojde k okamžitému bezvědomí), dochází k rozvoji následných reakcí po poškození zasažených orgánů v podobě krvácení, ochrnutí, zhoršení dýchání, rozvoji peritonitidy, poruchám vědomí apod. Zranění tak vedou během určité doby k menšímu či většímu snížení schopnosti jednání zasaženého. Pro laika může být zajímavé, že střelná poranění způsobující okamžitou smrt zasaženého jsou méně častá. V literatuře je například uváděno o válečných střelných poraněních, že dokonce méně než 50% zásahů hlavy, přibližně 35% zásahů v oblasti hrudníku a jen přibližně 15% zásahů břicha způsobují smrt během krátké doby [4]. Mnohem častější jsou pak přežívání v řádu hodin či dnů i např. po poměrně vážných poraněních hlavy. Nutno však dodat, že velkou měrou se na dlouhodobějším přežívání podílí moderní intenzivní resuscitační péče. I ze soudně lékařské praxe jsou známé případy delšího přežívání po střelném poranění mozku, či např. i několik minut zachovaná schopnost volního jednání po poranění srdce.

Příčinou smrti při střelných poranění je kromě přímého poškození životně důležitých orgánů střelou především přerušeni dodávky kyslíku k mozku, a to z nejrůznějších důvodů (jako např. vykrvácení, srdeční selhání, poruchy dýchání apod.). Další příčiny smrti pak spočívají především v komplikacích u dlouhodobě přežívajících, zejména v podobě infekcí.

Doba od vzniku střelného poranění po znemožnění aktivního jednání jedince je tedy různě dlouhá a závisí, pokud vezmeme v úvahu jen hledisko vlastního poranění, na místě zásahu, druhu a rozsahu poškozených tkání a orgánů. V žádném případě však nemůžeme pominout ani celkový fyzický a zdravotní stav zraněného a v neposlední řadě ani jeho stav psychický. Zcela jistě bude rozdíl ve vnímání kritické situace na jedné straně u vystresovaného člověka, který intenzivně vnímá riziko smrti, jíž se bojí a kdy k vážnému následku v podobě srdečního selhání stačí pouhý akustický efekt výstřelu, aniž by člověk byl zasažen a na druhé straně u člověka rozhodnutého bránit sebe či někoho blízkého nebo naopak útočit na druhého bez ohledu na riziko vlastního smrti. Dalším ne méně podstatným faktorem pak může být i ovlivnění alkoholem, léčivými, drogami apod.

Jak už jsem uvedl, existuje již celá řada pokusů vyjádřit míru ranivého účinku střely za pomoci různých fyzikálních veličin. V souvislosti s těmito snahami úzce souvisí i neustále v odborné veřejnosti řešené otázky typu: „Co je lepší – střela lehká rychlá nebo těžká pomalá? Kam střílet? Zakázat střely se zvýšenou ranivostí? A jak ji definovat?“ Někteří odborníci tuto oblast ranivé balistiky považují za nejvíce opředenou různými mýty a polopravdami [6]. Je jistě zajímavé sledovat např. neustávající diskuse týkající se přezbrojení krátkých zbraní amerických vojáků trvajících již několik let – zda je výhodnější pro vojenské účely ráže .45 ACP nebo 9 mm Luger. Nejčastěji je s mírou ranivého účinku spojován tzv. zastavovací účinek neboli stop efekt, jak se označoval v minulosti. Jedná se o dosud ne zcela přesně vysvětlený účinek střely, při němž není zasažený jedinec ani při poměrně lehkém poranění schopen po různě dlouhou dobu dalšího aktivního jednání [3]. Opakovanými pokusy bylo již v minulosti dokázáno, že princip účinku střely nespočívá jen v jejím dopadu na cíl (byl například vyvrácen dříve často zmiňovaný tzv. porážecí účinek, a to pokusy se střelbou na člověka s ochrannou vestou stojícího na jedné noze, kdy ani střely rychlosti 800 m/s nezpůsobily pád tohoto vskutku odvážného dobrovolníka), ale pro účinek je naprosto nutná nějaká forma porušení tkáně (buď ve formě „pouhého“ stlačení). Jako jediný možný zdroj energie v tomto případě přichází v úvahu kinetická energie střely. Podstatou účinku střely je pak přeměna části této

kinetické energie na práci. Energie střely sama o sobě však nemůže sloužit jako měřítko účinku střely [4]. Opět zde proto zopakují v předešlých odstavcích zmiňovaný fakt. Účinek střely v podstatě nelze přesně stanovit předem, lze jej hodnotit až zpětně na základě podrobného rozboru zásahu. **Účinek** na organizmus je tedy dán účinností střely, umístěním zásahu a rovněž již zmiňovaným psychickým, fyzickým a zdravotním stavem zasaženého. V předcházející větě se vyskytují dva dosti podobné pojmy – účinek, ten byl vysvětlen, a účinnost. **Účinnost** střely tedy můžeme chápat i jako způsobnost střely k účinku (někdy se můžeme setkat s pojmem účinný potenciál). Z výše uvedeného vyplývá, že střela s vysokou účinností tak může, ale někdy nemusí, mít velký účinek, zatímco střela s velmi malou účinností vyvolává až na ojedinělé výjimky velmi malý účinek. Z toho je rovněž jasné, že nějakým způsobem můžeme kvantifikovat pouze účinnost střely [4].

Účinnost střely se obvykle popisuje na základě dvou veličin – energie a hybnosti. Co se týče energie, používá se poměr dopadové energie střely k ploše jejího příčného průřezu (energetické zatížení průřezu střely), přičemž hranice, kdy střela ráže 3-18 mm může způsobit těžké zranění, se pohybuje okolo 50 J/cm^2 . Střely s energetickým zatížením průřezu při dopadu v rozmezí $5\text{-}50 \text{ J/cm}^2$ mohou těžké zranění nebo smrt způsobit jenom výjimečně (např. při zásahu oka). Při ještě menším energetickém zatížení průřezu již střela těžké zranění nezpůsobí [3]. Na základě hybnosti střely jsou známy dvě kritéria účinnosti. Do dnešních dob je používáno pouze jedno z nich označované Relative Stopping Power (RSP). Jeho autorem je J. S. Hatcher a bylo publikováno v roce 1935. Existuje však celá řada dalších kritérií, která se více či méně úspěšně pokoušejí stanovit účinnost střely (např. německý balistik Weigel jako měřítko účinnosti použil velikost objemu střelného kanálu, další kritéria jsou např. Power Index Rating PIR Američana E. A. Matunase, Relative Energy Transmission RET zjišťovaný experimentálně střelbou do želatinového bloku a zahrnující trhavý, tříštivý a průbojný účinek střely, Relative Incapacitation Index RII, existují i pokusy na základě fyzikálně-medicínských úvah např. od Seliera) [4].

To jak je obtížné určit skutečný účinek střely, nikoli tedy účinnost, na živého člověka, dokladují na následujících dvou kazuistikách, kdy byly použity dvě naprosto odlišné střelné zbraně – vzduchovka Slavia 620 a pistole ráže 7,65 mm.

Kazuistika 1

V prvním případě se jednalo o 57-letého muže, který se pokusil doma spáchat sebevraždu za pomoci dlouhé zbraně - vzduchovky Slavia 620. Dokázal si způsobit tři střelná poranění hlavy, všechna lokalizovaná v oblasti pravé spánkové krajiny (obr. 2.2-2,3). V bezvědomí byl převezen do nemocnice na oddělení ARO. Po konzultaci s neurochirurgy byla započata pouze konzervativní terapie. Pacient byl po celou dobu hospitalizace v bezvědomí, na umělé plicní ventilaci, byla mu podávána antiedematózní léčba, antibiotika a umělá výživa. Postupně u něj došlo k rozvoji vysokých teplot, které nereagovaly na léčbu antibiotiky a 9. den hospitalizace pacient zemřel. Co se týče jeho celkového zdravotního stavu, jednalo se o pacienta s implantovaným kardiostimulátorem, byl u něj diagnostikován diabetes



Obr. 2.2-1 – RTG vyšetření hlavy s nálezem 3 diabolek

mellitus s komplikacemi, žilní městky, bérkové vředy, hypertenze, dilatovaná kardiomyopatie a obezita.

Před pitvou bylo provedeno RTG vyšetření s nálezem 3 diabolek (obr. 2.2-1). Co se týká pitevního nálezu vlastního střelného poranění, byly v pravé spánkové krajině nalezeny 3 místa vstřelu, při preparaci měkkých pokrývek lebniých v této oblasti pak byly nalezeny dvě zdeformované olovené diaboleky v pravém



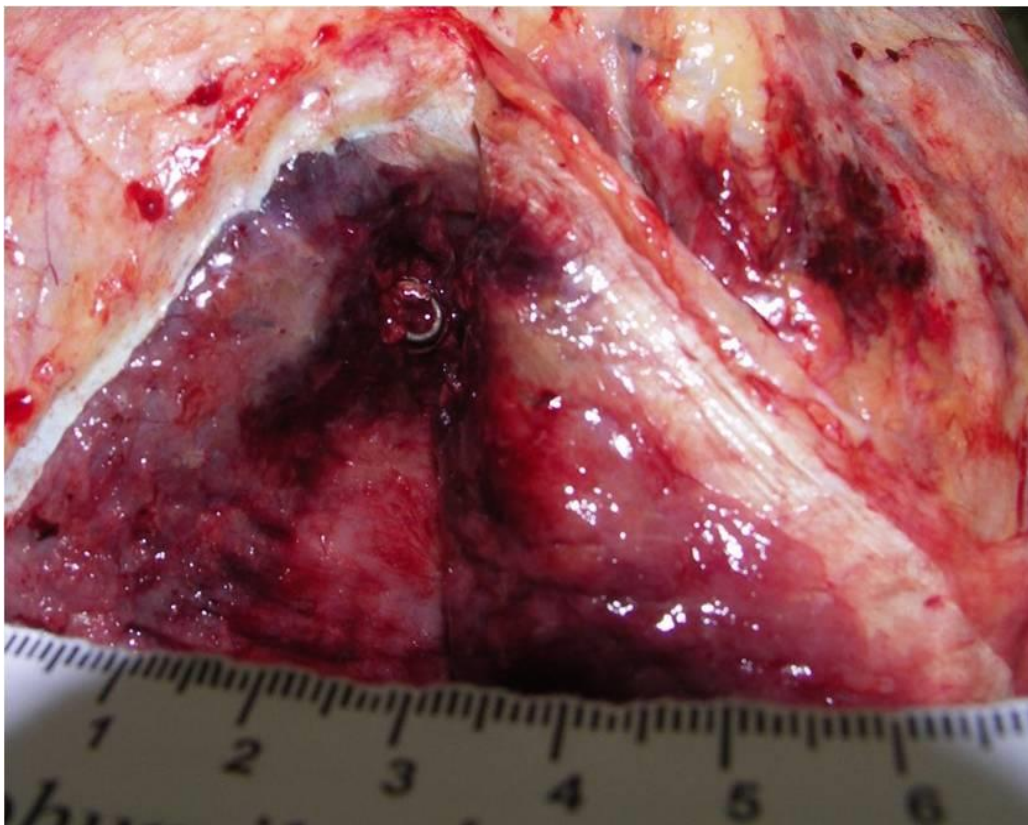
Obr. 2.2-2 – Pohled zprava na hlavu

spánkovém svalu (obr. 2.2-4). Jediná diabodka pronikla přes šupinu kosti spánkové až do dutiny lebni, prošla pravou mozkovou hemisférou až do levé, kde v oblasti zadního rohu postranní komory mozkové byla nalezena (obr. 2.2-7). Příčinou smrti bylo stanoveno zhmoždění mozku po střelné ráně s rozvojem otoku mozku a následně i s rozvojem encefalidity (obr. 2.2-6).

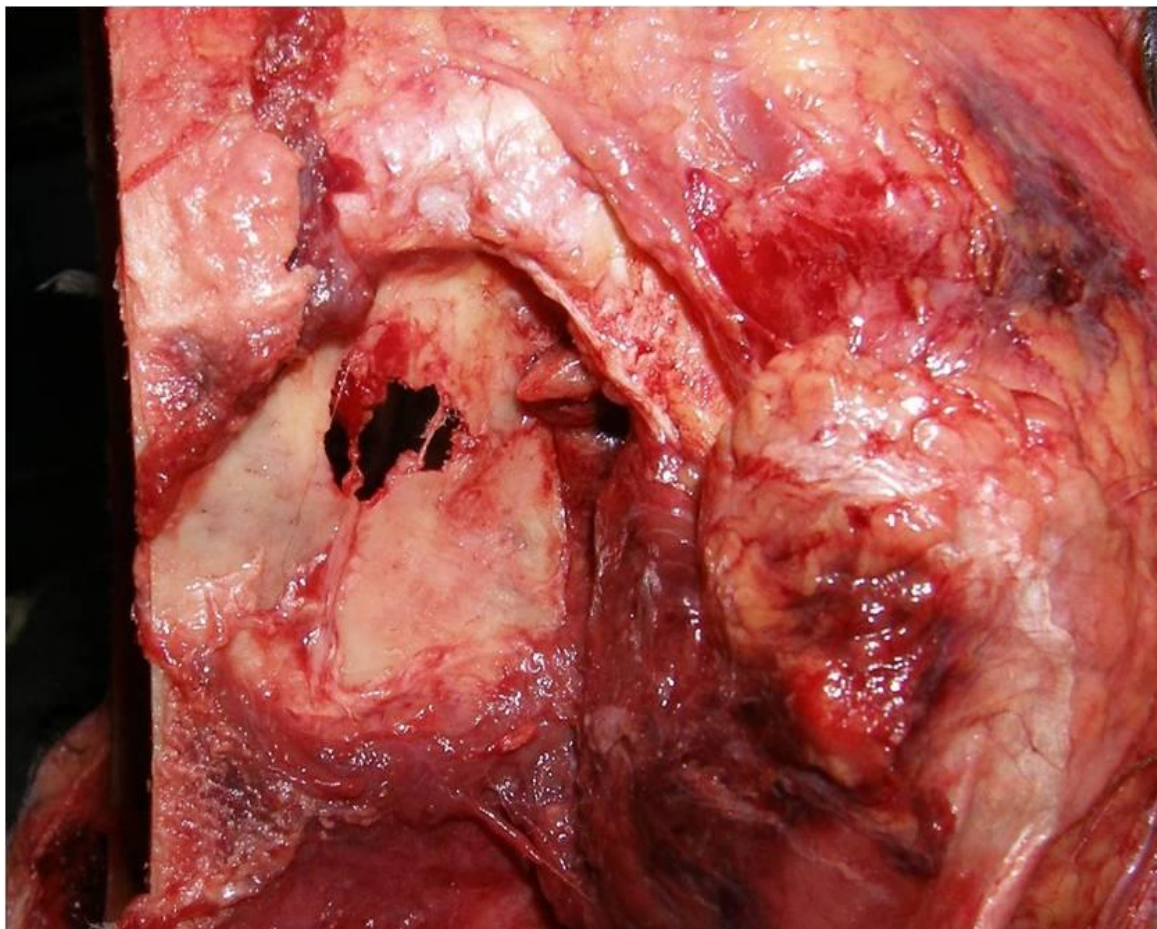
Jedná se tedy o nepříliš často vídané smrtelné poranění způsobené vzduchovkou, tedy zbraní, u níž je úst'ová rychlost střely uváděna kolem 160 m/s a energie střely přibližně 5J (obr. 2.2-8).



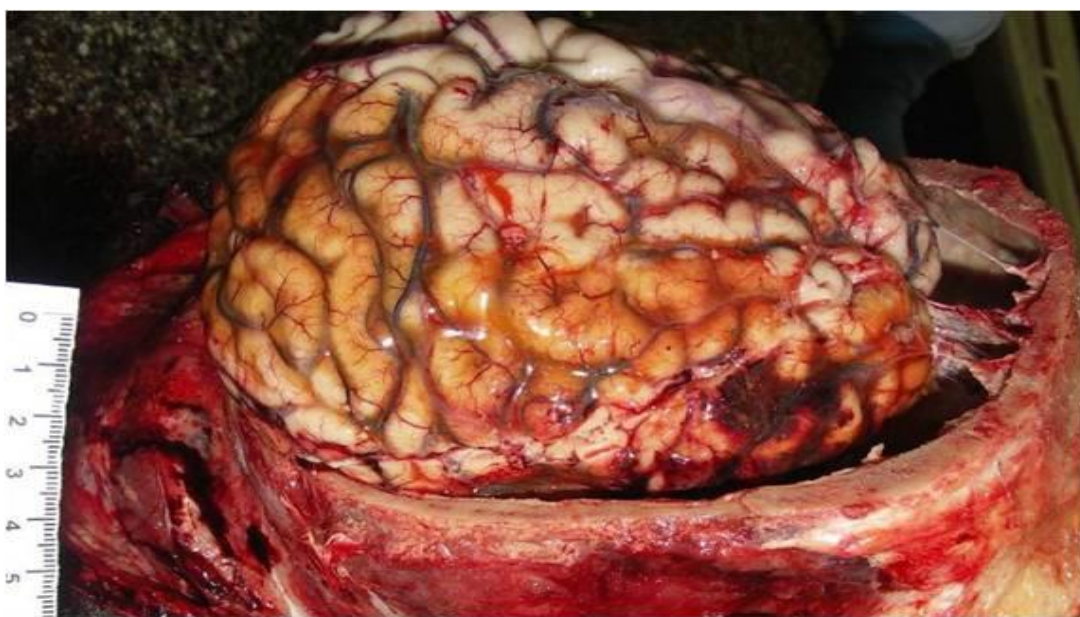
Obr. 2.2-3 – Detailní pohled na 3 místa vstřelu v pravé spánkové krajině



Obr. 2.2-4 – Zástřel diabolky v pravém spánkovém svalu



Obr. 2.2-5 – Otvor vstřelu v šupině pravé kosti spánkové



Obr. 2.2-6 – Pohled na poranění mozku po odstranění kalvy



Obr. 2.2-7 – Detailní pohled na diabolku v postranní mozkové komoře



Obr. 2.2-8 – Smrtící zbraň – vzduchovka Slavia 620

Kazuistika 2

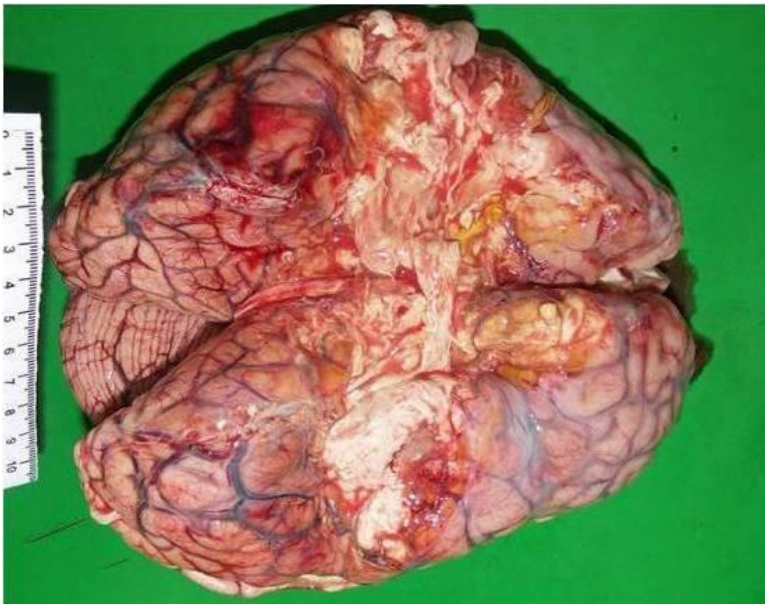
Ve druhém případě se jednalo o 37-letého muže, který 11 měsíců přežíval, byť ve stavu vigilního komatu, střelné poranění – průstřel hlavy pistolí ráže 7,65 mm. Kromě průstřelu utrpěl ještě jedno poranění hlavy – ostřel v měkkých pokrývkách lebni. Do nemocnice byl přijat s devastujícím poraněním pravého temenního laloku mozku, s rozsáhlým mozkovým krvácením, s krvácením pod mozkové obaly a s tříštivými zlomeninami kostí klenby lebni (obr. 2.2-10).



Obr. 2.2-9 – Staré jizvy na temeni hlavy



Obr. 2.2-10 – Starší střelné poranění kostí klenby lební



Obr. 2.2-11 – Změny mozku po střelném poranění před 11 měsíci

Bezprostřední příčinou smrti byl stav po zhmoždění mozku (obr. 2.2-11,12) a krvácení do dutiny lební s postupným rozvojem komplikací v podobě vigilního komatu, malnutrice, opakovaných infekčních komplikací, ochrnutí všech končetin, opakujících se křečí při těžkém poškození mozku.



Obr. 2.2-12 – Změny mozku po střelném poranění před 11 měsíci

V tomto případě tedy bylo poranění způsobeno zbraní a střelou nesrovnatelné účinnosti (energie přes 200 J, úst'ová rychlost přes 200 m/s) oproti střele ze vzduchovky.

Tyto dva výše uvedené případy potvrzují uváděné teoretické informace o praktické nemožnosti zhodnocení účinku střely před vznikem samotného poranění. Na ten mají výrazný vliv i např. rozdíly ve zdravotním stavu a v celkové tělesné kondici poraněných lidí.

2.3 Typy střelných poranění jednotnou střelou

Pro hodnocení střelného poranění, ať už z jakéhokoliv hlediska (medicínského, forenzního, balistického apod.), je potřeba provést základní rozdělení střelných poranění podle typu použitého střeliva a podle výsledného vztahu mezi střelou a organismem. Vzhledem k tomu, že cílem výzkumné činnosti při sledování nálezu vzdálených poranění byly výhradně poranění způsobená jednotnou střelou, budu se podrobněji zabývat pouze tímto typem. V dalších podkapitolách pak jen pro úplnost zmíním poranění vzniklá mnohotnou střelou a poranění způsobená jiným typem palných zbraní.

Poranění jednotnou střelou můžeme rozdělit na čtyři základní typy:

- nastřelení
- ostřel
- zástřel
- průstřel

2.3.1 Nastřelení

Nastřelení je střelné poranění, při němž střela neproniká do organismu, ale sklouzne nebo se odrazí od povrchu kůže [3]. Nastřelení je obvykle způsobeno střelou s malou energií, nejčastěji se jedná o střely odražené, střely, které prošly před dopadem na povrch těla jinými materiály, střely ze zbraní, které již primárně mají malou energii, speciální zbraně a střely konstruované k pouhému nastřelení – např. střela vystřelující tenisový míček apod. Nastřelení ani nemusí být způsobeno přímo střelou, podkožní krevní výron může způsobit i měkká plstěná zátka, a to do vzdálenosti 10 m. Ve většině případů výše popsané střely způsobí pouze povrchní poranění v podobě podkožního krevního výronu nebo oděrky s krevním výronem v okolí. Vzhledem k mechanismu vzniku, tedy dopadu pevného předmětu na povrch tělní, však nelze v žádném případě vyloučit ani závažnou komplikaci takového „prostého“ nastřelení v podobě např. zlomených žeber a roztržené plíce se vznikem pneumotoraxu, krvácení do dutiny hrudní, otřesu srdce v případě nastřelení hrudníku či v podobě vážného nitrolebního poranění při zlomenině kostí klenby lebni při nastřelení hlavy. V krajním případě tedy ani nastřelením nemůžeme vyloučit vznik smrtelného poranění a při lékařském vyšetření takovýchto zraněných by na toto mělo být vždy pamatováno. Co se týče možnosti vzniku vzdálených poranění, možno zde připustit především přenos energie kosterním systémem, vznik poškození cévního systému je přece jen méně pravděpodobný.

2.3.2 Ostřel

Ostřel je střelné poranění, při jehož vzniku střela zasáhne povrch těla tangenciálně a vyryje na jeho povrchu mělký či hlubší brázdu [3]. Střelný kanál je tedy ve svém celé délce v kontaktu s vnějším prostředím. V případě ostřelu už tedy střela proniká přes kůži do organismu a zcela bez pochyb už tedy může způsobit i vážné poranění, zejména v oblasti hlavy (nitrolební poranění, poranění obličejové části hlavy s masivním krvácením), krku (krvácení z velkých cév krku, poranění nervů probíhajících na krku,

nebezpečí vzduchové embolie při poranění vén) a hrudníku (zlomeniny žeber a jejich komplikace). Možnost vzniku vzdáleného poranění je však i v tomto případě spíše méně pravděpodobná.

2.3.3 Zástřel

Zástřel je střelné poranění, při němž střela proniká do těla otvorem vstřelu a v organismu zůstává. Střela bývá nalezena na konci střelného kanálu, často je tomu v podkoží, vzhledem k pevnosti a elasticitě kůže a snížené energii střely po průchodu organismem, kde bývá zevně patrný drobnější podkožní krevní výron. V případě zástřelu se již jedná o poranění, kdy do organismu pronikající střela předává výraznějším způsobem energii okolním tkáním a orgánům a možnost vzniku vzdáleného poranění je tedy zcela reálná. Problematika vzniku a chování se střelného kanálu bude rozebrána u dalšího typu poranění – průstřelu. V případě zástřelu se však nemusí vždy jednat o vzdálené poranění vzniklé jen šířením tlakové vlny, ale může raritně dojít k průniku střely do cévního systému a jejím zanesením cévním systémem na naprosto nečekané místo, kde vznikne embolie. Jeden takový, v praxi soudního lékaře ojedinělý, případ uvádím v následující kazuistice.

Kazuistika 3

Jedná se o tragický případ úmrtí mladého 30-letého muže, který utrpěl za přítomnosti jeho blízkého příbuzného střelné poranění hrudníku. Jednalo se o střelu ráže .22 vystřelenou z pistole. Zraněný muž měl na sobě v době výstřelu oblečenou ochrannou „neprůstřelnou“ vestu, která však v rozhodující chvíli nemohla splnit svůj úkol.

Nebyly v ní totiž vloženy žádné součásti z ochranného balistického materiálu. Střela bez problémů prošla touto vestou i tenkým tričkem pod ní a pronikla do hrudníku (obr 2.3.3-1). Po průchodu hrudní kostí se střela dostala přes pravou komoru srdeční do aorty



Obr. 2.3.3-1 – Otvor vstřelu na hrudníku

(obr. 2.3.3-2). Poté narazila na zadní stěnu aorty těsně přiléhající k páteři, způsobila vznik trhliny zadní stěny aorty a odrazila se zpět do lumina cévy (obr. 2.3.3-3), kde byla stržena krevním proudem a zanesena cévním systémem až do arteria poplitea dx. (pravá podkolenní tepna), v níž byla po preparaci nalezná

zaklíněná (obr. 2.3.3-5). Tomuto nálezu však předcházelo usilovné pátrání po střele na rentgenových (dokonce opakovaných) snímcích hrudníku a břicha prováděných před pitvou. Nakonec nezbývalo nic jiného než přikročit k vlastní pitvě a pokusit se osud střely vysvětlit opatrným pečlivým postupem po průběhu



Obr. 2.3.3-2 – Průstřel srdce

střelného kanálu. Nález v aortě byl rozhodujícím pro myšlenku střely putující cévním systémem, a tedy ke zhotovení několika rentgenových snímků dolních končetin s výše popsáním nálezem (obr. 2.3.3-4).



Obr. 2.3.3-3 – Poranění aorty střelou



Obr. 2.3.3-4 – RTG vyšetření pravé dolní končetiny s nálezem střely v pravé podkolenní tepně



Obr. 2.3.3-5 – Střela zaklíněná v a. poplitea dx.

2.3.4 Průstřel

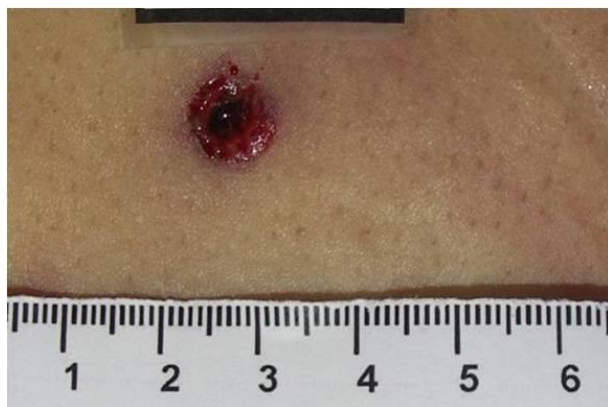
Průstřel je střelné poranění, při kterém střela tělem prochází. Na počátku střelného kanálu do těla vniká otvorem vstřelu a na konci střelného kanálu tělo opouští otvorem výstřelu. Pro soudně lékařské zkoumání můžeme tedy rozdělit střelné poranění tohoto typu na 3 části – otvor vstřelu, střený kanál a otvor výstřelu, které mají svou



Obr. 2.3.4-1 – Otvor vstřelu – ústí hlavně v bezprostřední blízkosti povrchu těla

typickou charakteristiku, která je nesmírně důležitá zejména při forezním zkoumání, např. z důvodu určení směru střely, vzdálenosti střelby apod.

Otvor vstřelu je na povrchu těla a v podstatě jím začíná střelný kanál. Jedná se o místo, kudy střela proniká do organismu. Ze soudně lékařského hlediska hodnotíme na otvoru vstřelu jeho tvar, velikost, lokalizaci na těle a změny na okolní kůži. Přesný popis těchto skutečností i případně další vyšetřovací techniky z oboru balistika jsou důležité pro tak významné závěry, jako jsou výše zmiňované určení vzdálenosti a směru střelby, upřesnění typu střely, určení, zda se vůbec jedná o střelné poranění apod. Tvar vstřelu je závislý na úhlu dopadu střely, při kolmém dopadu je okrouhlý, při dopadu pod úhlem menším než 70° je oválný. Nelze se alespoň stručně nezmínit o zajímavém způsobu



Obr. 2.3.4-2 – Otvor vstřelu – střelba z větší vzdálenosti přes oděv

vzniku otvoru vstřelu, který vzniká mechanismem tzv. sprej efektu, tedy vytrysknutím částecek tkáně po dopadu střely ve směru proti této střele [3]. Tkáň tedy v místě otvoru chybí (minus efekt tkáně), okraje nelze adaptovat (obr. 2.3.4-1,2). To obvykle přispívá i k odlišení střelné rány od rány vypadající jako střelná ale vzniklé jiným mechanismem. Při průniku střely kůží

vznikne dočasné pulzní rozšíření průměru otvoru vstřelu, které je přímo úměrné rychlosti letu střely. Průměr konečného - výsledného otvoru vstřelu je menší než průměr pulzního rozšíření a vlivem elasticity kůže zpravidla ještě menší než samotná ráže střely. Obvykle se uvádí, že výsledný průměr vstřelu na kůži je menší o 0,5 mm než ráže použité střely [3]. V okolí otvoru vstřelu pak nacházíme několik zón či lemů, jejichž nález je závislý od celé řady faktorů – vzdálenosti střelby, úhlu střelby (Di Maio označuje ty skutečnosti pojmy hard contact, loose contact, incomplete contact, near contact, intermediate range, distatnt wounds [6]), použité zbraně i použitého střeliva. Je důležité si uvědomit při soudně lékařském hodnocení jakéhokoliv střelného poranění, že pokud chceme mít jistotu o vzniku střelného poranění, musíme mít k dispozici tutéž zbraň a totéž střelivo a porovnávat nálezy na povrchu těla s pokusnými nástřely. Otvor vstřelu lemuje zóna (lem) znečistění, jež nemusí být pouhým okem patrná, ve které se nacházejí zbytky spáleného oleje, mikročástice kovů, a to jak stržené z vnitřku hlavně, tak z povrchu samotné střely (tzv. metalizace). Kovové částice mohou být antimon, olovo, nikl, měď nebo železo [3]. Stanovování metalizace patří mezi jednu z možných metod zjišťování otvoru vstřelu a výstřelu např. histochemickým průkazem [7]. Testování povýstřelových zplodin patří mezi základní balistické procedury při forenzním hodnocení střelných poranění [8, 9]. Otvor vstřelu dále obklopuje zóna (lem) kontuze (zhmoždění, sedření, zaschnutí) tkáně v šířce několika mm, která zřejmě nevzniká otěrem pokožky při průniku střely, nýbrž

podobným mechanismem jako příznak minus tkáně, a to „odprýsknutím“ povrchových vrstev epidermis vznikajícím v okamžiku dopadu střely [3]. Ve výjimečném případě se vytváří i v okolí otvoru výstřelu, a to tehdy, je-li tato část těla přiložena na podložku, např. pevná



Obr. 2.3.4-3 – Nápadný lem vtrysklých prachových zrn

překážka, ale i pevně utažený opasek, pevná textilie apod. V širším okolí otvoru vstřelu dochází ke vzniku podkožního krevního výronu, který může prosvítat kůží na povrch. V okolí vstřelu v závislosti na vzdálenosti ústí hlavně při střelbě od povrchu těla bývá

patrný lem vtrysklých zrněk nespáleného střelného prachu (obr. 2.3.4-3) a částeczek sazí (lem očazení) jako vedlejších produktů výstřelu. Přímé ožehnutí plamenem (s výjimkou známek na lehce hořlavých tkáních jako jsou vlasy, chlupy apod.) pozorujeme u moderních zbraní používajících bezdýmny střelný prach vzácně. Kompletní známky výstřelu na povrchu těla nacházíme prakticky pouze při střelbě z bezprostřední blízkosti. Po výstřelu zbraně přiložené těsně k povrchu těla a zvláště v tom případě, kdy je ústí hlavně přitlačeno ke kůži v místech, kde se těsně pod povrchem nachází kost (např. kosti klenby lebni), nalézáme charakteristický obraz, tzv. „kouřovou dutinu“. Při výstřelu



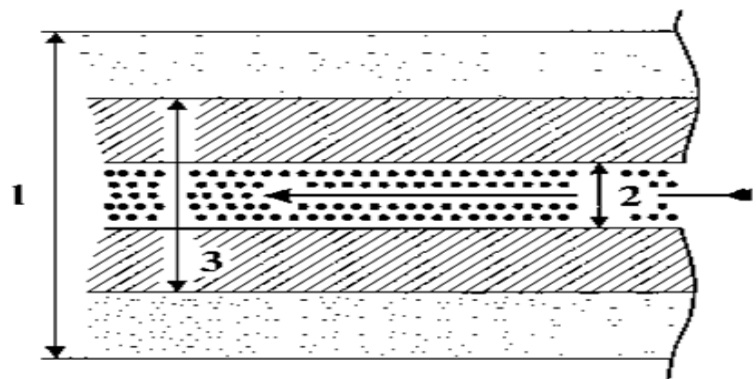
Obr. 2.3.4-4 – Otvor vstřelu – ústí zbraně přitlačeno k povrchu hlavy

dochází k prudkému vymetení střely i zplodin hoření střelného prachu, jako jsou saze a plyny pod kůži v okolí vstřelu, kde vytvářejí odtržením podkoží. Na povrchu kůže můžeme najít otisk ústí hlavně zbraně, který vzniká prudkým nárazem zvednuté odtržené kůže proti tomuto ústí. Velmi často je tlak plynů v kouřové dutině tak vysoký, že dochází až k cípovitému roztržení pokožky v periférii otvoru vstřelu (obr. 2.3.4-4). V těchto případech, kdy jsou zplodiny hoření střelného prachu ve stěnách kouřové dutiny, nenacházíme je na povrchu kůže. Sám otvor vstřelu je v těchto případech vždy větší, než průměr střely.

Střelný kanál vzniká přenosem kinetické energie pronikající střely na tkáň. Při dopadu rychlých střel o rychlosti větší než je dvojnásobná rychlost zvuku vzniká v tkáních intenzivní rázová vlna s přetlakem na jejím čele dosahující hodnot až 10 MPa. Tato vlna se šíří tkáněmi rychlostmi 1400-1600 m/s, z čehož vyplývá, že zasahuje tkáň ležící ve směru pohybu střely dříve než střela samotná [5]. V ose dráhy střelného kanálu devastuje střela tříštivým účinkem tkáň na drť, obvykle ve větší šířce, než činí její ráže. Vpřed a do stran směrovanou kinetickou energií vzniká tzv. dočasný střelný kanál (temporární kanál, dočasná dutina, kmitající dutina, kaverna), jehož objem je mnohonásobně větší než konečný výsledný kanál [5]. Tento dočasný střelný kanál se totiž vlivem elasticity tkání smrští a střelný kanál se uzavře. V kanálu následně vznikne silný přetlak, který kanál opět rozevívá. Takový pohyb trvá přibližně 10-30 ms a opakuje se 3-

4x [3]. S ubývající energií střely se zmenšuje i průměr dočasného kanálu, až s vymizením této energie dočasný střelný kanál přestává pulzovat. Přetlak ve střelném kanálu mnohdy vede až k vytrysknutí menšího množství tkáňové drtě z otvoru vstřelu ven. Tyto pulzace mají za následek poškození tkáně vzdálené od konečného střelného kanálu. Průměr dočasného kanálu závisí na tvaru, příčném průměru, rychlosti a hmotnosti střely a také na hustotě tkáně, kterou střela proniká. Např. při použití tzv. superrychlých střel s ústřovou rychlostí kolem 1000 m/s a více je průměr dočasného kanálu asi 13 cm i při kalibru 5,6 mm [3]. Při pitvě nalezneme konečný střelný kanál obsahující krev a roztržitěnou tkáň, v jeho bezprostředním

okolí vzniká působením kinetické energie střely tzv. zóna zhmoždění s porušením stěny krevních kapilár a tvorbou množství extravazátů (krevní výrony kolem cév) (obr. 2.3.4-5). Při pitvě střelného poranění můžeme někdy v těle najít i více než jeden střelný kanál, i když je



Obr. 2.3.4-5 – Schéma střelného kanálu

1 – dočasný střelný kanál

2 – konečný střelný kanál

3 – zóna zhmoždění

(zdroj Kol. autorů, Soudní lékařství)

přítomen pouze jeden otvor vstřelu. Tyto sekundární kanály jsou způsobeny tzv. sekundárními projektily, kterými jsou nejčastěji části kostí roztržitých nárazem střely či rozpadlé části střely. Sekundární projektily tedy mohou zraňovat tkáň uložené ve zcela jiném směru, než byla původní dráha střely či směr střelného kanálu. Vzdálenější orgány mohou být zraněny i jinak, než přímým působením sekundárních projektilů. Vznik těchto poranění, která na první pohled se střelbou samou nesouvisejí, lze vysvětlit mechanismem šíření rázové vlny vznikající při pulzaci dočasného střelného kanálu a přenosem energie kosterním systémem a tekutinami hydrodynamickým efektem. Z poranění vzdálených orgánů jsou to zejména subpleurální krevní výrony, vzdálená poškození nervů, vzdálené zlomeniny, krvácení ve vzdálených orgánech z postižení vzdálenějších cév, pozdní

krvácení při postižení vasa vasorum (drobné cévní pleteně ve stěně větších cév) [3]. To je taky důvod, proč problematiku střelného kanálu v této práci tak podrobně rozebírám.

Výstřel vzniká po průchodu střely tělem. Střela ztratí část své energie, vypne kůži a na vrcholu jejího vyklenutí ji prorazí. Kůži v tomto místě již neroztříští, ale spíše trhá.

Okraje otvoru výstřelu lze k sobě přiložit (obr. 2.3.4-6). Mimo minus efekt tkáně chybí i ostatní znaky typické pro vstřel, jako zóna znečištění, zhmoždění, očazení a vtrysklých prachových zrněk, stejně jako změny termické a COHb



Obr. 2.3.4-6 – Otvor výstřelu na zádech

(karbonylhemoglobin vznikající vazbou CO

na hemoglobin) v tkáních. Otvor výstřelu bývá obvykle větší než otvor vstřelu.

2.4 Poranění organismu hromadnou střelou - broková zbraň

O poranění brokovou zbraní se zmíním jen ve stručnosti, protože tato poranění nebyla předmětem mého zkoumání vzdálených střelných poranění. Charakter poranění u brokových zbraní ještě více záleží na vzdálenosti střelby. S rostoucí vzdáleností nad 1 m nacházíme na zasaženém těle více vstřelů. V případě střelby z bezprostřední blízkosti je vstřel nepravidelný, většinou okrouhlý, často se zhmožděnými okraji od jednotlivých



Obr. 2.4-1 – Střelné poranění hrudníku a levé paže brokovnicí přiloženou k hrudníku

broků (obr. 2.4-1). Okolí vstřelu bývá silně začazeno (pokud se nejedná o střelbu přes oblečení) a mnohde nalézáme nejenom otisk hlavně, ze které bylo vystřeleno, ale i hlavně sousední, neboť používané lovecké brokovnice jsou většinou dvouhlavňové [3]. Ve střelném kanále je možno nalézt vedle broků i plst'ovou či umělohmotnou zátku většinou uloženou v počátečních úsecích kanálu. Logicky lze předpokládat vznik vzdálených poranění, včetně perikapilárního krvácení, i u těchto střelných poranění a vzhledem k energii střely je vznik těchto poranění i pravděpodobnější.

2.5 Poranění organismu jinými druhy palných zbraní

Jen pro úplnost zmiňuji poranění jinými palnými zbraněmi – akustickými, plynovkami, jatečními přístroji apod. Jedná se o specifická střelná poranění charakteristická

pro jednotlivé druhy zbraní. Jak však ukázalo statistické zkoumání, patří poranění jateční pistolí (obr. 2.5-1) v jihomoravském regionu mezi poměrně častá střelná poranění (12% všech



Obr. 2.5-1 – Otvor vstřelu s nápadným dvojím vějířovitým očazením v okolí – poranění jatečním přístrojem. Kombinovaná sebevražda – střelná rána + oběšení.

střelných poranění). Vznik vzdálených střelných poranění u těchto specifických typů zbraní není nutno předpokládat.

3 PORANĚNÍ HLAVY U STŘELNÝCH PORANĚNÍ

Hlava patří, dle zjištěných statistických údajů, mezi nejčastěji poraněnou část těla střelou. 84% všech zemřelých v důsledku střelného poranění v letech 1988 - 2007 u nichž byla provedena pitva na Ústavu soudního lékařství LF MU v Brně, mělo zasaženou i hlavu.

3.1 Dělení střelných poranění hlavy a mozku

Poranění hlavy, včetně střelných poranění, můžeme podle lokalizace rozdělit na poranění neurokrania a splachnokrania. Dále můžeme poranění hlavy rozdělit na další dvě velké skupiny - na poranění uzavřená a otevřená (penetrující či perforující). Rozdělení poranění mozku stejně jako jiné klasifikace chorob v medicíně prodělalo svůj vývoj. V dnešní době se u poranění mozku nejčastěji používá rozdělení podle dvou zásadních hledisek. Jednak z hlediska doby vzniku na poranění **primární** a **sekundární** a jednak z hlediska rozsahu poškození mozkové tkáně na poranění **fokální** (ložiskové) a **difúzní** [10]. Se všemi těmito typy se můžeme setkat i v případě střelného poranění hlavy a mozku. Kromě poškození mozku působením přímého násilí na hlavu můžeme navíc v případě střelných poranění najít i poškození mozku vznikající přenosem energie z původního místa zásahu. Mám tím na mysli tzv. vzdálená poranění vznikající při zasažení střelou v jiné lokalitě než je hlava, tedy např. na hrudníku, bříše, na končetinách. Co se týče doby působení násilí, v případě střelného poranění hlavy se vždy jedná o poranění vznikající silou působící jen velmi krátkou dobu v řádu maximálně několika desítek milisekund.

Primární poškození hlavy vzniká v okamžiku úrazu, v dané problematice tedy v době působení střely na hlavu a mozkovou tkáň, v případě vzdáleného poranění v době šíření tlakové vlny z místa zásahu. Primární fokální poranění je poranění charakteru zhmoždění mozku např. při nastřelení hlavy a zlomenině kosti klenby lebni, difúzním primárním poraněním je např. otřes mozku či difúzní axonální poranění.

Sekundární poškození mozku je poranění, které vzniká s určitým časovým odstupem po vzniku primárního poranění (nemusí se však nezbytně jednat pouze o poranění hlavy, sekundární poškození mozku může vzniknout i při vážných poraněních hrudníku, břicha apod.), v případě střelných poranění je to zejména problematika otoku mozku a zvýšeného nitrolebního tlaku i patobiochemických procesů probíhajících

v primárně zraněné či sekundárně poškozené mozkové tkáni. Sekundární poranění mozku tak můžeme očekávat i při střelném poranění jiných částí těla, kdy k jejich rozvoji dochází např. vlivem hypotenze či hypoxie. Základní mechanismy vzniku a rozvoje mozkového poranění jsou známy téměř 70 let, kdy byly popsány Denny-Brownem a Russelem, později byly doplněny a upřesněny Ommayem a Genenarellim [10]. Další výzkumy však přinášejí stále nové a nové informace týkající se některých specifických záležitostí poranění mozku jako je např. o difúzní axonální poranění.

3.2 Primární fokální léze při střelném poranění neurokrania a mozku

K primárním fokálním lézím v širším slova smyslu řadíme poranění měkkých pokrývek lebních (skalpu), fraktury klenby lební a kostí baze lební, různé druhy intrakraniálního krvácení, penetrující poranění a zhmoždění mozku.

Z neurochirurgického pohledu se jako otevřená poranění hlavy označují všechna, u nichž je poraněna kůže, podkoží, kost, ale i tvrdá plena. Střelná poranění, u nichž dojde k průniku střely přes tvrdou plenu, jsou pak zařazována dle neurochirurgické klasifikace mezi poranění penetrující a nutno uvést, že právě střelná poranění patří mezi častá otevřená či penetrující poranění hlavy. Podobný pojem jako penetrující je pojem perforující poranění. V klinické praxi je požíván např. pro poranění bodná, která se liší zejména chyběním zóny zhmoždění v důsledku nepřítomnosti dočasné dutiny. Penetrující střelná poranění jsou častěji než jiná otevřená poranění hlavy provázena tendencí k infekčním komplikacím. Z dalších komplikací nelze vyloučit ani komplikace cévní v podobě pseudoaneuryzmat, vazospasmu, cévního uzávěru či arteriovenózní píštěle a pochopitelně taky krvácení z poškozené cévy, a to jak pod mozkové obaly, tak do mozkového parenchymu [10].

3.2.1 Poranění měkkých pokrývek lebních a kostí neurokrania

Nejdříve alespoň ve stručnosti něco o poranění měkkých pokrývek lebních a kostí neurokrania, protože zde najdeme řadu specifických nálezů typických právě pro střelná poranění. Poranění měkkých pokrývek lebních otevřeného charakteru vzniká při ostřelu, zástřelu a průstřelu. Stejně jako každé jiné otevřené poranění v této oblasti může být provázeno poměrně silným krvácením z důvodu bohatého cévního zásobení této krajiny. Otevřené poranění navíc může znamenat otevřenou bránu pro vstup infekce do dutiny

lební. Uzavřená poranění vznikají v případě nástřelu, jedná se tedy o zhmoždění měkkých pokrývek lebních. Fraktury lebky a to jak kalvy, tak spodiny lební jsou s výjimkou některých nastřelení a ostřelů poškozujících pouze měkké tkáně logicky vždy součástí střelného poranění hlavy



Obr. 3.2.1-1 – Otvor výstřelu v temenní krajině s nápadným vylomením lamina externa

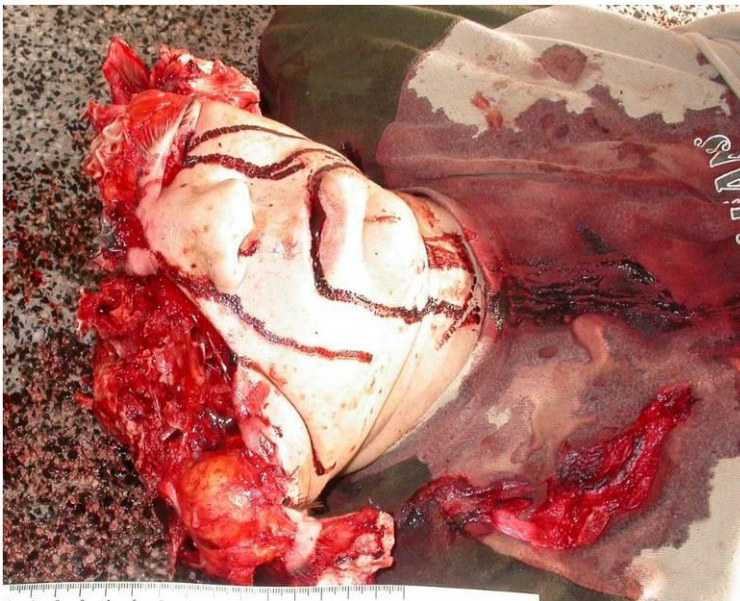
(s výjimkou vzdálených poranění, i když ani tady nemůžeme vyloučit vzdálenou zlomeninu přenosem energie přes kosterní systém). V nejjednodušším případě se jedná pouze o otvor vstřelu na kosti, mnohem častěji se však setkáváme s radiálními puklinami v okolí otvoru



Obr. 3.2.1-2 – Otvor výstřelu v temenní krajině

vstřelu [3] a často i s rozsáhlými mnohočetnými puklinami v důsledku masivně zvýšeného intrakraniálního tlaku během rozpínání se dočasného střelného kanálu při průchodu střely. Zlomeniny plochých kostí v oblasti otvorů vstřelu a výstřelu mají svoji nápadnou zvláštnost. Tyto ploché kosti se totiž vždy vylamují ve směru pohybu střely, to znamená, že otvor vstřelu je menší na zevní kompaktní ploténce (lamina externa) a širší na vnitřní ploténce (lamina interna) ploché lebeční kosti a naopak otvor výstřelu je menší na lamina interna (obr. 3.2.1-2) a širší na lamina externa (obr. 3.2.1-1) [3]. Toto zcela charakteristické vylomení umožňuje ve většině případů poměrně spolehlivě určit směr střelby. Ale jak už to v medicíně bývá, i tady existují určité výjimky, např. vylomení ploché kosti v podobě tzv. klíčové dírky, která vzniká při dopadu střely na plochu kosti v poměrně ostrém úhlu. V takovém případě dochází k vylomení části lamina externa, na

což je potřeba vždy při pitvě myslet [11,12]. Je zajímavé, že průměr otvoru vstřelu na lamina externa při kolmém dopadu střely může být dokonce menší než sama ráže střely, a to o 0,4-0,6 mm, což je způsobeno spíše elasticitou kosti, než elasticitou nebo deformací střely [3]. Další specificitou střelného poranění je, že roztržité kosti lebky se samy o sobě mohou stát tzv. sekundárními projektily a mohou způsobit poranění mozku i mimo dráhu střely. Při střelném poranění hlavy brokovou zbraní hromadná střela často způsobuje rozsáhlou devastaci měkkých tkání i klenby a spodiny lební (obr. 3.2.1 -3).



Obr. 3.2.1-3 – Devastující poranění horní poloviny hlavy při střelném poranění brokovnicí, kdy ústí zbraně bylo vloženo do dutiny ústní

Čas od času se soudní lékaři musí vypořádat s řešením situace, kdy je na těle zemřelého nalezeno více střelných poranění hlavy a jedním z nich je „pouhý“ ostřel. Z forenzního hlediska jde o to, zda po ostřelu by byl člověk schopen, případně za jak dlouho, dalšího výstřelu v případě, že by se jednalo o sebevraždu. V odpovědi na tuto otázku by soudní lékař měl vždy uvažovat, a to i při ostřelu zasahující pouze měkké pokrývky lební, o možnosti vzniku minimálně otřesu mozku s různě dlouhým trvajícím bezvědomím a tím pádem i o variantě, že by si zraněný nemohl v krátkém časovém okamžiku po vzniku ostřelu způsobit další poranění hlavy. Jeden z takových případů dvojího střelného poranění hlavy je uveden v následující kazuistice.

Kazuistika 4

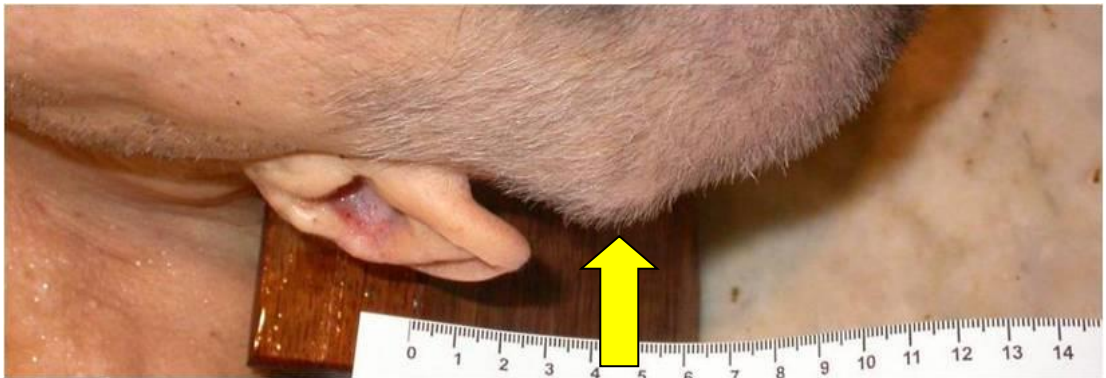
Jedná se o případ 58-letého muže, který byl v dopoledních hodinách nalezen svou manželkou mrtv ležící na posteli s hlavou v tratolišti krve. Lékař provádějící prohlídku zemřelého na místě našel pouze jediné střelné poranění – vstřel v oblasti pravého spánku (obr. 3.2.1-4,5). Při prohlídce místa činu však byly nalezeny 2 pistole (ráže 9 mm a ráže 7,65 mm obě pod tělem zemřelého) a 2 ks nábojnic (9 mm a 7,65 mm). Ve stěně pokoje pak byla nalezena střela ráže 7,65 mm. Při pitvě byla na hlavě zemřelého nalezena dvě střelná poranění – ostřel, v levé temenní krajině směřující zleva doprava, zdola nahoru a mírně zepředu dozadu (obr. 3.2.1-7) a zástřel střely 9 mm v levé spánkové krajině s otvorem vstřelu v pravé spánkové krajině (obr. 3.2.1-6,8). Z vyšetřování celého případu vyplynulo, že si obě zranění mohl způsobit sám a je zcela jisté možné (vzhledem k nálezům obou zbraní pod tělem, střely ráže 7,65 mm ve zdi a ráže 9 mm v hlavě), že obě zranění vznikla zároveň v případě, že každou zbraň držel v jedné ruce.



Obr. 3.2.1-4 – Pohled zprava na hlavu s otvorem vstřelu ve spánkové krajině. Zranění způsobeno pistolí ráže 9 mm.



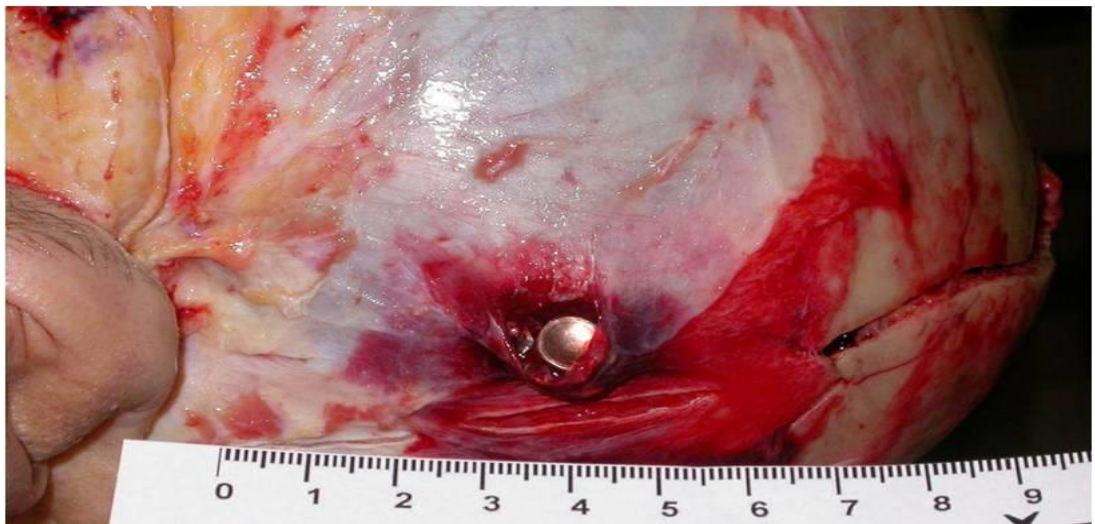
Obr. 3.2.1-5 – Detailní pohled na otvor vstřelu



Obr. 3.2.1-6 – Zevně patrný zástřel v levé temenně spánkové krajině hlavy



Obr. 3.2.1-7 – Ostřel v oblasti levé temenní krajiny



Obr. 3.2.1-8 – Zástřel v levé temenně spánkové krajině

3.2.2 Intrakraniální krvácení u střelných poranění

Mechanismus vzniku intrakraniálních krvácení je stejný jako u těchto typů krvácení při jiných uzavřených i otevřených poraněních, rozdíl je v tom, že krvácení bývají prakticky vždy spojená s výrazným poraněním mozkové tkáně střelou. Málo kdy se tedy setkáváme s izolovaným krvácením toho kterého typu.

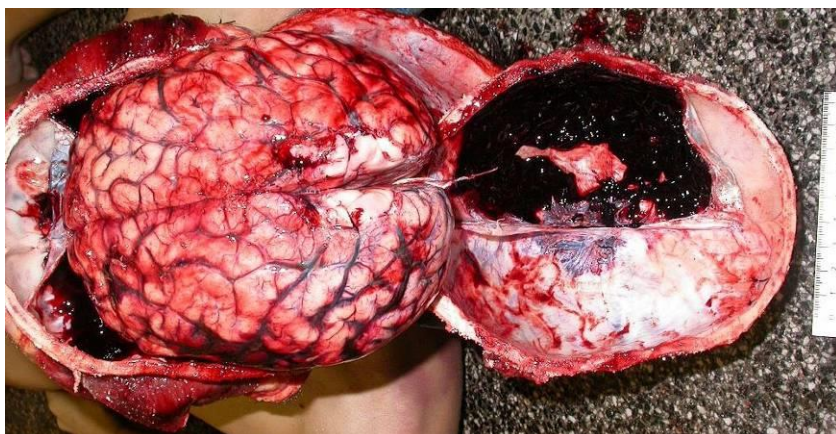
Epidurální krvácení je krvácení do prostoru mezi lebkou a dura mater. Patří mezi ta intrakraniální krvácení, která jsou prakticky vždy pouze traumatického původu a jsou vždy spojena se zlomeninou lebky a porušením větve a. meningeae mediae. Dlužno dodat, že existují i krvácení venózní spojená s porušením venózních splavů [14]. Z klinického hlediska se jedná o krvácení rozvíjející se poměrně pomalu v průběhu až několika dnů. Jedná se tedy o poranění, se kterým se u pitvaných jedinců po střelném poranění hlavy v případě úmrtí krátce po vzniku poranění (jak tomu bývá zpravidla nejčastěji), prakticky nesetkáváme. Pochopitelně u přežívajícího jedince s poraněním kosti po střelném poranění s touto eventualitou musíme počítat (obr. 3.2.2-1).



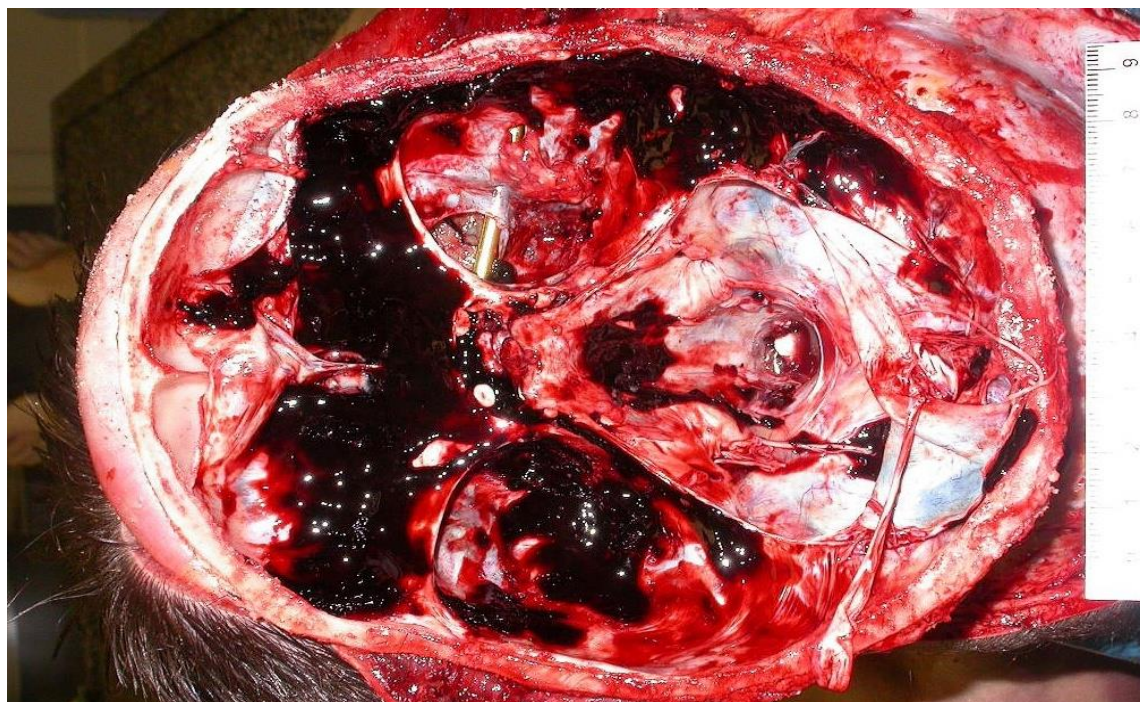
Obr. 3.2.2-1 – Epidurální krevní výron patrný na tvrdé pleně mozkové po odstranění kalvy, pod tvrdou plenu mozkovou subdurální krevní výron

Subdurální krvácení je krvácení mezi tvrdou plenu a arachnoideu. Rovněž patří mezi typ krvácení vznikající nejčastěji traumatickým způsobem při ruptuře přemostujících vén nebo venózních splavů. S akutním subdurálním krvácením se

v případě střelných poranění setkáváme častěji a prakticky vždy najdeme alespoň minimální kolekci krve v uvedeném prostoru (obr. 3.2.2-2,3). Pochopitelně, že u delšího přežívání nemůžeme vyloučit ani klinické projevy při rozvoji tohoto krvácení ani možný přechod v chronický



Obr. 3.2.2-2 – Subdurální krevní výron lokalizovaný nad pravou hemisférou

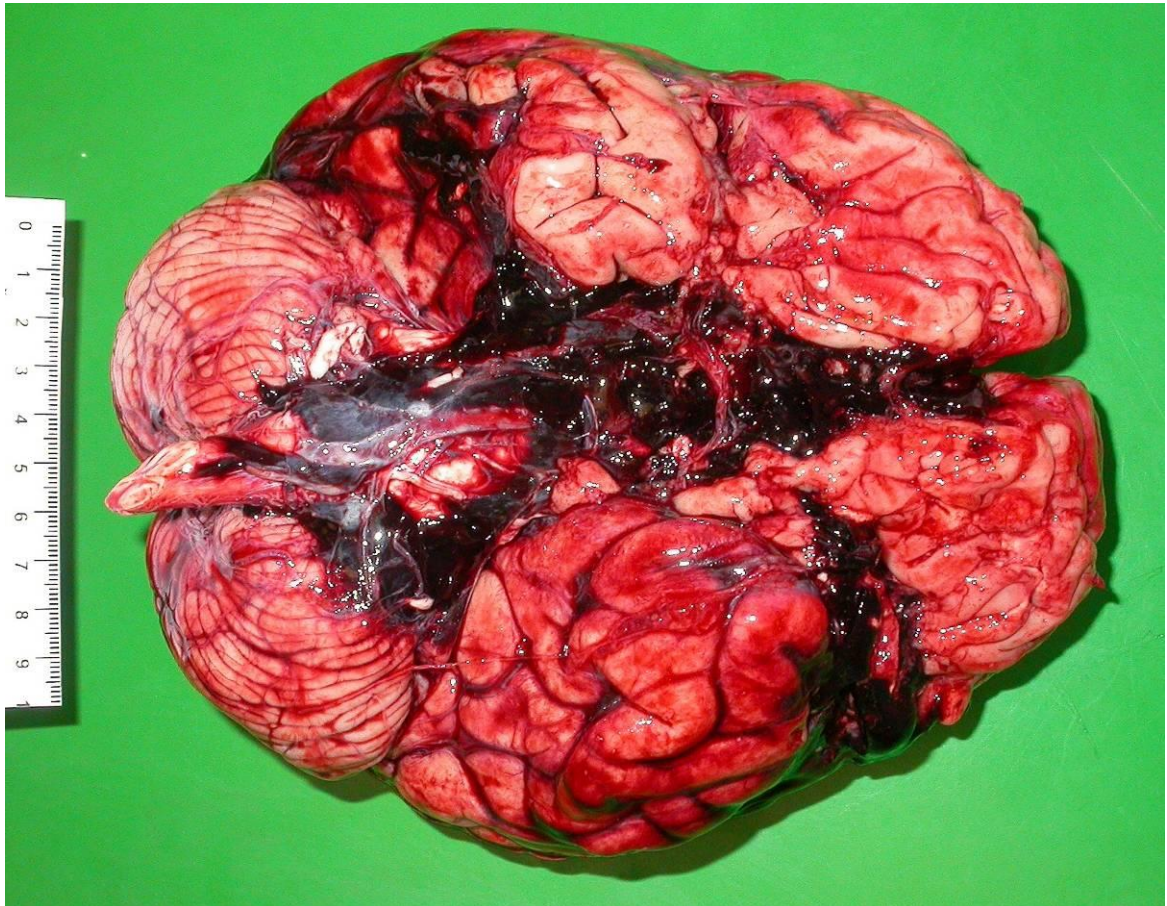


Obr. 3.2.2-3 – Subdurální krevní výron na spodině lební při průstřelu hlavy, průběh střelného kanálu vyznačen vloženou sondou zlaté barvy

hematom.

Subarachnoidální krvácení je charakterizováno přítomností krve v subarachnoidálním prostoru, tedy v prostoru pod pia mater (obr. 3.2.2-4). Na rozdíl od předcházejících toto patří častěji mezi chorobná krvácení vznikající zejména při prasknutí vakovitého aneuryzmatu či při jiných cévních malformacích [14]. Pravidelně se však

s tímto typem krvácení setkáváme i u traumatických změn v dutině lební, kdy ke krvácení dochází v důsledku ruptury kortikomeningeálních cév [14]. Přítomnost tohoto typu krvácení může mít významné klinické projevy (bolest hlavy, zmatenost, zvracení, poruchy vědomí, meningismus, srdeční arytmie), ale i v tomto případě platí, že vznik střelného poranění je provázen výrazným poškozením mozku s jeho symptomatologií, tedy především hlubokým bezvědomím.

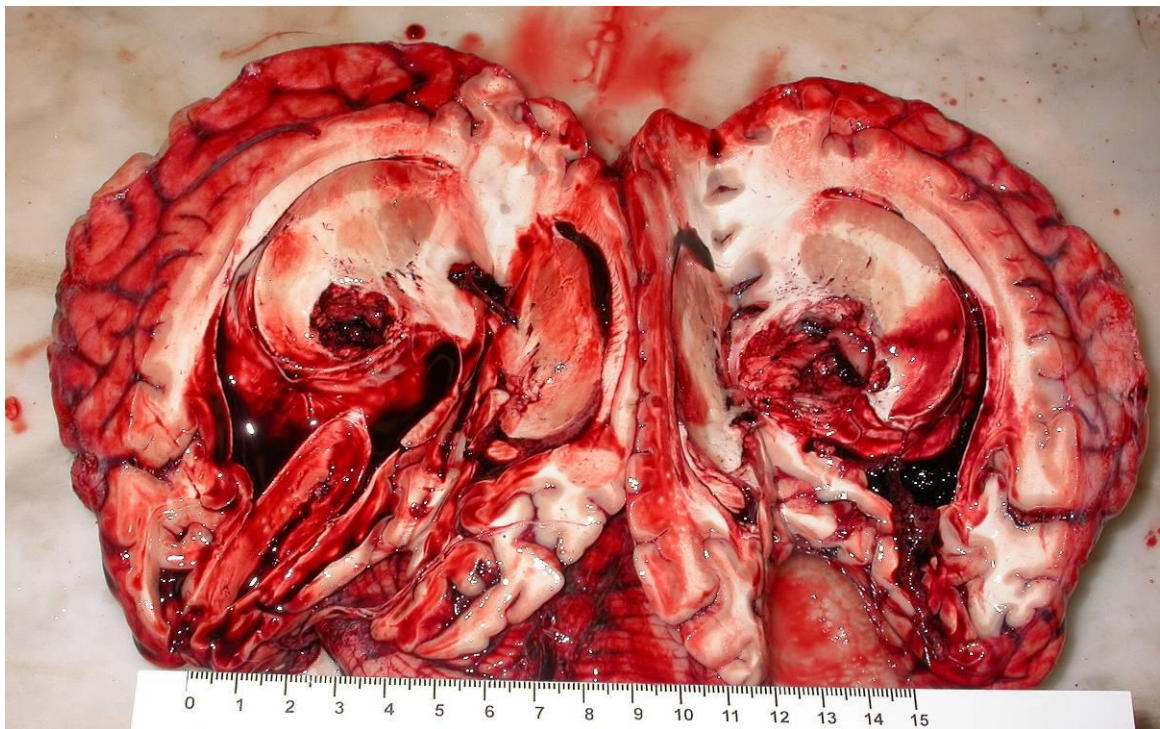


Obr. 3.2.2-4 – Subarachnoidální krvácení v oblasti báze mozku

Intracerebrální krvácení je nejčastěji krvácení z chorobných příčin, ale provází v různé míře a v různém rozsahu i mozková traumata. Komplikují nejen otevřená, ale i uzavřená poranění hlavy. U tupých poranění vznikají nejčastěji z důvodu akceleračně - deceleračního mechanismu rupturou drobných cév uvnitř mozku. Poměrně neostrá hranice je pak mezi intracerebrálním traumatickým hematomem a krvácením v oblasti kontuze mozku.

V případě střelných poranění hlavy se dále velmi často setkáváme i s **nitrokomorovým krvácením**, především v důsledku průchodu střelného kanálu přes

komorový systém, může však vznikat i provalením většího intracerebrálního krvácení či subarachnoidálního krvácení do komorového systému [14] (obr. 3.2.2-5).



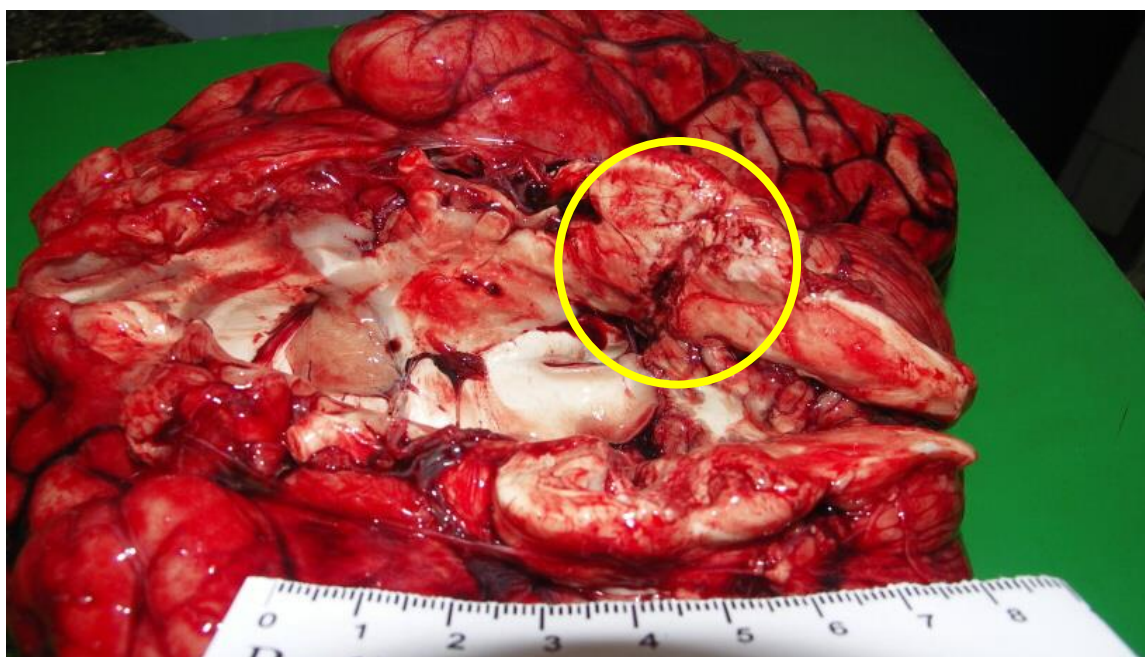
Obr. 3.2.2-5 – Na řezu mozkiem patrné krvácení v postranních komorách mozkových při průstřelu mozkiem

Hlavním předmětem mého výzkumu je sledování výskytu dalšího typu poranění. Jedná se o výskyt v drtivé většině případů makroskopicky nezřetelného **perivaskulárního krvácení** kolem drobných cév, zejména kolem drobných kapilár. Tato krvácení jsou jak součástí přímého poranění mozku, ale zcela bez pochyb jsou, jak vyplývá ze závěrů této práce, v menším či větším rozsahu prakticky vždy součástí i střelných poranění hrudníku, kdy vznikají přenesením tlakovou vlnou cévním systémem z místa primárního poranění střelou.

3.2.3 Zhmoždění mozku u střelných poranění

Dalším typem fokálního poranění mozkové tkáně je **zhmoždění mozku** (obr. 3.2.3-1,2). Jedná se v podstatě o nejzávažnější typ poranění mozku a může být pochopitelně spojen i s dále uvedenými difúzními poraněními. Kontuze mozku (v případě převahy krvácení v ložisku taky někdy označovaná jako traumatický intracerebrální hematom) je v případě střelného poranění přímé ložiskové poranění mozku. Nález je možno spolehlivě prokázat i běžnými zobrazovacími metodami typu CT a MR. V případě

střelných poranění, kdy je poškozena zhmožděním větší část parenchymu, prakticky vždy klinicky dominují globální příznaky s poruchou vědomí. S menším ložiskovým



Obr. 3.2.3-1 – Zhmoždění v okolí střelného kanálu probíhající přes Varolův most

zhmožděním se můžeme setkat pouze u nastřelení či ostřelu hlavy. Mikroskopicky nacházíme v ložisku zhmoždění, tvořeném roztržitěnou tkání, prokrvácení tkáně různého stupně, další buněčné zastoupení elementů bílé krevní řady je pak závislé na stáří poranění. Další chování



Obr. 3.2.3-2 – Výrazné zhmoždění v oblasti střelného kanálu

kontuzního ložiska pak závisí na rozvoji eventuelních sekundárních změn v podobě otoku mozku, krvácení do kontuzního ložiska, dále na rozsahu, počtu a lokalizaci kontuzních ložisek. Traumatický intracerebrální hematoma vzniká narušením tepny většího kalibru

v ložisku zhmoždění [10]. Dá se tedy říci, že neexistuje ostrá hranice mezi zhmožděním a intracerebrálním traumatickým hematodem. Stejně tak jako chorobné krvácení může se i traumatické krvácení provalit do komorového systému mozku s rozvojem traumatického hemocefalu. Masivní rozhmoždění mozkové tkáně, u střelných poranění např. při poranění hlavy brokovými zbraněmi při střelbě z bezprostřední blízkosti, se označují termínem lacerace (obr. 3.2.3-3).



Obr. 3.2.3-3 – Lacerace mozku po střelném poranění brokovnicí

3.3 Primární difúzní léze při střelném poranění neurokrania a mozku

Z difúzních primárních lézí mozku jsou to dva druhy poškození – mozková komoce (otřes mozku) a difúzní axonální poranění.

Mozková komoce je označení pro reverzibilní traumatickou poruchu mozkové funkce. Z klinických příznaků je vždy přítomno krátkodobé bezvědomí (obvykle uváděno trvání do 10 minut, někdy však až do 60 minut) vznikající bezprostředně po vzniku úrazu a dále bývají přítomny některé z dalších příznaků, kterými jsou bolest hlavy, nauzea, zvracení, amnézie [10]. Všechny neurologické příznaky v průběhu několika dnů zcela odezní. Poranění tohoto typu je specifické tím, že není patrné při vyšetření

zobrazovacími metodami, stále častěji se objevují snahy toto poranění a jeho stupeň diagnostikovat pomocí stanovení koncentrací některých biomarkerů (proteiny STAT3, Tau aj.) [15]. Ani při pitvě nenacházíme žádné morfologické změny, které by byly nějakým způsobem typické pro komoci mozkovou. Některými autory je komoce řazena mezi nejnižší stupeň difúzního axonálního poranění [10]. S komocí mozkovou se u střelných poranění setkáváme spíše výjimečně u nejlehčích poranění typu nástřelu a ostřelu.

Difúzní axonální poranění je provázeno disrupcí axonů a bývá v těžších případech provázeno i přerušением cév v mozkovém kmeni a v corpus callosum [16]. Dříve bylo uváděno, že k roztržení axonů dochází v momentě úrazu. Dnes je již známo, že k okamžitému přetržení může dojít jen v případě masivního násilí. Jinak k přetržení dochází až v průběhu dalších patologických procesů v důsledku poruch cytoskeletální struktury biochemickými pochody [16]. Možnou zobrazovací metodou u tohoto typu poranění je magnetická rezonance. Jediným spolehlivým diagnostickým způsobem je však pouze histologické vyšetření při pitvě s nálezem Cajalových retrakčních kuliček následkem nahromadění axoplazmy a především imunohistochemické vyšetření.

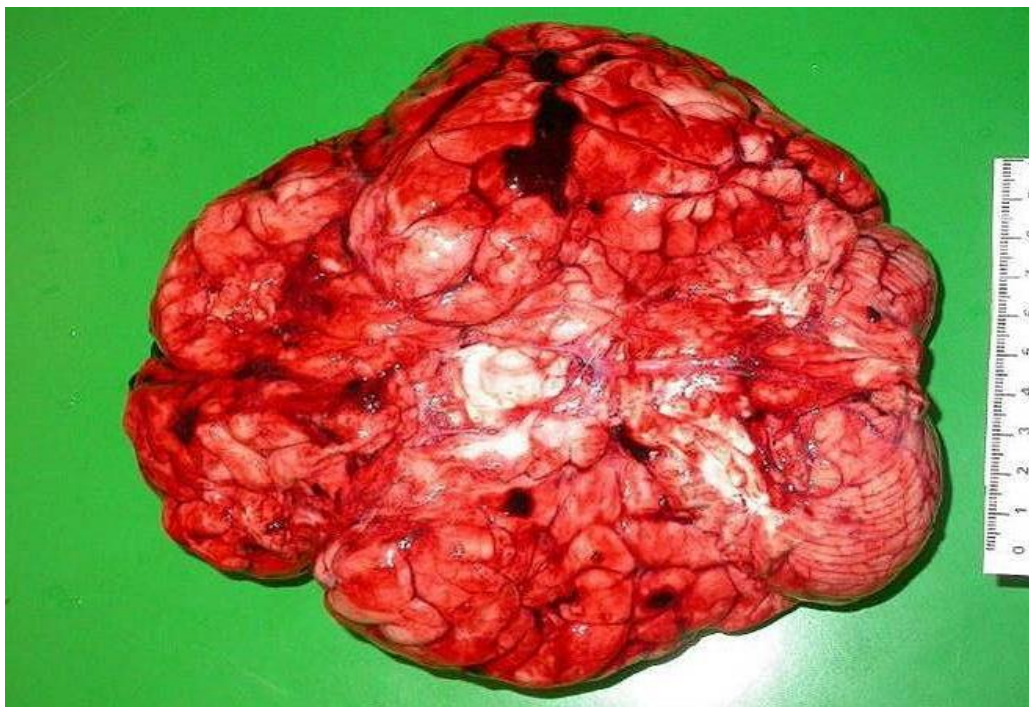
3.4 Sekundární léze při střelném poranění neurokrania a mozku

Ze sekundárních postižení bych uvedl zejména sekundární ischemické postižení mozku v důsledku systémové hypoxie a hypotenze a edém mozku.

Co se týče **hypoxie** a **hypotenze** je poškozený mozek vůči těmto vlivům citlivější než za normálního stavu. S těmito stavy se setkáváme zejména při těžkých poraněních hrudníku a břicha provázenými masivním krvácením, dále při poškození plic a obecně u šokového stavu. Jedná se tedy o situace, kdy dochází k poškození mozku v souvislosti se střelným poraněním jiné části těla (o vlivu hypoxie na mozkovou tkáň viz str. 72 a 73).

Edém mozku je častá a závažná komplikace mozkového poranění (obr. 3.4-1). V případě traumatického edému se jedná o dva typy - vazogenní a cytotoxický. Vazogenní edém se objevuje nejdříve v bílé hmotě mozkové a vzniká v důsledku narušené hematoencefalické bariéry s následným průnikem tekutiny a proteinů plazmy do extracelulárního prostoru. Cytotoxický edém je typický pro šedou hmotu mozkovou a vzniká v důsledku porušení mozkového krevního průtoku, čímž dochází k poruchám buněčného metabolismu a narušení činnosti iontových kanálů [10]. Vznik edému mozku

u lidí přežívající střelné poranění hlavy je prakticky pravidlem a představuje velmi závažnou a život ohrožující komplikaci zejména v důsledku výrazného zvýšení intrakraniálního tlaku [17].



Obr. 3.4-1 – Výrazný otok mozku po průstřelu

3.5 Poranění splanchnokrania při střelném poranění

Zejména při použití náboje s hromadnou střelou dochází k výrazné devastaci obličejové části hlavy (obr. 3.5-1). Vzhledem k dobrému cévnímu zásobení těchto oblastí je střelné poranění zpravidla provázeno značným krvácením. Závažnou komplikací je pak aspirace krve do dýchacích cest. Závažné poranění oka může vzniknout i zasažením střelou s tak nízkou energií, jaká by jiné zranění vůbec nemohla způsobit.



Obr. 3.5-1 – Poranění obličejové části hlavy

4 METODY STUDIA STŘELNÝCH PORANĚNÍ

V následující kapitole jsou teoreticky i prakticky prováděnými experimenty zhodnoceny možnosti studia střelných poranění. V podstatě existují tři možnosti, jak provádět vyhodnocování ranivého účinku střel na organismu. Jedná se o:

- popis reálných střelných poranění
- použití náhradního biologického materiálu
- použití náhradního balistického materiálu

4.1 Popis reálných střelných poranění

Zcela bez pochyb nejobektivnější metodou při studiu střelných poranění je vyhodnocování poznatků získaných při kontaktu s reálnými střelnými poraněními. Žádný umělý náhradní balistický materiál či počítačová simulace nikdy nedokáže v plné míře nahradit živý organismus v jeho anatomické složitosti a s existencí jeho nejrůznějších fyziologických i patofyziologických mechanismů, nemluvě o roli psychické stránky. Vyhodnocování těchto poranění pro výzkumné účely by tedy mělo být doménou lékařů, kteří se ve své praxi se střelnými poraněními běžně setkávají. Z pohledu častosti výskytu střelných poranění to budou nejspíše váleční chirurgové pracující v místech ozbrojených konfliktů, kde tento typ poranění je prakticky na denním pořádku. Ovšem se střelnými poraněními přijdou do styku pochopitelně i lékaři v mírových podmínkách. Je neoddiskutovatelné, že primárním úkolem těchto lékařů je záchrana života zraněného, ale na druhou stranu zkušenosti a poznatky těchto lidí mohou přispívat i k teoretickému výzkumu v této problematice a tím pádem i následně např. k lepší péči o další zraněné. V mírových podmínkách se pak těmi, kdo se nejčastěji ve své lékařské praxi setkávají se střelnými poraněními, a to bohužel většinou smrtelnými, jsou soudní lékaři. Ti jsou při své práci oproti chirurgům v o něco výhodnější pozici, co se týče možnosti teoretického výzkumu. Možnosti podrobného, dá se říci až mikroskopicky detailního, zkoumání střelné rány jsou u nich výrazně větší, mají možnost provádět celou řadu postupů, které na živém zraněném člověku nelze provést, včetně např. odběru dostatečného množství biologického materiálu k dalšímu laboratornímu zkoumání – histologickému, histochemickému, imunohistologickému, toxikologickému apod.

Správně prováděné vyšetření střelných poranění při pitvě mají v soudně lékařské praxi pochopitelně význam nejen teoretický, vědecký, ale mnohdy v první řadě forenzní. Soudní lékař ve své praxi by tedy měl ke střelnému poranění přistupovat s dostatečnou znalostí problematiky střelných poranění z pohledu medicínského, ale pokud možno i z pohledu terminální ranivé balistiky či z pohledu kriminalistického. Je zcela nezbytné při přípravě a průběhu vlastní pitvy postupovat v součinnosti s kriminalistickými technikami, pokud se tedy v konkrétním případě nějakým způsobem vůbec budou podílet na vyšetřování. Součástí každé pitvy by měla být kvalitní fotografická dokumentace poranění a to v průběhu celé pitvy. Pokud je to možné vzhledem k vybavení pracoviště, kde je prováděna pitva, je vždy vhodné provést rentgenové vyšetření zasažených částí těla, a to nejen v případě zjevného zástřelu, kdy je takové vyšetření prakticky nezbytně nutné. I v případě průstřelu mohou být v těle zachyceny části střely, které pak mohou napomoci k identifikaci použitého střeliva (např. plášť střely). Vlastní pitva pak spočívá ve velmi pečlivé preparaci jednotlivých částí střelného kanálu. Připomínat soudním lékařům nevhodnost sondování rány doslova naslepo a násilím zaváděnými sondami je dle mého názoru zbytečné, neškodilo by však totéž připomínat lékařům provádějící prohlídku těla zemřelého, kde se s takovými politováníhodnými situacemi stále setkáváme (uvádím zde například situaci, kdy přivolaný praktický lékař doslova hrubým násilím svými prsty „sondoval“ otvory vstřelu a výstřelu na hlavě mrtvého). Sondy by měly sloužit pouze k názornému ukázání průběhu střelného kanálu ať už v těle či v jednotlivých orgánech, ale vždy až po vlastním podrobném prozkoumání střelného kanálu. Jen pro úplnost doplním další až notoricky známý fakt, že by se nalezené střely či jejich části neměly z těla vyjímat za použití kovových nástrojů. Součástí pitvy by měl být pochopitelně i odběr vhodného biologického materiálu k dalším laboratorním zkoumáním (např. specifická histologická barvení [18]) a podle zvyklostí i spolupráce s kriminalistickými technikami při dalších specializovaných úkonech jako je např. provádění otisků či stěrů k určení přítomnosti povýstřelových zplodin. Další nedílnou a velmi důležitou částí pitvy je zcela bez pochyb i provádění přesného měření a lokalizace střelných poranění na těle, důležitá pro další balistické expertízy.

Co se týče odborného studia reálných střelných poranění nelze kromě studia poranění na člověku zapomínat na další opravdu obrovský „soubor“ střelných poranění, a sice poranění zvířat při lovu. Zkušenosti lovců o účinku střelných zbraní na lovenou zvěř, např. ve smyslu schopnosti jednání po zásahu, jsou cenným zdrojem informací i pro

soudní lékaře. Nejideálnější je pak situace, kdy se může využít ulovený „biologický materiál“ i k odbornému zkoumání nejen kulinářskému, ale i v oboru ranivé balistiky.

Práce se skutečnými reálnými živými tvory má však také své podstatné nevýhody. Je prakticky vyloučeno připravit experiment, a to platí jak u člověka, tak i u zvířat, jehož součástí by byl vznik skutečného střelného poranění. Živé tvory lze tedy využít pro tyto situace jen velmi omezeně, např. tam, kde se testuje ochranný účinek nějakého materiálu proti střelám. Čas od času se tak můžeme setkat s dobrovolníky, kteří testují např. ochranný balistický materiál či účinky neletálních zbraní na svém těle. Nic jiného však není možné u živého člověka testovat. Rovněž tak zraňování zvířat pro pokusné účely se z etického hlediska jeví značně problematické.

Závěrem tedy můžeme konstatovat, že použití lidské tkáně, konkrétně svaloviny a kostí, by bylo pro experimentální účely sice optimální, ale pouze teoretické. A to nejen u živého člověka, ale i u těl zemřelých. Jistěže existují dobrovolní dárci, kteří byli za svého života ochotni věnovat své tělo po smrti pro vědecké využití, ale nikde a nikdy není možné těchto dárců využívat pro experimenty rozsáhlejší. Co se týče zvířat, můžu konstatovat, že i když se hlavně ve starší odborné literatuře setkáváme s experimenty využívajícími ke zkoumání ranivého účinku střeliva na živá zvířata, v současné době je tato metoda pro moderního člověka z humánních důvodů naprosto nepřijatelná, nemluvě o legislativních překážkách, které podobné experimenty prakticky vylučují.

4.2 Využití náhradních biologických materiálů při studiu střelných poranění

Používat k výzkumu ranivých účinků střeliva různé tkáně či části těl mrtvých zvířat není spojeno s žádnou, pro moderního člověka lidsky nepřijatelnou, překážkou. Je možné vybrat různé části těl, které je možno zkoumat, a to ať již se jedná o různé typy pevných tělesných součástí (končetiny), tvrdé části těl, které jsou duté (hlava) i tělesné dutiny včetně vnitřních orgánů (hrudník, břicho). Námitka, že zvířecí tkáň vykazuje jiné mechanické vlastnosti než tkáň lidská, stejně jako námitka, že intravitálně má tkáň obecně jiné vlastnosti než post mortem (vyvíjí se „rigor mortis“), může být lehce vyvrácena faktem, že cílem experimentu je zkoumat nikoliv rozdílnost, s jakou se chovají různé typy tkání, ale zkoumat účinnost různých typů střel na vytvořeném standardním a v rámci daných možností optimálním modelu. V rámci programového projektu MPO zabývajícího

se stanovením ranivého účinku střeliva jsem provedl experimentální zkoušky k vybrání jednoduchého experimentálního modelu pro dané účely [19].

4.2.1 Materiál a metodika experimentálního modelu

Při experimentu bylo použito střelivo několika typů a ráží – celoplášťové ráží 6,35 mm, 7,65 mm, 9 mm, neoplášťované, olovené ráží .22, .44. Jako zbraně byly použity krátké ruční palné zbraně (pistole pro celoplášťové střelivo, revolvery pro neoplášťované střelivo). Za cílovou tkáň byl zvolen biologický materiál - zadní končetiny z prasete (kost včetně svaloviny a kůže), zadní končetiny z hovězího dobytka, hlava prasete, tělesné dutiny prasete. Z výše uvedených zbraní a za použití vyjmenovaného střeliva byly prováděny střelby na vybrané cílové tkáni. Vzdálenost střelby byla do 1 m, z důvodů jistoty zásahu. Na biologický materiál bylo opakovaně stříleno každým typem výše uvedeného střeliva.

4.2.2 Výsledky experimentálního výzkumu

Zadní končetiny hovězí: použití hovězích zadních končetin je sice velmi dobré, ale cenové relace jsou daleko nepříznivější než u končetin prasete. Z finančního hlediska se tedy jako výhodnější cílová tkáň ukázala být prasečí zadní končetina.

Tělesné dutiny prasete tzn. hrudník a břicho včetně vnitřních orgánů: použití tohoto materiálu bylo zhodnoceno pouze teoreticky, jako s cílovou tkání na hodnocení účinků různých druhů střeliva je však nezbytné s tímto materiálem počítat. V současné době je ovšem použití v tomto směru nevýhodné z několika různých důvodů. Předně je to problém s manipulací poměrně rozsáhlých a těžkých částí prasečích trupů a nelze také opomíjet již výše uvedená hlediska finanční.

Hlava prasete: je sice cenově poměrně výhodná, ale jako cílový orgán pro zaměření tohoto experimentu není nejlepší, neboť postrádá standardní strukturu, u které by bylo možno se spolehnout, že model má natolik stálé vlastnosti, že je možné různé typy poranění přičítat pouze různým účinkům různých střel. Jistě není nezajímavé uvažovat o možnosti tento model přiřadit k celkovým výsledkům jako výzkum doplňující.

Zadní končetiny prasete: jako cílová tkáň se zadní končetiny prasete jeví stejně dobré jako hovězí zadní končetiny. Také cenová hladina je poměrně příznivá a pro zkoumání daného problému naprosto přijatelná.

S použitím výše uvedeného střeliva, které bylo vybráno více méně náhodně a spíše podle dostupnosti, bylo zjištěno, že cílová tkáň je schopna reagovat na jednotlivé typy střel v celé škále výsledků (obr. 4.2.2-1,2,3,4) a to dokonce i v obou extrémních situacích, tedy jak prostým hladkým průstřelem, tak tříštivou frakturou. Z uvedeného vyplývá, že jako nejvhodnější pro daný experiment se hodí zadní končetina prasete.



Obr. 4.2.2-1 – Celkový pohled na prasečí stehenní kost s otvorem vstřelu (foto autor)



Obr. 4.2.2-2 Detailní pohled na otvor vstřelu (foto autor)



Obr. 4.2.2-3 – Celkový pohled na prasečí stehenní kost s otvorem výstřelu (foto autor)



Obr. 4.2.2-4 Detailní pohled na otvor výstřelu (foto autor)

Byl vytvořen základní jednoduchý model (zadní končetina prasete), který má v rámci daných možností (samozřejmě relativně), standardní vlastnosti. V této fázi experimentu nešlo ani tak o zkoumání účinků jednotlivých typů střel, ale o to vytvořit

model, který je schopen reagovat na různé typy střel v naprosto celé šíři všech typů poranění [19].

4.3 Využití náhradních balistických materiálů při studiu střelných poranění

Účinek střel na živou tkáň patří k nejvíce diskutovaným tématům v oboru ranivé balistiky. Znalost vzájemného účinku „střela – člověk nebo zvíře“ nejsou ani v současné době ještě zcela do detailů objasněny. Situace je ztížena tím, že člověk je systémem s prakticky nekonečným počtem stupňů volnosti, takže jeho reakce na mechanické trauma má velkou šíři variací [4]. Účinek střely rovněž závisí na člověku samotném, na jeho emocionálním a psychickém stavu. V neposlední řadě účinek střel mění přítomnost léčiv, drog, alkoholu a podobných látek. Zatímco mechanický účinek může být přibližně stanoven, závisí výsledná účinnost na jednotlivém případě. Lidské tělo představuje z hlediska ranivé balistiky značně nehomogenní cíl. Je tvořeno prostředími o různých hustotách a s odlišnými fyzikálními a biologickými charakteristikami. Tato prostředí, která jsou ostře ohraničena, je možné geometricky jen stěží exaktně definovat. Proto vytvoření fyzikálního modelu, který by plně vyhovoval vlastnostem a parametrům lidského těla, je téměř nemožné. Tyto skutečnosti ztěžují predikci chování střely v lidském těle, a tím i závažnosti střelného poranění. Průměrná hustota lidských tkání je přibližně 900x větší než hustota vzduchu. Tím jsou dány velmi dobré předpoklady pro rozvinutí terminálně balistických jevů, ovlivňujících ranivost střel. Na konstrukci dané zbraně a střeliva pak závisí, zda bude ranivý potenciál využit, či nikoliv [4].

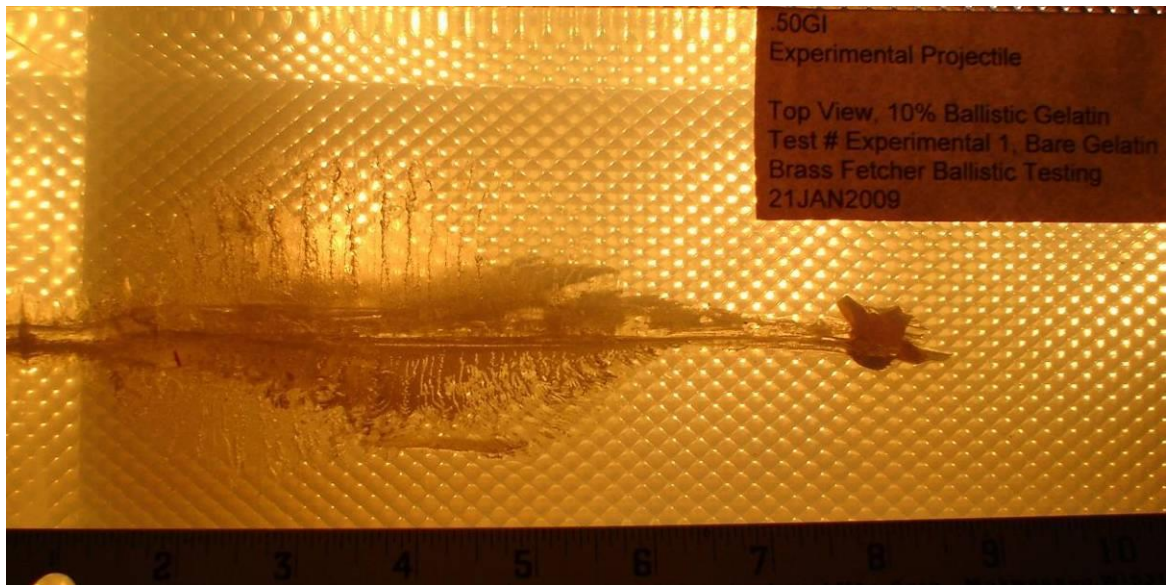
Náhradní materiály biologických tkání, používané v balistickém experimentu musí vykazovat téměř stejnou hustotu jako má tělesná tkáň (1100 kg.m⁻³), ale také elasticitu, schopnost pohlcení energie střely a odpor proti jejímu pronikání. Proto se v počátcích rozvoje ranivé balistiky používaly k experimentálnímu postřelování především biologické tkáně. Nositeli těchto tkání byla zvířata a jejich orgány, lidské mrtvoly a v posledních letech byly ve světě k těmto účelům použity i buněčné kultury. Ačkoliv se dnes výzkum v této oblasti orientuje na použití náhradních materiálů, v opodstatněných případech je použití biologických tkání v balistickém experimentu, jak již bylo v předcházejících kapitolách uvedeno, nezastupitelné [4,5].

Nalezení vhodného náhradního materiálu nebiologického původu pro stanovení ranivého účinku střely patří mezi velmi obtížné úkoly. Z pohledu soudního lékaře

v současné době samozřejmě nemůže existovat žádný jednolitý materiál, který by dokázal plně simulovat živou tkáň a ještě splňoval další podmínky jako snadnost přípravy, jednoduchá manipulace, ekonomické hledisko apod. Všechny v současné době užívané materiály jsou tedy výsledkem značného kompromisu mezi požadovanými vlastnostmi a skutečnými vlastnostmi umělých materiálů. Příprava vzorků k prováděným testům ale i samotné hodnocení výsledků poškození těchto materiálů se pak stává ryze technickou záležitostí a soudní lékaři zde mohou vystupovat jen v jakési poradní úloze.

Nutnost hledat optimální náhradní materiál k balistickým testům souvisí s požadavkem na nalezení jednoduché metody k určení ranivého účinku střely. Jako míra pro účinek střely byla některými autory zvolena kinetická energie střely nebo jiná vhodně zvolená fyzikální veličina, vycházející z balistických vlastností dopadající střely. Názory autorů na to, kterou fyzikální veličinu zvolit jako objektivní kritérium ranivosti střely a tedy i odolnosti živé síly, se však různí. Autoři srovnávají odolnost nechráněné živé síly s odolností tuhé překážky z náhradního materiálu určité tloušťky. Uvedená kritéria, vycházející z použití pevných náhradních materiálů, mají spíše orientační charakter. Jejich výsledky jsou jen těžko transformovatelné na předpokládaný účinek střely v biologických tkáních, a proto slouží k pouhému srovnání účinku zkoumaných střel určité konstrukce a balistických parametrů. Tato problematika byla rozebírána již v kapitole 2.2.

Z důvodů dalšího přiblížení ranivě balistické simulace k podmínkám pronikání střely do biologických tkání bylo nutné přejít od postřelování v minulosti hojně používaných tuhých náhradních materiálů (jedlové dřevo, ocelový nebo duralový plech určité tloušťky) ke střelbě na plastická média, která se svými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi přece jen více blíží vlastnostem měkké biologické tkáně. Bylo ale nutné nalézt takové materiály, jejichž fyzikální vlastnosti jako hustota, stlačitelnost, elasticita a viskozita zajistí podobné dynamické chování střel jako svalová tkáň. Nespornou výhodou plastických médií je jejich homogenita v celém objemu experimentálně postřelovaného bloku. To je důležité pro kvantitativní popis účinků zkoumaných střel. Jako nejvhodnější se pak ukázaly tyto materiály: 10% a 20% želatinový roztok (obr. 4.3-1), glycerinové mýdlo, směs petrolátu (75 %) a parafínu (25 %), plastelína a v poslední době nejrůznější gely [4, 20]. Avšak ani jeden z těchto vyjmenovaných ani žádný z dalších méně užívaných náhradních materiálů plně nenahrazuje biologickou tkáň (obr. 4.3-2).



Obr. 4.3-1 – Střelný kanál v balistické želatině – zdroj www.50gi.com



Obr. 4.3-2 – Střelný kanál v mozku

Další zajímavou skupinou náhradních balistických materiálů je materiál nahrazující kostní tkáň. V rámci experimentální činnosti navazující na předcházející testy biologického materiálu jsem začal zkoušet výrobky firmy SYNBONE (Artificial Human and Animal Bones for Education, Neugutstrasse 4, CH-7208 Malans, Switzerland - www.synbone.com), která tento materiál označuje jako náhradu kostní tkáně pro balistické účely. Při prováděných experimentech jsem tedy posuzoval chování tohoto materiálu při základních střeleckých zkouškách ve srovnání s vepřovými kostmi. Vzhledem k tomu, že se jednalo ze strany mé i dalších experimentátorů o první seznámení se z uvedeným materiálem, bylo využito k jejímu prostřelení pouze střel ráže .22 LR, u nichž byl předpoklad, že nedojde k totálnímu roztržení vzorku. V tomto experimentu šlo především o to stanovit, jestli se uvedený materiál bude chovat při průchodu střely alespoň přibližně stejně jako kost. Byly použity modely napodobující jak dlouhé kosti, tak kosti ploché. Po provedených orientačních zkouškách lze konstatovat, že se chování tohoto konkrétního typu náhradního balistického materiálu (trubkovitý i plošný tvar, imitace okostice)

do jisté míry blíží chování reálné kosti (obr. 4.3-3,4,5). Otázkou však zůstává ekonomická náročnost těchto modelů, zejména s ohledem na značné množství předpokládaných testů v běžné praxi při hodnocení ranivých účinků střeliva.



Obr. 4.3-3 – Průstřel - detailní pohled na otvor vstřelu v umělé kosti (foto autor)

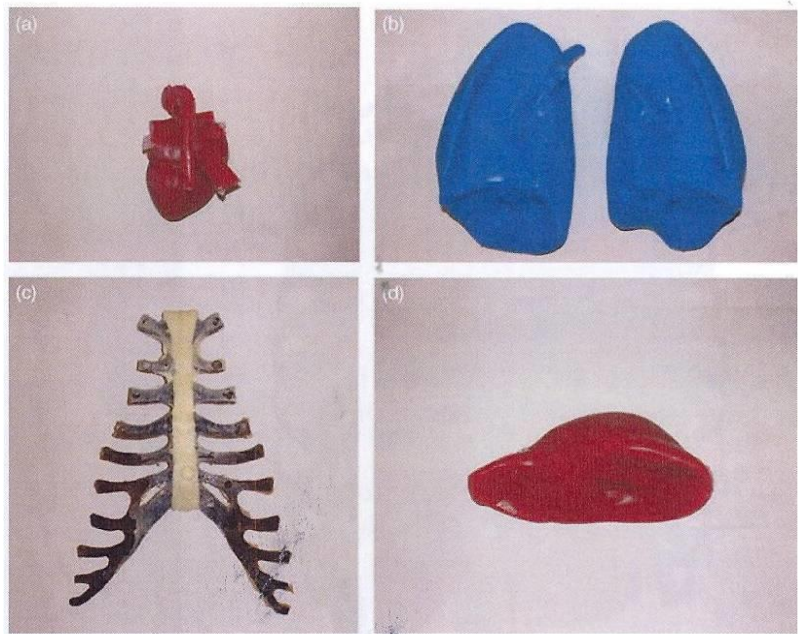


Obr. 4.3-4 – Průstřel - detailní pohled na otvor výstřelu v umělé kosti (foto autor)



Obr. 4.3-5 – Detailní pohled na ostřel umělé kosti (foto autor)

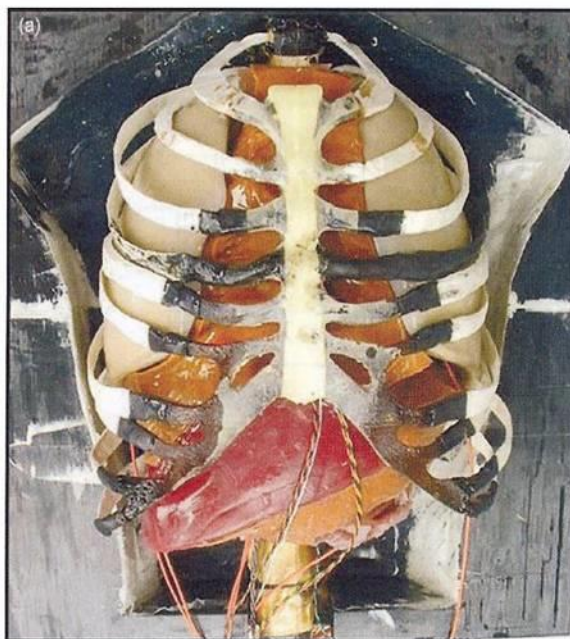
V poslední době se začíná v praxi při simulačních testech ranivých účinků střel, účinků tlakové vlny po výbuchu a testech vlastností a kvality ochranných balistických materiálů objevovat častější využití nejen homogenních náhradních balistických materiálů, ale především z umělých materiálů vyrobených



Obr. 4.3-6 – Modely orgánů lidského těla – zdroj [21]

modelů celého lidského těla či jeho částí (obr. 4.3-6). V této oblasti experimentální činnosti se tedy jeví jako výhodné ba až jako nutné použití kombinovaných materiálů nahrazující jak měkké tak tvrdé tkáně vymodelované do tvaru reálných tkání a orgánů a spojených do obvyklého anatomického uspořádání (obr. 4.3-7,8).

Vytváření těchto experimentálních modelů lidského těla je otázkou několika



Obr. 4.3-7 – Model hrudníku [21]

posledních desetiletí. V tomto směru se jeví jako vhodné modely tzv. Finite Elements Methods (FEM), jejímiž průkopníky byli od poloviny šedesátých let minulého století pánové Zienkiewicz z University of Swansea ve Walesu a Taylor z the University of California v Berkeley [21]. Stavba lidských modelů, za využití znalostí biomechaniky, se pak rychle rozvinula jako samostatná disciplína koncem šedesátých a začátkem sedmdesátých let minulého století. Nejvíce rozšířené je užití FEM – tedy základního biomechanického modelu lidského těla -

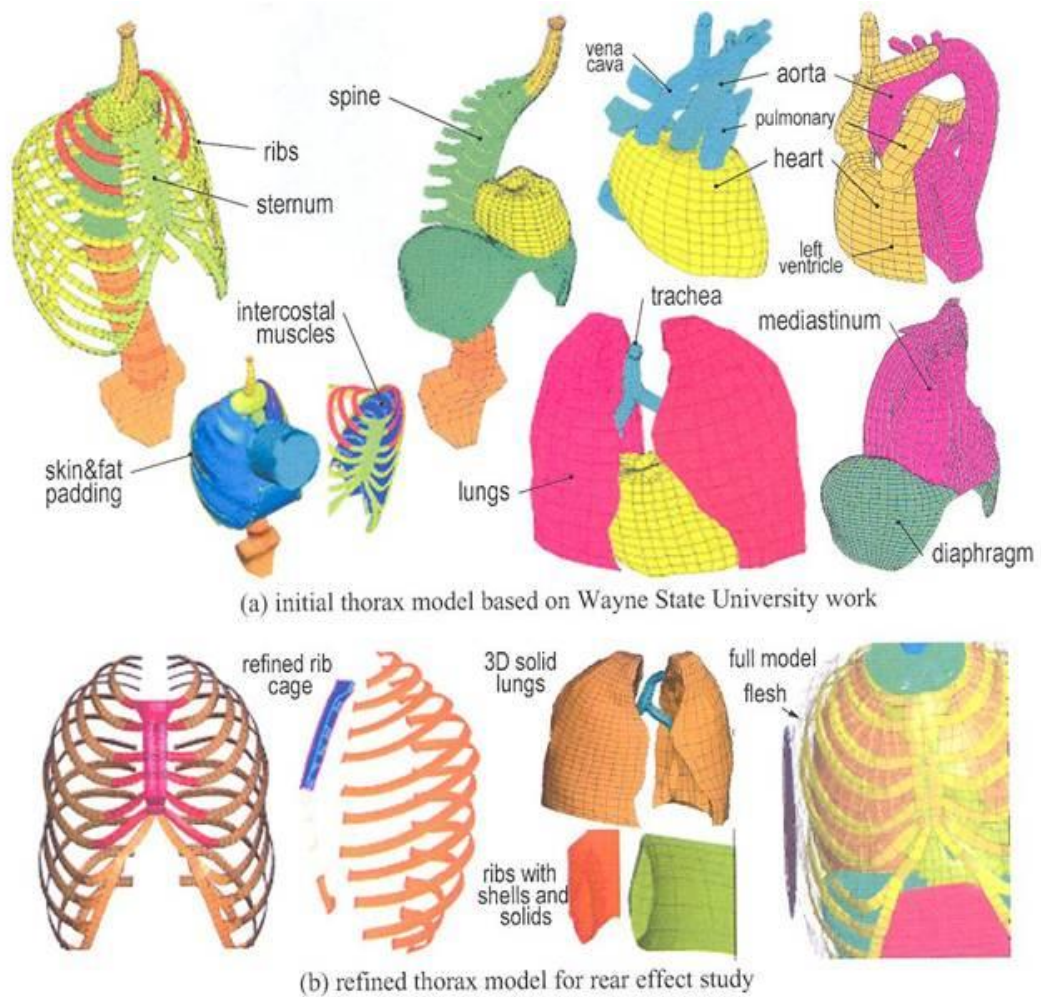
při hodnocení vzniku možných poranění při nárazových zkouškách vozidel. Jedním z dalších možných využití těchto technik se později ukázalo i použití ve vojenské medicíně při modelování účinku působení tlakové vlny při výbuchu [22] či modelování chování těla pilota po katapultaci z kabiny letounu apod. [21]. Použití těchto modelů však vždy bylo, je a pravděpodobně i dlouho bude spojeno se značnými potížemi při celkové vyhodnocení, především z důvodu nesmírné složitosti anatomické stavby lidského těla a prakticky nemožnosti dokonale nahradit tkáň jakoukoliv umělou náhradou. Vždy se tedy se bude



Obr. 4.3-8 – Model hrudníku [21]

jednat jen o opravdu značně zjednodušený model, a tím pádem se i vždy najde spousta odpůrců výsledku z takto připravených testů. Modelování uvedených poranění totiž nespočívá jen ve využití metod a znalostí biomechaniky, ale i řady dalších oborů, jako jsou např. mechanika plynů, fyziologie, patofyziologie, patologie, soudní lékařství, biologie, biochemie aj. Je zde velmi důležitá spolupráce mezi disciplínami matematicko – fyzikálními, lékařskými, technickými. Vždy však zůstane otázka, nakolik je tato modelová situace věrná skutečnému chování lidského těla po vzniku poranění. I přes tato úskalí v posledních několika letech, především vzhledem k probíhající rozsáhlým a početným vojenským akcím, se zejména ve Spojených státech zintenzivnil zájem o výzkum střelných poranění a poranění při výbuchu, a to nejen poranění životně důležitých orgánů jako plic (při barotraumatu), mozku (při střelných poraněních hlavy), ale i např. dolních končetin po výbuchu nášlapných min.

Jako další možnosti do budoucna se jeví i využití matematických modelů lidského těla využívaných např. firmou Toyota THUMS (Total Human Model for Safety) či evropskými automobilkami vyvíjený model HUMOS (Human Model for Safety) či model vyvinutý firmou Ford Motor Company pro testování poranění hrudníku [21]. Jedná se o matematické modely velmi podobné reálným figurínám či jejich částem využívaných v rámci testování bezpečnosti automobilů (obr. 4.3-9).



Obr. 4.3-9 – Matematické modely hrudníku – zdroj [21]

I všechny tyto nejmodernější modely, ať už fyzické či matematické, však stále mají značné rezervy v detailech anatomického uspořádání např. v simulaci chování cévního systému, simulaci tkáňových interakcí v průběhu střelného poranění apod. a pochopitelně už vůbec nemohou nasimulovat takové záležitosti, jako je psychický stav člověka, který je rovněž důležitý pro jeho chování po vzniku poranění. Uvedené metody za použití fyzických modelů se jeví jako výhodné zejména v hodnocení účinku ochrany těla proti vzniku střelných poranění. Problematictější je pak jejich využití při posuzování ranivého účinku v organizmu vzhledem k nutné destrukci použitého náhradního materiálu a tedy prakticky celého modelu za jistě ne malou cenu.

5 CÍL PRÁCE

Téma této práce – sledování výskytu a možné vysvětlení vzniku vzdálených poranění v podobě perikapilárních krvácení v mozku je stále živě diskutováno mezi odborníky zabývajícími se ranivou balistikou. Vzhledem k narůstajícímu počtu ozbrojených konfliktů ve světě přibývá počet lidí se střelným poraněním. Díky neustále se rozvíjející akutní medicíně jsou tito zranění, v dnešní době mladí lidé, častěji udržováni při životě a zachraňováni. Rozvoj závažných klinických následků perivaskulárních krvácení, např. v podobě předčasného rozvoje demence, by se tak mohl stát v budoucnosti společenským problémem, který si již nyní zaslouží velkou pozornost.

Vlastním cílem bylo prostudovat soubor zemřelých v důsledku střelného poranění a pitvaných na Ústavu soudního lékařství LF MU v Brně v letech 1984 – 2007 se zaměřením na průkaz a objasnění výskytu perikapilárního krvácení v mozku při střelném poranění hrudníku. V rámci této práce byla rovněž podrobněji statisticky zpracována některá data týkající se střelných poranění z pitevních protokolů z let 1998 – 2007. V tomto období byl sledován podíl mužů a žen zemřelých v důsledku střelného poranění, věkové rozložení, zastoupení poranění jednotlivých částí těla, typy používaného střeliva a hladina alkoholu v době úmrtí.

Dalším cílem pak byl rozbor možností studia střelných poranění z pohledu soudního lékaře, včetně zhodnocení jednoho provedeného experimentu.

6 STATISTICKÉ ÚDAJE O STŘELNÝCH PORANĚNÍCH Z LET 1998 - 2007

Tato práce není primárně určena k provedení podrobného statistického průzkumu týkajícího se střelných poranění, přesto je důležité uvést některé, myslím si, že zajímavé údaje, které vyplynuly ze zpracovávaných dat při shromažďování potřebného souboru k vlastnímu hodnocení výskytu perivaskulárních krvácení v mozku u střelných poranění hrudníku. Statistické zpracování vychází pouze z údajů obsažených v pitevních protokolech a z údajů a fotodokumentace, které nám k daným případům poskytla Policie ČR (obr. 6-1). V případě soudních pitev jsou údaje prakticky vždy kompletní, i co se týká např. přesného typu zbraně, ráže, použitého střeliva apod. Údaje u zdravotních pitev jsou však v řadě případů z tohoto pohledu neúplné. Při tomto statistickém vyhodnocení jsem se zaměřil na následující statistické ukazatele – počet případů úmrtí z důvodu střelného poranění, pohlaví, věk, místo střelného poranění, typ střely (jednotná x mnohotná) a požití alkoholu v době před smrtí. Z tohoto pohledu byla zpracována data z let 1998 – 2007. Pro vlastní výzkumnou činnost týkající se vzdálených poranění byl použit soubor, přesně podle níže popsanych kritérií výzkumného záměru vybraných, případů střelných poranění hrudníku z období posledních 24 let, tedy z let 1984 – 2007.



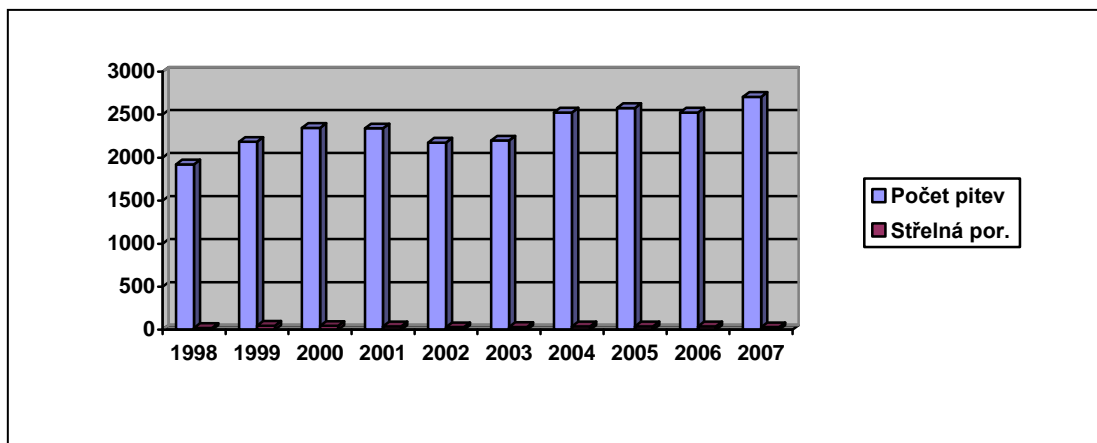
Obr. 6-1 – Ukázka poranění hlavy dlouhou střelnou zbraní

6.1 Základní statistické údaje o střelných poraněních z let 1998 - 2007

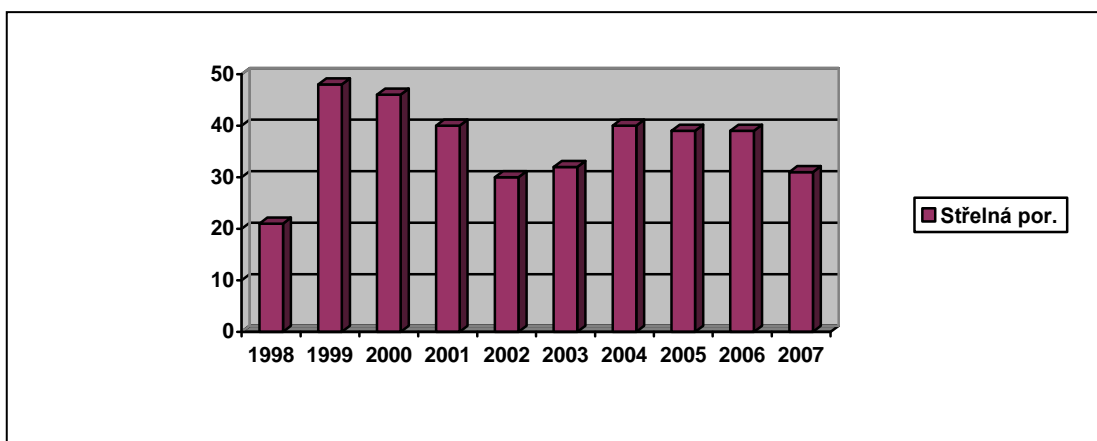
V období 10 let zahrnující rozmezí 1998 – 2007 bylo provedeno na Ústavu soudního lékařství LF MU v Brně celkem 23 502 pitev, z nichž 366 bylo pitev zemřelých v důsledku střelného poranění. Počty pitev a střelných poranění v jednotlivých letech uvádí následující tabulka a grafy (tab. 6.1-1, obr. 6.1-1, 2).

Tab. 6.1-1 Četnosti pitev a úmrtí v důsledku střelného poranění v letech 1998 - 2007

Rok	Celkový počet pitev	Počet úmrtí v důsledku střelného poranění	%
1998	1 923	21	1,1
1999	2 185	48	2,2
2000	2 347	46	1,9
2001	2 340	40	1,7
2002	2 175	30	1,4
2003	2 199	32	1,5
2004	2 524	40	1,6
2005	2 576	39	1,5
2006	2 525	39	1,4
2007	2 708	31	1,1
Celkem	23 502	366	1,6



Obr. 6.1-1 Znáznornění celkového počtu pitev a počtu střelných poranění



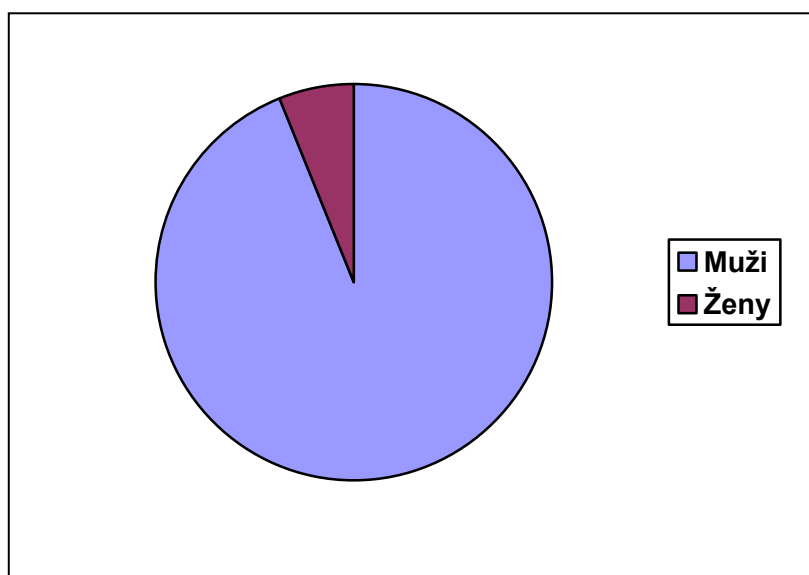
Obr. 6.1-2 Znáznornění počtu střelných poranění v jednotlivých letech

Z uvedeného vyplývá, že počet střelných poranění se v uvedených letech pohyboval mezi 21 a 48 případy za rok. S výjimkou roku 1998 (21 případů) se dá říci, že počet úmrtí v důsledku střelného poranění za uvedených 10 let zůstává na přibližně stejné úrovni s mírným poklesem v letech 2002, 2003 a 2007.

Další statistická sledování se týkala pohlaví, místa střelného poranění (izolovaná část těla – hlava, krk, hrudník, břicho, končetiny nebo více částí najednou), typu střely (jednotná x mnohotná), které byly hodnoceny i vzhledem ke každému sledovanému roku, a dále věku a požití alkoholu v době před smrtí.

Tab. 6.1-2 Četnosti střelných poranění podle pohlaví

Rok	Počet úmrtí v důsledku střelného poranění	Muž	%	Žena	%
1998	21	21	100,0	0	0
1999	48	44	91,7	4	8,3
2000	46	44	95,7	2	4,3
2001	40	34	85,0	6	15,0
2002	30	27	90,0	3	10,0
2003	32	32	100,0	0	0
2004	40	38	95,0	2	5,0
2005	39	38	97,4	1	2,6
2006	39	35	89,7	4	10,3
2007	31	31	100,0	0	0
Celkem	366	344	94,0	22	6,0



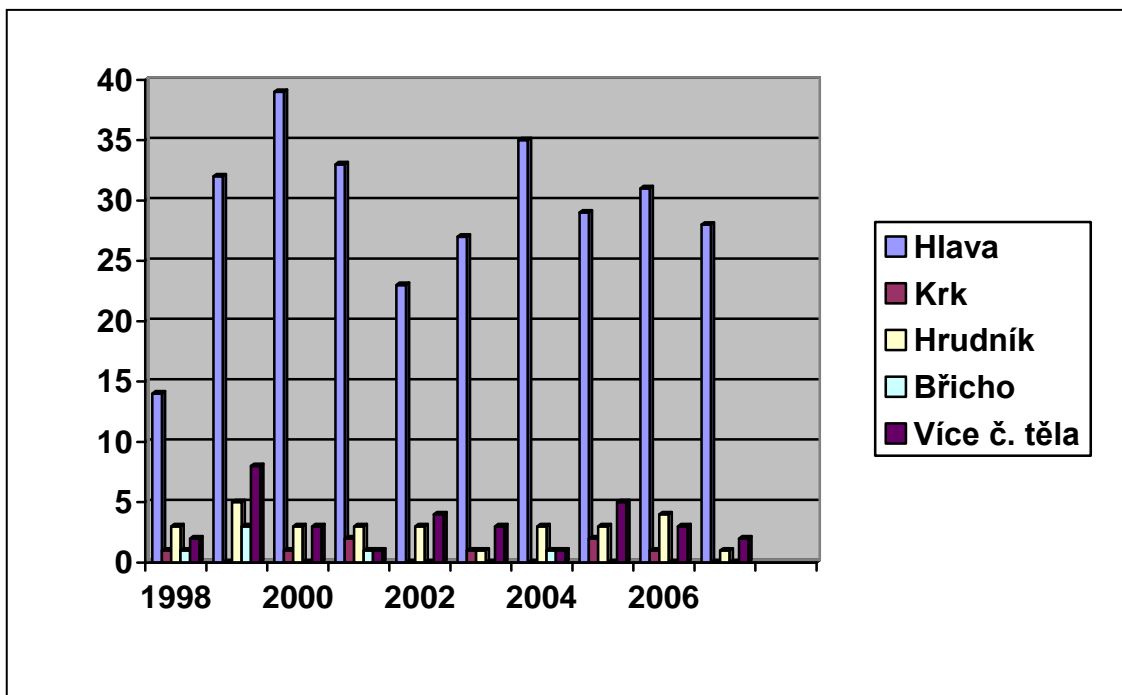
Obr. 6.1-3 Znázornění počtu střelných poranění podle pohlaví

Tab. 6.1-3 Četnosti střelných poranění jednotlivých částí těla

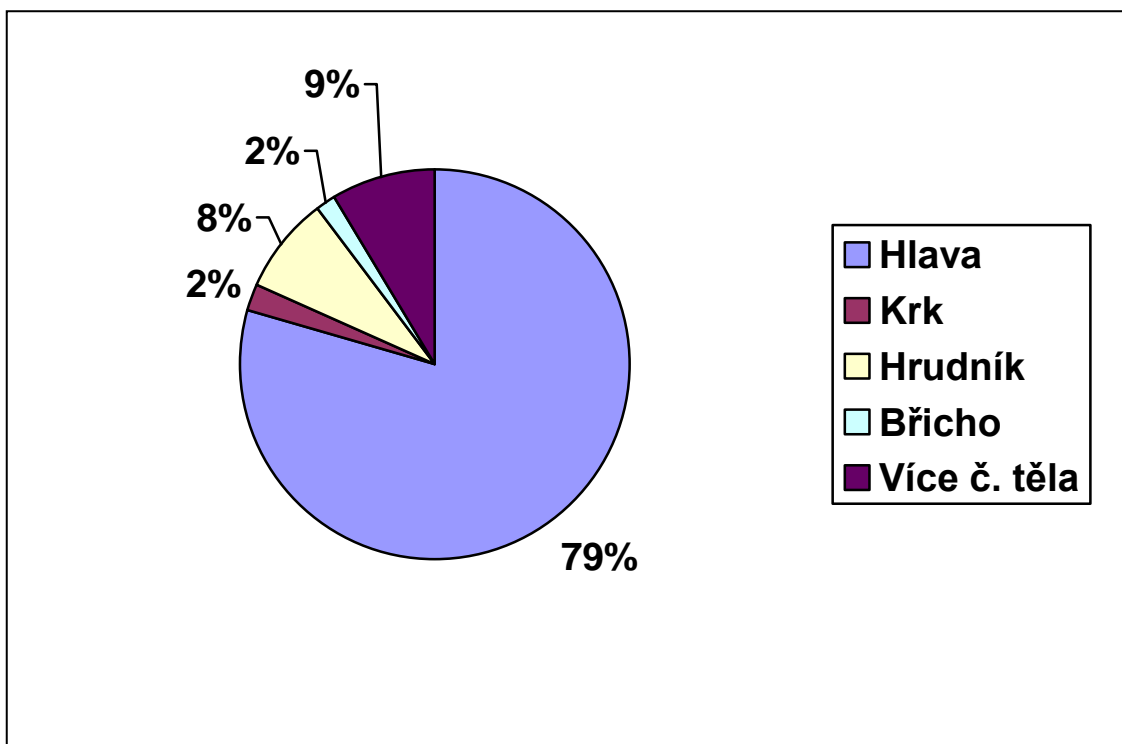
Rok	Střel. por.	Hlava	%	Krk	%	Hrudník	%
1998	21	14	66,7	1	4,8	3	14,3
1999	48	32	66,7	0	0,0	5	10,4
2000	46	39	84,8	1	2,2	3	6,5
2001	40	33	82,5	2	5,0	3	7,5
2002	30	23	76,7	0	0,0	3	10
2003	32	27	84,4	1	3,1	1	3,1
2004	40	35	87,5	0	0,0	3	7,5
2005	39	29	74,4	2	5,1	3	7,7
2006	39	31	79,5	1	2,6	4	10,3
2007	31	28	90,3	0	0	1	3,2
Celkem	366	291	79,5	8	2,2	29	7,9

Tab. 6.1-4 Četnosti střelných poranění jednotlivých částí těla

Rok	Střel. por.	Břicho	%	Končetiny	%	Více částí těla	%
1998	21	1	4,8	0	0,0	2	9,5
1999	48	3	6,3	0	0,0	8	16,7
2000	46	0	0,0	0	0,0	3	6,5
2001	40	1	2,5	0	0,0	1	2,5
2002	30	0	0,0	0	0,0	4	13,3
2003	32	0	0,0	0	0,0	3	9,4
2004	40	1	2,5	0	0,0	1	2,5
2005	39	0	0,0	0	0,0	5	12,8
2006	39	0	0,0	0	0,0	3	7,7
2007	31	0	0,0	0	0,0	2	6,5
Celkem	366	6	1,6	0	0,0	32	8,7



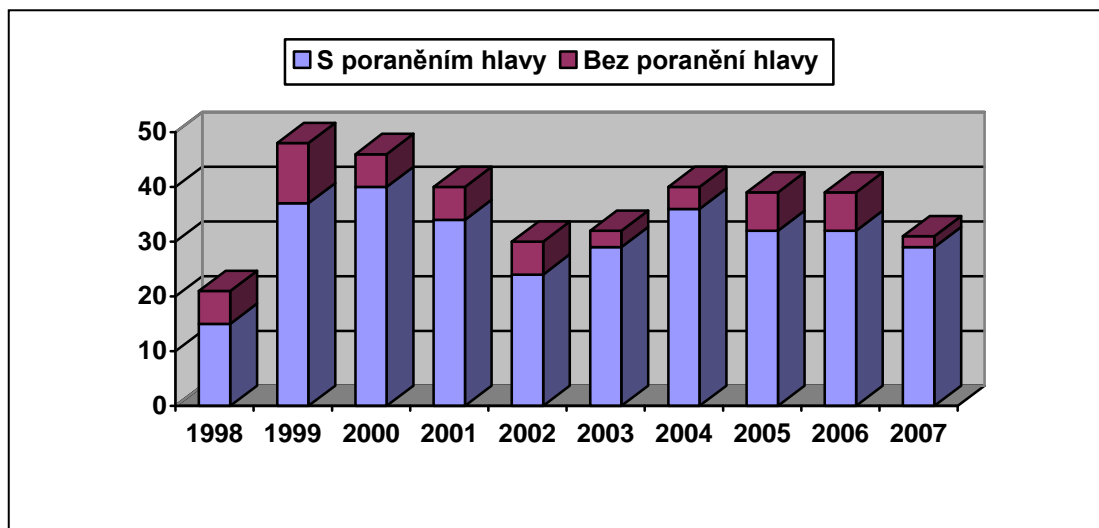
Obr. 6.1-4 Znázornění počtu střelných poranění podle zasažených částí těla



Obr. 6.1-5 Znázornění počtu střelných poranění podle zasažených částí těla

Tab. 6.1-5 Četnosti střelných poranění hlavy

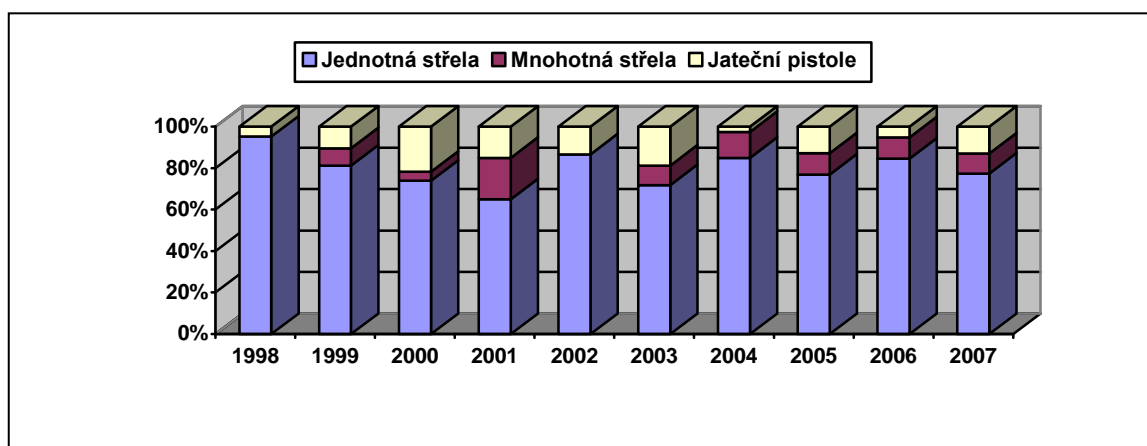
Rok	Střel. por.	Střelné poranění hlavy a případně i dalších částí těla	%
1998	21	15	71,4
1999	48	37	77,1
2000	46	40	86,9
2001	40	34	85,0
2002	30	24	80,0
2003	32	29	90,6
2004	40	36	90,0
2005	39	32	85,1
2006	39	32	85,1
2007	31	29	93,5
Celkem	366	308	84,2



Obr. 6.1-6 Znázornění počtu střelných poranění se zasažením hlavy

Tab. 6.1-6 Četnosti základních typů střel

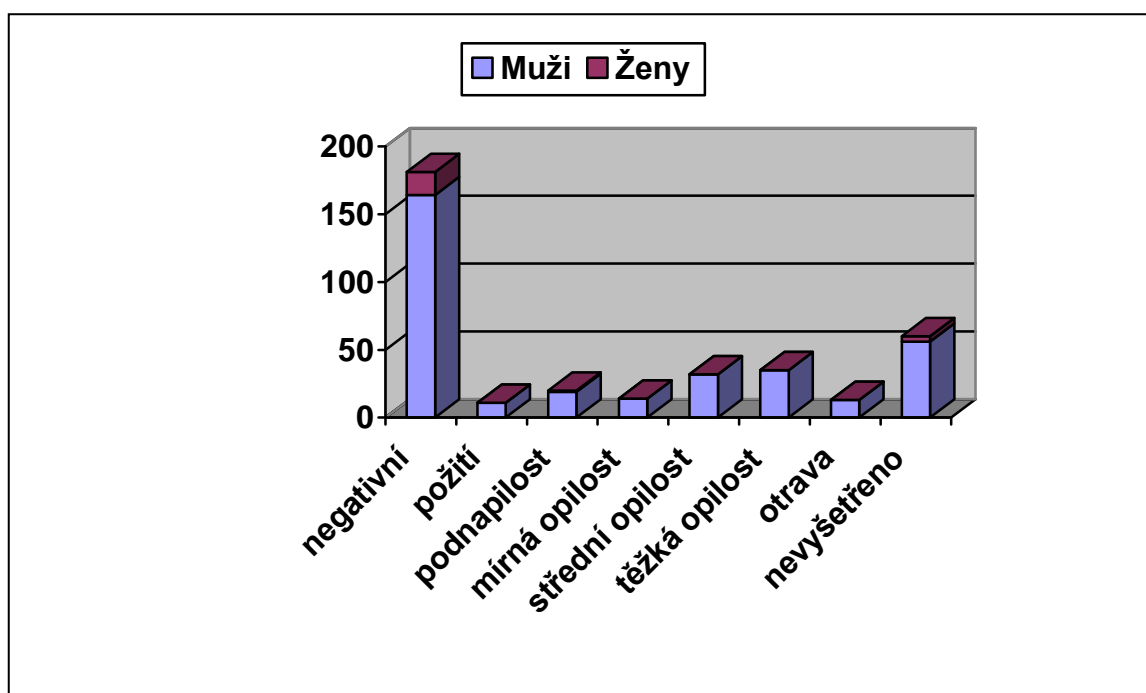
Rok	Počet úmrtí v důsledku střelného poranění	Jednotná střela	%	Mnohotná střela	%	Jateční pistole	%
1998	21	20	95,2	0	0,0	1	4,8
1999	48	39	81,3	4	8,3	5	10,4
2000	46	34	73,9	2	4,3	10	21,7
2001	40	26	65,0	8	20,0	6	15,0
2002	30	26	86,7	0	0,0	4	13,3
2003	32	23	71,9	3	9,4	6	18,8
2004	40	34	85,0	5	12,5	1	2,5
2005	39	30	77,0	4	10,3	5	12,8
2006	39	33	84,6	4	10,3	2	5,1
2007	31	24	77,4	3	9,7	4	12,9
Celkem	366	289	79,0	33	9,0	44	12,0



Obr. 6.1-7 Znázornění procentuálního zastoupení střelných poranění podle typu zbraně a střely

Tab. 6.1-7 Četnosti dle stanovené hladiny alkoholu v krvi

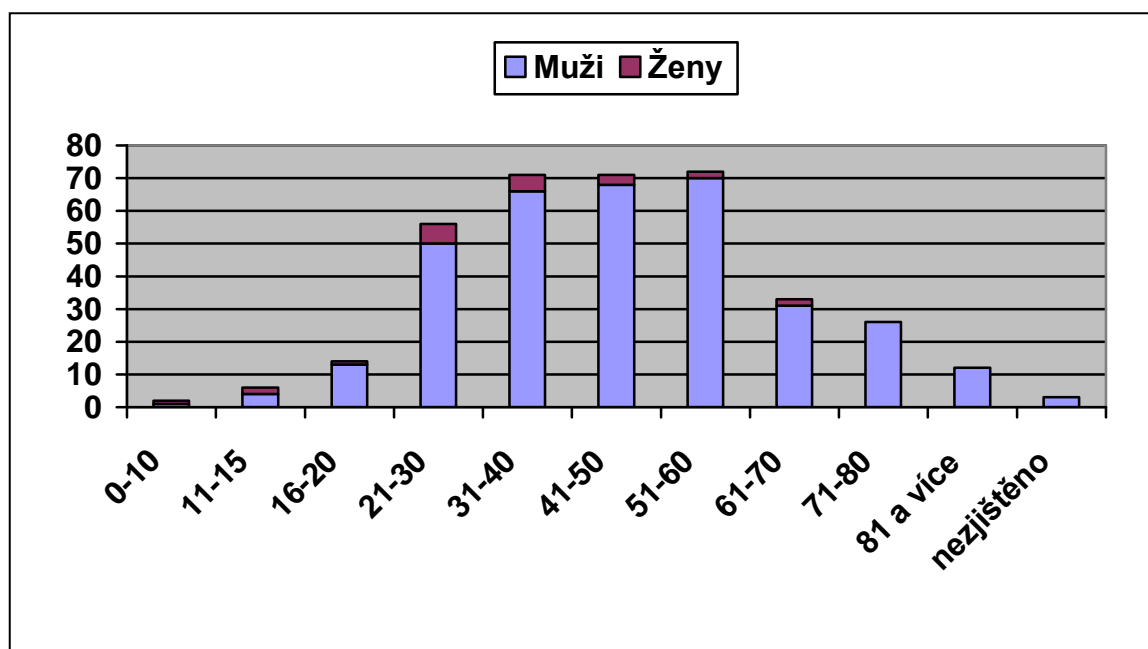
	Muži	%	Ženy	%	Muži + ženy	%
Negativní	164	47,7	17	77,3	181	49,5
Požítí	11	3,2	0	0,0	11	3,0
Podnapilost	19	5,5	1	4,5	20	5,5
Mírná opilost	14	4,1	0	0,0	14	3,8
Střední opilost	32	9,3	0	0,0	32	8,7
Těžká opilost	35	10,2	0	0,0	35	9,6
Otrava	13	3,7	0	0,0	13	3,5
Nevyšetřeno	56	16,3	4	18,2	60	16,4
Celkem	344	100,0	22	100,0	366	100,0



Obr. 6.1-8 Znázornění ovlivnění alkoholem u zemřelých v důsledku střelného poranění

Tab. 6.1-8 Četnosti střelných poranění dle věku

Věk	Muži	%	Ženy	%	Muži + ženy	%
0-10	1	0,3	1	4,5	2	0,5
11-15	4	1,2	2	9,1	6	1,7
16-20	13	3,8	1	4,5	14	3,8
21-30	50	14,5	6	27,4	56	15,3
31-40	66	19,2	5	22,7	71	19,3
41-50	68	19,8	3	13,6	71	19,3
51-60	70	20,3	2	9,1	72	19,7
61-70	31	9,0	2	9,1	33	9,0
71-80	26	7,5	0	0,0	26	7,1
81 a více	12	3,5	0	0,0	12	3,3
Nezjištěno	3	0,9	0	0,0	3	0,8
Celkem	344	100,0	22	100,0	366	100,0



Obr. 6.1-9 Znárodnění věkového rozložení u zemřelých v důsledku střelného poranění

Souhrn výsledků oddílu 6.1

Z celkového počtu 23 502 pitev provedených na Ústavu soudního lékařství LF MU v Brně v letech 1998 – 2007 bylo **366 pitev zemřelých v důsledku střelného poranění** způsobeného palnou zbraní. Největší počet těchto případů byl v roce 1999, kdy byla provedena pitva 48 zemřelých, nejméně jich bylo o rok dříve v roce 1998, kdy jich bylo pouhých 21. V dalších letech se počet pohyboval v rozmezí 31 až 46, mírný pokles byl patrný v letech 2002, 2003 a 2007.

V počtu zemřelých z důvodu střelného poranění absolutně dominují muži (94%) nad ženami (6%), čímž se jen potvrzuje, že střelné zbraně jsou přece jen více doménou mužského pohlaví. Tato skutečnost byla potvrzena i epidemiologickým sledováním poranění v jiných zemích [23, 24].

Z důvodu zaměření výzkumné práce na vzdálená střelná poranění hlavy bylo důležité rozdělit střelná poranění podle jednotlivých zasažených částí těla. Prvním cílem bylo zjistit, jak často se vůbec u zemřelých se střelným poraněním vyskytuje poranění hlavy v podobě přímého zasažení střelou. V tab. 6.1-3, 4 je uvedeno rozdělení jednotlivých zasažených částí těla z celého souboru střelných poranění. Byly vybrány skupiny zemřelých s pouze zasaženou hlavou či pouze krkem, hrudníkem, břichem, končetinami. Poslední skupinu tvořili zemřelí, u nichž bylo zasaženo více uvedených tělních oblastí. Zajímavým výsledkem tohoto statistického zkoumání je zjištění, že hlava, jako jediné zasažené místo těla, byla přímým mechanismem, tedy střelou, poraněna v drtivé většině případů (79,5%). Po připočtení případů zahrnujících poranění hlavy a zároveň i dalších částí těla, se dokonce jednalo o 84% (tab. 6.1-5) ze všech střelných poranění. Až daleko za samostatným poraněním hlavy je samostatné poranění hrudníku (téměř 8%), o něco častější pak bylo poranění více částí těla najednou (8,7%). Samostatná poranění jednotlivých dalších částí (krk, břicho) jsou prakticky zanedbatelná. Nebylo zaznamenáno žádné úmrtí při pouhém poranění horní nebo dokonce dolní končetiny. Toto bychom očekávali nejspíše u střel s velkou energií. S poraněním končetin takovou střelou jsem se však ve své praxi ani ve starých pitevních protokolech neseťkal.

Další zajímavé výsledky pak ukázalo statistické zkoumání typu použité zbraně a střeliva. Pro jednoduchost bylo zvoleno rozdělení na zbraně se střelou jednotnou, mnohotnou a poranění způsobené jatečním přístrojem (tab. 6.1-6, obr. 6.1-7). Zcela převládá (79%) poranění způsobené jednotnou střelou nad hromadnou, brokovou (9%).

Zajímavý je počet smrtelných střelných poranění způsobených jateční pistolí (44 případů, to je 12%), což je více než poranění způsobených brokovnicí. Ve sledovaném období byly dokonce 2 roky, kdy nebylo zaznamenáno žádné smrtelné střelné poranění brokovnicí.

V dalším zkoumání byla hodnocena hladina alkoholu zjištěná z krve odebrané při pitvě (tab. 6.1-7, obr. 6.1-8). V téměř polovině případů byl zjištěn negativní nález alkoholu v krvi. Z dalších skupin hodnocení hladiny alkoholu pak byla výraznější těžká opilost (9,6%) a střední opilost (8,7%). Nevyšetřeno bylo 16,4% případů, jednalo se buď o jedince s delší hospitalizací po vzniku poranění či o tělo ve stadiu pokročilého rozkladu, kdy již nešlo odebrat krev k laboratornímu vyšetření. Jistě zajímavým je i fakt, že v případě žen, byť soubor je tvořen pouhými 22 případy, z nichž vyšetření krve bylo provedeno v 18, byla drtivá většina vyšetření negativní (17 případů) a pouze jeden výsledek bylo možno hodnotit jako podnapilost.

Co se týče věkového rozložení (tab. 6.1-8, obr. 6.1-9), jeví se zajímavým pravidelné rozložení mezi 31 až 60 rokem života, jen o málo méně pak bylo střelných poranění ve 21 – 30 letech. Jen pro zajímavost nejmladší z celé skupiny zemřelých byla dvouletá holčička se střelným poraněním hlavy vzduchovkou, nejstarší pak devadesátiletý muž, který spáchal sebevraždu jateční pistolí.

6.2 Doplnění statistických údajů o případy z let 1984 - 1997

Jak bude podrobněji uvedeno v kapitole týkající se vlastního výzkumu vzdálených střelných poranění, bylo pro zkoumání jako kritérium stanoveno střelné poranění hrudníku jedinou jednotnou střelou bez poranění dalších částí těla. Pro zvětšení souboru těchto přesně specifikovaných střelných poranění jsem k případům z let 1998 – 2007 proto přidal ještě podle výše uvedeného kritéria vybrané případy z let 1984 – 1997 (viz str. 82).

7 PERIKAPILÁRNÍ KRVÁCENÍ V MOZKU

7.1 Anatomie a patofyziologie mozku s důrazem na cévní zásobení

Vzhledem k tomu, že hlavní téma mé práce spočívá ve sledování výskytu perikapilárního krvácení v mozkové tkáni a stanovení jeho možných následků, je třeba si nejdříve připomenout anatomickou stavbu a fyziologické i patofyziologické aspekty cévního zásobení mozku. Úvodem této kapitoly tedy uvádím některá zajímavá fakta z anatomie, fyziologie a patofyziologie mozku.

Ačkoli mozek tvoří jen 2 % celkové váhy lidského těla, požaduje 15 % srdečního výdeje (cca 750 ml krve/min), spotřebuje 20 % veškerého kyslíku dodaného organismu, a protože sám mozek nemá žádné rezervní možnosti, spotřebuje např. celkovou produkci glukózy vytvořenou játry v době hladovění. Průtok krve mozkovou tkání (CBF) dosahuje v průměru 50 ml/100 g tkáně/min. Klinické příznaky se objevují při poklesu průtoku pod 30 ml krve/100 g tkáně/min. Při poklesu průtoku pod 18 ml/100 g tkáně/min mizí EEG aktivita, při dalším poklesu pod 15 ml/100 g tkáně/min dochází k supresi somatosenzorických evokovaných potenciálů. Za tohoto stavu nervové struktury ještě přežívají, ale nejsou již schopny funkce (tzv. „electrical failure“ – elektrické ticho). Pokud průtok klesá pod 10-12 ml/100 g tkáně/min, dochází již k významným změnám koncentrací extracelulárních iontů a rychlé depleci ATP vzhledem k nedostatečné dodávce kyslíku a glukózy. Spotřeba kyslíku dosahuje 3,0-3,5 ml O₂/100 g mozkové tkáně/min – celkem asi 50 ml kyslíku/min pro celý mozek, což činí cca 20 % veškeré tělesné spotřeby kyslíku. Nejcitlivější nervové buňky (což je oblast hippocampu CA1) jsou bez kyslíku schopny přežít pouze 3-5 min. Po této velmi krátké době již lze v těchto buňkách najít morfologické změny [25].

Deplece ATP vede k zastavení aktivních transportních mechanismů, především Na⁺/K⁺ ATPázy – sodíkové pumpy, která je základním mechanismem iontového a napěťového gradientu na membráně nervové buňky. Draslík uniká z buňky, naopak dochází k průniku sodíku intracelulárně, což má za následek depolarizaci membrány. Rovněž se intracelulárně hromadí laktát díky nedokonalé anaerobní utilizaci glukózy. Dochází ke zhroucení vnitřního prostředí buňky (označované jako tzv. „ionic failure“) [25].

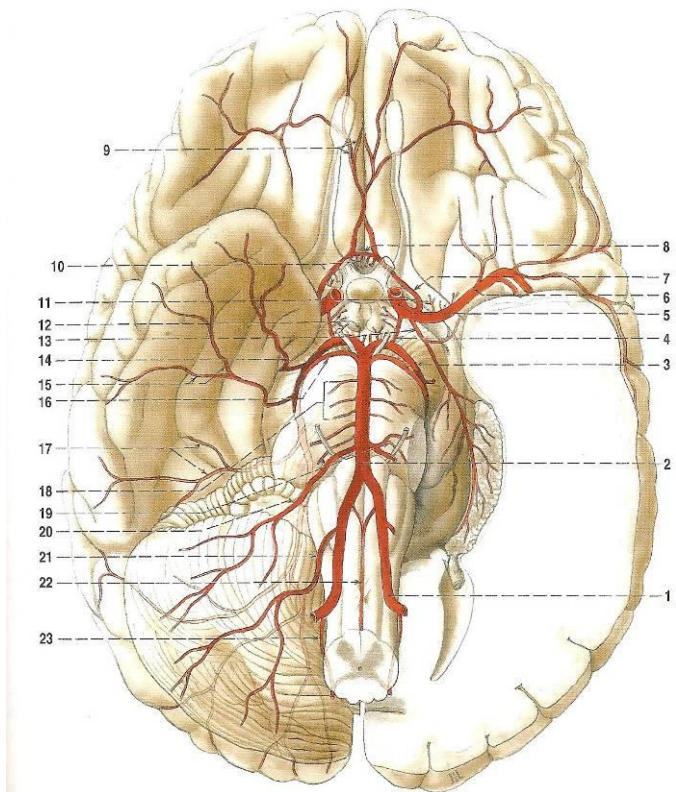
Při poklesu průtoku mozkovou tkání pod 10 ml/100 g tkáně/min dochází postupně ke kaskádě dějů, které ústí v degradaci neuronu. Je to dáno především nedostatkem energie (tzv. „energy failure“) vedoucí k acidóze, porušené permeabilitě pro Ca^{2+} a Na^+ a vzestupu volného intracelulárního vápníku.

Jak již bylo výše uvedeno, mozkové buňky při přerušení dodávky kyslíku, ať už z jakéhokoli důvodu, bez následků přežívají jen velmi krátkou dobu v řádu několika málo minut. Na druhou stranu však situace není pro mozek tak úplně „beznadějná“, jak by se mohlo na první pohled zdát. Tak pro zachování organismu důležitá struktura, jakou mozková tkáň bez pochyb je, nezůstává bez patřičného jistění pro případy výpadku cévního zásobení z jednoho zdroje. Již z pouhého pohledu na anatomické uspořádání cévního zásobení je patrné, že

organismus má právě pro mozek vytvořen poměrně dokonalý cévní systém s výkonnými kolaterálami. Jedná se v podstatě o čtyřnásobné jistění zabezpečení přítoku krve do mozkové tkáně. Čtyři hlavní tepny se na bázi spojují ve Willisův okruh (circulus arteriosus cerebri), který dokáže za určitých podmínek distribuovat krev do celého mozku i v případě, že ze čtyř tepen je průchodná pouze jedna (obr. 7.1-1).

Hlavními zdroji cév pro mozek jsou tedy pravá a levá a. vertebralis spojující se v a. basilaris a pravá a levá a. carotis interna. Z circulus arteriosus cerebri vystupují trojí tepny – korové tepny, aa. centrales a aa. choriodeae.

Korové tepny, tedy větvení a. cerebri anterior, media et posterior v pia mater se dělí ve



Obr. 193. TEPNÝ NA BÁZI MOZKOVÉ S CIRCULUS ARTERIOSUS CEREBRI (WILLIS); poloschéma; v řezu hemisférou; nejsou zakresleny struktury

1 a. vertebralis	11 aa. centrales anterolaterales
2 a. basilaris	12 aa. centrales posteromediales
3 a. cerebri posterior	13 a. choriodea anterior
4 a. communicans posterior	14 rr. temporales anteriores (arteriae cerebri posterioris)
5 a. carotis interna	15 rr. temporales intermedii (arteriae cerebri posterioris)
6 a. cerebri media	16 a. cerebelli superior
7 a. cerebri anterior	17 rr. temporales posteriores (arteriae cerebri posterioris)
8 a. communicans anterior	18 aa. pontis
9 větvení a. cerebri anterior	19 a. labyrinthi (a. meatus acustici interni)
10 aa. centrales anteromediales	20 a. cerebelli inferior anterior
	21 a. cerebelli inferior posterior
	22 a. spinalis anterior
	23 a. spinalis posterior

Obr. 7.1-1 Tepny na bázi mozkové [25]

dva typy větví – krátké (korové) větve zásobující kůru a dlouhé medulární větve zásobující část bílé hmoty. AA. centrales (aa. basales) jsou skupiny menších tepen k bazi mozkové a z ní do hlubších struktur mesencefala, diencefala i telencefala. Aa. choriodeae zásobují plexus chorioidei III. komory a postranních komor mozkových a přiléhající úseky bazálních ganglií. Tepenné zásobení mozkového kmene přichází pro oblongatu a pons převážně z a. vertebralis a a. basilaris, pro mesencephalon také cestou aa. centrales. Tepenné zásobení mozečku přichází třemi páry mozečkových tepen z aa. vertebrales a z a. basilaris. Tepenné zásobení diencefala a bazálních ganglií přichází z Willisova okruhu cestou aa. centrales. Mozkový kmen (oblongata, pons a dolní partie mezencefala) je zásobován ponejvíce z a. basilaris, která vzniká spojením obou vertebrálních tepen. Tento systém je dále podpořen kolaterálami mezi extra- a intrakraniálním řečištěm (a. ophthalmica, svalové větve a. vertebralis apod.). Na druhé straně jednotlivá intrakraniální teritoria jsou spojena pouze insuficientními piálními anastomózami. Hluboké struktury a mozkový kmen jsou pak zásobovány perforujícími tepnami, které jsou konečné a žádný kolaterální oběh nemají [26].

Využitelnost kolaterálního oběhu je dána individuálně jak jeho anatomickou stavbou, tak rychlostí vzniku požadavků na jeho potřebu. Tak je možno rozdělit kolaterály na fyziologické, kam patří leptomeningeální spojky, přední a zadní komunikační a a. ophthalmica, a patologické, vznikající při závažnější a především chronické ischemii. Sem řadíme transdurální transcerebrální kolaterály, cervikální svalové a bazální kolaterály [25].

Kolaterální systém je tvořen nejen spojením velkých arteriálních kmenů na bázi mozku a různými extra- intrakraniálními spojkami, ale i sítí povrchových, navzájem spojených korových tepen. Jedná se o nízkoodporové řečiště povrchových vzájemně propojených tepen a z těchto tepen kolmo odstupují penetrující vyživující arterioly. Z penetrujících tepen odstupují kapiláry pro mozkovou kůru, zároveň arterioly pokračují do hloubky mozku, kde zásobují kapilární systém bílé mozkové hmoty. Předpokládá se, že existuje prekapilární sfinkter, který lokálně ovlivňuje průtok danou oblastí mozku [24]. Znalost existence různých četných kolaterál je nutná k uvědomění si, že šířící se tlaková vlna v cévě po střelném poranění poškozuje kapiláry nejen v oblasti vlastního zásobení dané cévy, ale cestou kolaterál se může dostávat rychle a bez většího odporu i do dalších částí mozku.

Organismus má vybudovány nejrůznější autoregulační mechanismy mozkového průtoku, čímž se rozumí schopnost vyrovnávat kolísající hodnoty systémového arteriálního krevního tlaku. U zdravého jedince zůstává CBF stabilní při hodnotách systémového krevního tlaku mezi 60-160 mm Hg. Pokud se systémový tlak vychýlí z tohoto rámce, mozková cirkulace kopíruje další změny systémového tlaku a adekvátně tomu CBF klesá či stoupá [25].

Na autoregulaci CBF se podílí celá řada mechanismů, jako např. Bayllisův efekt (schopnost kontrakce hladkých svalových vláken ve stěně artérií a penetrujících arteriol jako odpověď na vzestup intraluminálního tlaku, a tím udržení konstantního průtoku), lokální vazodilatace a tím zvýšení lokálního CBF v důsledku poklesu pH, dále se předpokládá vliv řady vazoaktivních látek (VIP, EDRF, edotelin, noradrenalin, neuropeptid Y, serotonin, tromboxan A₂, acetylcholin, cholecystokinin, prostacyklin, adenosin aj.). CBF je dále ovlivňován perfúzním tlakem PaO₂ a PaCO₂. Celý proces autoregulace CBF je nutno chápat jako komplex a multifaktoriální fenomén, u něhož dosud není mnoho působků, procesů a jejich sekvencí spolehlivě objasněno [25]. Pochopitelně, že možnost regulace tlaku v cévách při rychlém šíření tlakové vlny je velmi omezená.

Krev při své cestě organismem z aorty do vena cava postupuje různými oddíly, přičemž se tyto jednotlivé části řečiště liší svým objemem, rychlostí průtoku krve a odporem příslušné části řečiště. Artérie a arterioly se díky svému odporu proti krevnímu proudu nazývají cévami rezistentními. Krevní proud postupně klesá tím, jak se řečiště větví a zvyšuje se jeho celkový průřez. Kapiláry se na celkovém objemu cévního řečiště podílejí pouhými 5%, na cévní rezistenci se podílejí asi jednou pětinou. Jsou výkonnou složkou řečiště, zde probíhá látková výměna a výměna dýchacích plynů. Aby krev kapilárou protékala, je zapotřebí, aby perfúzní tlak (rozdíl mezi středním intraluminálním tlakem na arteriálním konci a středním intraluminálním tlakem na venózním konci cévy) přesahoval hodnotu tzv. kritického uzavíracího tlaku kapiláry, jinak by kapilára zkolabovala. Znamená to, že tlak přitékající krve musí přesahovat jednak intersticiální tlak a zároveň musí překonat deformační rezistenci erytrocytů (průměr kapiláry je menší než průměr erytrocytu). Krevní tlak klesá za fyziologických podmínek ze 4,26 kPa na arteriálním konci kapiláry na 2,0 kPa na jejím venózním konci. Zároveň díky největšímu celkovému průřezu se zpomaluje krevní proud na asi 0,07 cm/s. Největší objem krve zaujímají vény, proto jsou nazývány též kapacitními cévami, z hlediska periferní

rezistence kladou krevnímu proudu nejmenší odpor. Tlak ve vena cava se blíží 0 kPa a i za fyziologických podmínek dosahuje záporných hodnot. Rychlost krevního proudu se naopak zvyšuje vzhledem k celkovému menšímu průřezu venózního řečiště [25].

Žíly mozku lze rozdělit na odtokové žíly mozkového kmene a odtokové žíly mozkových hemisfér, které se dělí na povrchové a hluboké [26].

7.2 Histologické uspořádání perivaskulárních prostor v mozku

Další důležitou skutečností pro objasnění vzniku perivaskulárního krvácení v mozku je pochopení sice již dlouho známé, avšak i v literatuře ne příliš často dostatečně detailně popisované anatomické či spíše histologické stavby vlastního **perivaskulárního prostoru** označovaného rovněž jako **Virchow-Robinův prostor**.

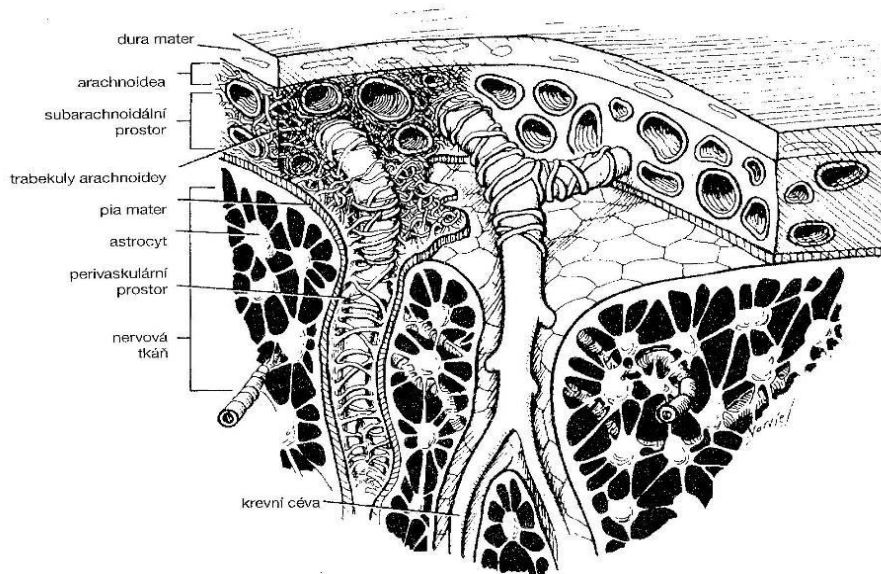
Krevní cévy pronikají do centrálního nervového systému tunely vystlanými pia mater tvořenou řídkým vazivem. Přestože se pia mater nachází v těsné blízkosti nervové tkáně, nikdy není s nervovými buňkami ani vlákny v bezprostředním kontaktu. Mezi pia mater a nervovými elementy je vždy vytvořena tenká vrstvička neurogliálních výběžků, které pevně lnou k měkké pleni. Pia mater tedy sleduje veškeré nerovnosti povrchu centrálního nervového systému a proniká na jistou vzdálenost podél krevních cév, kryta plochými buňkami mezenchymového původu. Pia mater vymizí až v místech přechodu krevního řečiště v kapiláry. Tyto kapiláry jsou pak dále obaleny pouze výběžky neurogliových buněk (obr. 7.2-1). Perivaskulární prostory obklopující drobné arterioly, venuly a kapiláry jsou tak méně zřetelné než u velkých cév. **Kapiláry (vlásečnice)** se skládají z jediné vrstvy endotelových buněk mezenchymálního původu stočených do trubice uzavírající cylindrický prostor. Kapiláry mají v průměru velmi malý průsvit, který se pohybuje od 7 do 9 mikrometrů. Jejich délka se obvykle pohybuje od 0,25 až 1 mm. Zevní povrch endotelových buněk zpravidla spočívá na bazální lamině. Endotelové buňky jsou obvykle polygonální a při pohledu na plochu 10 x 30 mikrometru velké. Endotelie jsou mezi sebou spojeny prostřednictvím zonulae occludens a příležitostnými dezmosomy, vyskytují se však i nexy. Na nejrůznějších místech jsou podél kapilár a malých venul rozmístěny pericyty, mezenchymové buňky s dlouhými výběžky částečně obemykající endotelie. Pericyty suplují do jisté míry v kapilárách tunica media [27].

Obecně se kapiláry dělí do čtyř skupin v závislosti na struktuře endotelových buněk a na přítomnosti či chybění bazální laminy. V nervové tkáni se z těchto 4 typů

vyskytují tzv. souvislé či somatické kapiláry, které jsou charakterizovány nepřítomností fenestrací v endotelu. Kapiláry v nervové soustavě jsou dále charakteristické velmi řídkce rozmístněnými či dokonce žádnými pinocytárními váčky na povrchu kapilár (ty jsou naopak četné např. u svalových kapilár) [27].

Existuje účinná funkční zábrana, která zamezuje vstupu určitých látek z krve do nervové tkáně, zvaná **hematoencefalická bariéra**. Její podstatou je snížená propustnost kapilár v nervové tkáni. Zonulae occludentes, jimiž jsou endotelové buňky spojeny, představují nejdůležitější strukturální složku bariéry. V cytoplasmě endotelií nejsou na rozdíl od řady jiných oblastí, vytvořeny fenestrace a velmi řídké jsou i pinocytární váčky. Pravděpodobně ke snížení propustnosti přispívají i výběžky neurogliových buněk, které kapiláry obalují [27].

Pokud tedy shrneme předcházející poznatky s ohledem ke vzniku perivaskulárního krvácení, můžeme konstatovat, že perivaskulární prostory v mozkové tkáni jsou ohraničeny jen bazální membránou kapilární stěny na jedné straně a laminou limitans glie na straně druhé. Průniku krve do tohoto prostoru tedy mnoho nebrání.



Obr. 7.2-1 Krevní céva vycházející ze subarachnoidálního prostoru proniká do nervové tkáně a je z části obalena pia mater [27]

7.3 Teorie vzniku perikapilárních krvácení v mozku

Krvácení do mozkové tkáně ze širšího úhlu pohledu vzato může mít velmi různý rozsah, vzhled, původ a pochopitelně i klinický průběh. Z patologicko-anatomického hlediska vzhledem k uvedeným rozlišnostem jsou pak mozková krvácení obvykle dělena na drobná kapilární krvácení (označovaná někdy jako petechiální krvácení), dále na větší ovšem mozkovou tkáň nedestruující krvácení venózní a nakonec na rozsáhlé krevní výrony arteriálního původu často masivně tříšící mozkovou tkáň [28]. Z výše jmenovaných typů krvácení jsem tuto svou práci primárně zaměřil na zjištění přítomnosti a vytvoření teorie vzniku drobných kapilárních krvácení do mozkové tkáně vznikající traumatickým způsobem při střelném poranění, a to zejména jako následek od mozku vzdáleného střelného poranění hrudníku.

Nelze se však alespoň stručně nezmínit o obdobných krváceních vznikajících v důsledku nejrozličnějších patologických procesů. Při těchto procesech se jedná o krvácení vznikající způsobem per diapedesim, tedy průnikem krve přes stěnu kapiláry. Příčiny zvýšené propustnosti kapilár mozku jsou poměrně četné. V literatuře se obvykle uvádí příčiny způsobené hypoxií při drobných emboliích či trombózách, při poruchách krevní srážlivosti, při hemoblastózách, při hemorrhagických diatézách, při infekčním poškození endotelové výstelky např. při chřipce nebo při sepsi. Jsou však uváděny i krvácení při působení vnější příčiny, např. při toxickém poškození výstelky kapilár po otravě houbami, dále při různých typech dušení a pochopitelně i při náhlé hyperémii u zhmoždění mozkové tkáně [14, 28]. Většinou nacházíme petechiálních, tečkovitých krevních výronků v mozku více, a to buď v určitém lokalizovaném místě v omezeném rozsahu, nebo je celý mozek poset petechiemi. Tento difúzní proces je pak označován jako purpura cerebri [28].

Jak jsem již uvedl v předcházejícím odstavci, jednou z možností vzniku drobného perivaskulárního či perikapilárního krvácení je jeho vznik následkem přímého poškození mozku v podobě jeho zhmoždění, tedy i v podobě zhmoždění v důsledku střelného poranění. Přítomnost krvácení do perivaskulárního prostoru v místě temporárního střelného kanálu, tedy v přímo v místě zhmoždění, či v bezprostředním sousedství střelného kanálu, je zcela bezproblémově vysvětlitelná přímým poškozením těchto drobných cév či průnikem krve ze sousední zhmožděné oblasti. Ve větší vzdálenosti od předpokládaného střelného kanálu však již musíme vysvětlit jeho vznik poškozením drobné cévy tlakovou vlnou šířící se jednak samotnou mozkovou tkání navíc

v uzavřeném prostoru dutiny lební, ale i tlakovou vlnou šířící se samotnými krevními cévami v celém mozku.

Cílem této práce je však zjistit, zda by výše uvedeným mechanismem šíření tlakové vlny cévním systémem mohla vzniknout krvácení i při poranění od mozku vzdálenějších částí těla, např. při střelném poranění trupu. Jedná se o problematiku, která dosud není spolehlivě objasněna. V některých pracích je dokonce stále popírána možnost vzniku jakéhokoliv vzdáleného poranění a zejména to, že by se na vzniku případných vzdálených poranění nějakým způsobem podílela tlaková vlna, respektive hydrodynamický efekt. Jedním z těchto autorů je např. Dr. Martin Fackler, který v roce 1991 publikoval článek „The Shockwave Myth“ [29]. Na druhé straně však existuje řada prací, které plně uznávají možnost vzniku vzdáleného poranění a jako jednu z nejpravděpodobnějších teorií uvádějí právě účinek rázové vlny na organismus [29]. První takové práce se začaly objevovat v 70. letech 20. století, kdy jedním z prvních autorů tento jev popisující byl pravděpodobně Frank Chamberlin, válečný chirurg z 2. světové války a rovněž člověk zabývající se balistikou [29].

Při dopadu střely na povrch těla a dále při průniku střely tkáněmi dochází k náhlým velmi prudkým změnám tlaku v organismu. Energie rázové vlny (tzv. shock wave) se šíří do okolních tkání a samozřejmě se přenáší i na cévní systém. V cévách tím dochází k velmi prudkému a výraznému nárůstu tlaku. Po překročení maxima nastává stejně rychlý pokles, a to dokonce až pod normální hodnoty. Po několika stále více se ztlumujících oscilacích tyto výkyvy vymizí [3, 5]. Celková doba trvání popisovaného děje nepřekročí několik desetin sekundy. **Teorie uplatňovaná v této práci předpokládá, že pokud tlaková vlna dojde cévním systémem do míst, kde prudký a masivní nárůst tlaku překročí pevnost cévní stěny, dojde k jejímu prasknutí a následnému vylití obsahu krve do perivaskulárního prostoru.**

Ve většině odborných publikací je vliv rázové vlny na kardiovaskulární systém i další systémy, zejména nervový, hodnocen především v experimentálních modelech [21, 22]. Jedním z nich byl i experiment s modelem části dolní končetiny z náhradních balistických materiálů uskutečněný na tehdejší Vojenské akademii Brno, jehož výsledky byly publikovány v roce 1999 [30]. Cílem bylo stanovení změn tlaku v umělé cévě umístěné v želatině. Jednalo se o úvodní pokusy a průkaz možnosti kvantifikovat odezvu cévy na šíření rázové vlny.

Většina autorů předpokládá rozhodný vliv vzniklé tlakové vlny na možnost vzniku vzdáleného poranění především u střel s vysokou rychlostí (obvykle uváděn údaj o dopadové rychlosti 700 m/s) [5]. V současné době není zcela objasněn vznik vzdálených poranění nervové soustavy, zda jde o poškození vznikající jako důsledek přímého působení tlakové vlny na nervovou soustavu či dojde k poškození mozku v důsledku přenosu tlakové vlny na kapiláry mozku a jejich poškození pak způsobí změny mozkové nebo se kombinují oba jevy. Byly publikovány práce, které dokazují poškození mozku při střelném poranění končetin vysokorychlostními střelami. Jedná se však o změny zachytitelné pouze při elektronové mikroskopii v podobě prořídnutí mikrotubulů v dlouhých axonech v mozkovém kmeni, změny v Nisslově substanci v Purkyňových buňkách mozečku a nález lamelárních tělísek v mitochondriích apod. [31].

Někdy jsou účinky rázové vlny vznikající při střelných poraněních přirovnávány k účinku tlakové vlny vznikající při výbuchu.

Další zajímavé výsledky byly zjištěny experimenty na zvířatech. Např. Goransson se svými kolegy v roce 1988 publikoval nálezy změn na EEG u prasat střelených do nohy. Rovněž tak další experimenty s prasaty, jimž byly do mozku implantovány tlakové snímače, které prokázaly průnik tlakové vlny z končetiny do mozku. Pokusy s obdobnými výsledky byly rovněž prováděny i na psech. Zde bylo i dále upřesněno, že k nejnápadnějším změnám dochází v oblasti hypotalamu a hypocampu [29].

Není jistě záměrem této práce opomíjet roli jiných mechanismů na následcích střelných poranění, např. difúzního poškození axonů při tak drastickém mechanickém traumatu mozku, kterým střelné poranění bezpochyby je. Nicméně v praxi by bylo vhodné se zamýšlet nad možností, že i změny v perivaskulárních prostorech mozku mohou být jedním z činitelů, které se na komplikacích a pozdních následcích spolupodílejí.

7.4 Metodika výzkumu perivaskulárních krvácení v mozku

Obecná problematika možných výzkumných metod u střelných poranění byla probrána v kapitole 4 Metody studia střelných poranění. Nyní se tedy zaměřím pouze na metody použitelné při zkoumání perivaskulárních krvácení v mozku, které jsou v možnostech soudního lékaře.

V podstatě je možno tyto metody rozdělit do dvou skupin:

- Experimentální modely měření intracévního tlaku u střelných poranění
- Hodnocení výskytu perivaskulárních krvácení v histologických preparátech

7.4.1 Experimentální modely měření intracévního tlaku u střelných poranění

Jednou z možných metod, i když vzhledem ke složitosti provedení stále nepřilíš dokonalou, je potvrzení předpokladu o vlivu působení rázové vlny na vznik perikapilárního krvácení vytvořením experimentálního modelu lidského těla z náhradních materiálů a následné přímé měření tlaku v umělé cévě při střelném poranění. Jeden z první pokusů starý přibližně 10 let týkající se této problematiky jsem již popsal v kapitole experimentálních metod. Jednalo se o sestavení, dá se říci velmi primitivního, modelu části dolní končetiny [30].

Vzhledem k nemožnosti experimentů na živých tvorech je toto zcela bez pochyb jediná možnost, jak alespoň orientačně dokázat působení tlakové vlny na krevní tlak v cévě a následné šíření této tlakové vlny cévním systémem. V podstatě jiným způsobem nejsme schopni zachytit dynamiku tohoto děje. I pozorováním histologických preparátů pouze prokazujeme následek a vytváříme teorii, jak tato krvácení mohla vzniknout. A jedině model s měřením změn tlaku v reálném čase nám může vzniklou situaci vyjasnit. Zcela nezbytné je neustále zdokonalovat modely lidského těla a pokoušet se simulací přizpůsobit co nejvíce reálným podmínkám. Jedná se např. o zařazení umělých náhrad kostí do modelu nebo kvalitnější náhrady cév. Jedním z prvních experimentů s umělými náhradami z kostí, na kterém se aktivně podílím, bude hodnocení změn tlaků přímo v dutině lební (koule z umělého materiálu simulujícího kost vyplněná želatinou) při různých typech střelného poranění od ostřelu zasahující pouze tečně kost až po průstřel.

Experimenty tohoto charakteru však můžou sloužit pouze k nepřilíš častým testovacím střelbám, protože část či dokonce celý model je po střelné ráně nenávratně zničen. S přibývajícím složitostí takovýchto modelů či simulátorů roste pochopitelně jejich cena a využití k rutinnímu testování účinku velkého množství střeliva je prakticky nemožné.

7.4.2 Hodnocení výskytu perivaskulárních krvácení v histologických preparátech – metodika vlastního výzkumu

Přímé ranivé účinky střely na živou tkáň jsou dostatečně známé již několik staletí. Výskyt změn v těle vzdálených od primárního střelného poranění je však v literatuře zmiňován v mnohem v menším měřítku (např. Sperry v roce 1993 publikoval práci zabývající se výskytem spojivkových krvácení při střelné ráně hrudníku [32] nebo Knudsen v roce 2003 popsal nálezy perivaskulárních krvácení v mozku u velryb lovených za pomoci harpunových děl vystřelující granáty s výbušnou směsí [33]), ale v některých případech je dokonce jejich vznik popírán [29]. Cílem této práce je tedy ověření možnosti výskytu jednoho z typů vzdáleného poranění, konkrétně perivaskulárního respektive perikapilárního krvácení v mozku, při střelném poranění mimo oblast hlavy. Jako v podstatě jedinou dostupnou metodu jsem zvolil sledování výskytu těchto jevů v histologických preparátech archivovaných v našem ústavu a rovněž využití odběrů mozkové tkáně pro diagnostické účely u každého nového případu úmrtí v důsledku střelného poranění.

Práci jsem započal v roce 2003, kdy mým cílem bylo zpracovat období let 1984 – 2003, tedy v té době posledních 20 let [34, 35]. Zároveň jsem v této práci nadále pokračoval i aktivním sbíráním materiálu u aktuálně řešených případů. Tím pádem zahrnuje tato práce nakonec poměrně velký časový úsek 24 let od roku 1984 do roku 2007. Za tuto dobu bylo na Ústavu soudního lékařství LF MU v Brně provedeno celkem 45 874 pitev. Podrobnějším způsobem byla střelná poranění zmapována pouze za roky 1998 – 2007, jak je to popsáno v kapitole 7 věnující se statistickým údajům.

Pro zařazení případu úmrtí v důsledku střelného poranění do sledovaného souboru bylo zvoleno několik kritérií. V první řadě se muselo jednat o střelné poranění hrudníku jedinou jednotnou střelou. Byly tedy vyloučeny všechny další případy v podobě např. více střelných poranění na těle, byť by hlava byla neporaněna, dále byly vyloučeny vícečetné zásahy hrudníku či použití hromadné střely, a to i v případě střelby z bezprostřední blízkosti, kdy se roj broků v podstatě chová jako jednotná střela. Dále byly ze souboru vyloučeny i případy jiného poranění hlavy nalezeného při pitvě. Byly například vyřazeny případy, kdy byl nalezen i pouhý krevní výron v měkkých pokrývkách lebních vzniklý nárazem hlavy na podložku po pádu (což je někdy označováno jako pád umírajícího). Vyloučeny byly rovněž všechny případy, kdy ve zdravotnické dokumentaci byla popsána resuscitace (otázka možného vlivu intenzivní masáže hrudníku, zejména za

použití kardiopumpy) a dále všechny případy delšího přežívání po vzniku poranění. Dalším, jak se později ukázalo dosti limitujícím kritériem, pak bylo vyloučení přenosu rázové vlny přes kosterní systém. Původně byla vyloučena všechna střená poranění hrudníku, kde bylo nalezeno poranění žeber, hrudní kosti, páteře či klíčních kostí. Jak se však vyhodnocováním pitevních protokolů ukázalo, tato podmínka by byla dosti limitující pro vytvoření dostatečně velkého souboru případů, protože byly nalezeny jen opravdu ojedinělé případy střelného poranění hrudníku, kdy nebyla vůbec zasažena kost. Proto jsem musel do souboru zahrnout i případy s poraněním žeber, vyloučil jsem pouze případy zasažení hrudní páteře. Ideální případ pro můj výzkumný záměr tedy byla následující situace – **střelné poranění hrudníku jednou jednotnou střelou, která pronikla do dutiny hrudní, nebyla zasažena hrudní páteř, nebyly nalezeny žádné známky jiného poranění hlavy, nebyla prováděna resuscitace a k úmrtí došlo krátce po vzniku střelného poranění.**

Dalším limitujícím faktorem pro zpětné hodnocení pak bylo neodebrání materiálu k histologickému vyšetření u řady starších pitev, zejména zdravotních, kdy buď nebylo histologické vyšetření provedeno vůbec nebo byly odebrány vzorky pouze z poraněných míst hrudníku, případně z míst jiných patologických nálezů a makroskopicky intaktní mozek nebyl histologicky vůbec vyšetřen.

Ze všech provedených pitev v období uvedených 24 let bylo vybráno **celkem 33 případů splňující výše definovaná kritéria.** Histologické preparáty byly barveny klasickým způsobem HE po fixaci odebrané tkáně formalínem. Zpětně byly prohlédnuty všechny vzorky odebrané z pitev, které byly nalezeny v našem archívu. Dlužno dodat, že se ne vždy jednalo o odběr všech typicky odebíraných částí mozku, ale v některých případech byl k dispozici třeba jen jeden vzorek kůry a bílé hmoty mozkové. U pitev, které jsem prováděl, jsem k diagnostickým účelům odebral vzorky kůry a bílé hmoty z obou mozkových hemisfér, dále vzorky z oblasti bazálních ganglií, Varolova mostu, prodloužené míchy a mozečku.

Kromě vzniku perivaskulárních krvácení vzdálených od střelného poranění jsem se zaměřil, zejména pro porovnání s předcházejícím souborem, i na hodnocení poranění vznikající v mozku při střelném poranění hlavy. Na tuto část studie bylo vybráno za pomoci softwaru Random Number Generator 30 zemřelých ze všech případů střelných poranění hlavy z let 1998 – 2007.

A jako poslední jsem vybral kontrolní skupinu. Z 238 mnou prováděných soudních pitev v letech 2002 – 2008 jsem vybral všechna úmrtí lidí do 60 let věku, u nichž při pitvě nebylo zjištěno poranění hrudníku ani hlavy, ani žádné onemocnění, u nichž se setkáváme s perivaskulárním krvácením. Jednalo se o skupinu 58 zemřelých z nejrůznějších příčin, a to jak chorobných (akutní infarkt myokardu, plicní embolie, selhání projeveného srdce, krvácení z jícnových varixů atd.), tak i traumatických (intoxikace alkoholem, léčivý, podchlazení, řezné rány, bodné rány). Vyloučeny byly např. případy dušení, u nichž bývá výskyt perikapilárních krvácení popisován. Byla to tedy skupina zemřelých, u nichž byla vyloučena možnost vzniku perivaskulárního krvácení v mozku traumatickým či patologickým způsobem.

7.5 Výsledky

Po podrobném prohlédnutí histologických preparátů mozku u všech 33 případů bylo zjištěno, že drobné mikroskopicky viditelné krevní výrony se **vyskytovaly u každého případu**. Nutno ovšem dodat, že vždy v naprosto odlišném rozsahu. V některých případech se jednalo o rozsáhlejší výron krve v okolí drobné cévy či dokonce kolem několika takových cév v jednom zorném poli mikroskopu, v jiném případě pak pouze o zcela ojedinělé a navíc zcela drobné krvácení, kdy ve sledovaném Wirchov Rrobinově prostoru bylo patrné jen několik volných erytrocytů. Tento typ krvácení byl tedy vždy nalezen, byť někdy s nutností opakovaného prokrajování archivovaných bločků. Dále ze zkoumaných vzorků můžeme konstatovat, že toto krvácení se vždy vyskytovalo v bílé hmotě koncového mozku (až na jeden případ z minulosti, kdy toto nemohlo být potvrzeno vzhledem k chybějícímu materiálu). U dalších částí mozku nemůžeme výskyt perikapilárních krvácení jednoznačně kvantitativně hodnotit pro nedostatek vzorků z jednotlivých částí mozku u případů z minulosti (k dispozici byly často jen vzorky kůry a bílé hmoty mozkové). **Obecně však můžeme konstatovat, že se perikapilární krvácení při střelné ráně hrudníku může vyskytovat v kterékoliv části mozku, prakticky vždy pak v bílé hmotě koncového mozku.**

V kontrolní skupině zemřelých, u nichž nebyl předpoklad vzniku perikapilárního krvácení, nebyl zaznamenán výskyt tohoto typu krvácení v mozkové tkáni.

U případů střelného poranění hlavy byla patrna rozsáhlá ložiska zhmoždění s přítomností krvácení poblíž střelného kanálu, respektive v objemu celého dočasného

kanálu. Navíc však byla zjištěna i v částech mozku vzdálených od konečného střelného kanálu.

Ukázka jednoho z případů střelného poranění, které bylo předmětem mého výzkumu, zachycuje následující kazuistika. Fotograficky zadokumentované výsledky mého zkoumání jsou uvedeny v následující kapitole 8.6 začínající na str. 87.

Kazuistika 5

Žena, 52 let, nalezena doma v křesle se střelným poraněním hrudníku – průstřelem. Jednalo se o střelnou ránu přes oblečení (obr. 7.5-1). Případ Policie ČR později uzavřela jako sebevraždu. Na místě byla u křesla nalezena střelná zbraň – pistole ČZ 83 ráže 9 mm.

Při pitvě bylo zjištěno, že otvor vstřelu se nacházel v pravém dolním kvadrantu levého prsu (obr. 7.5-2). Střelný kanál procházel přes levý prs a přední stěnu hrudní, přičemž roztříštil 4. žebro a

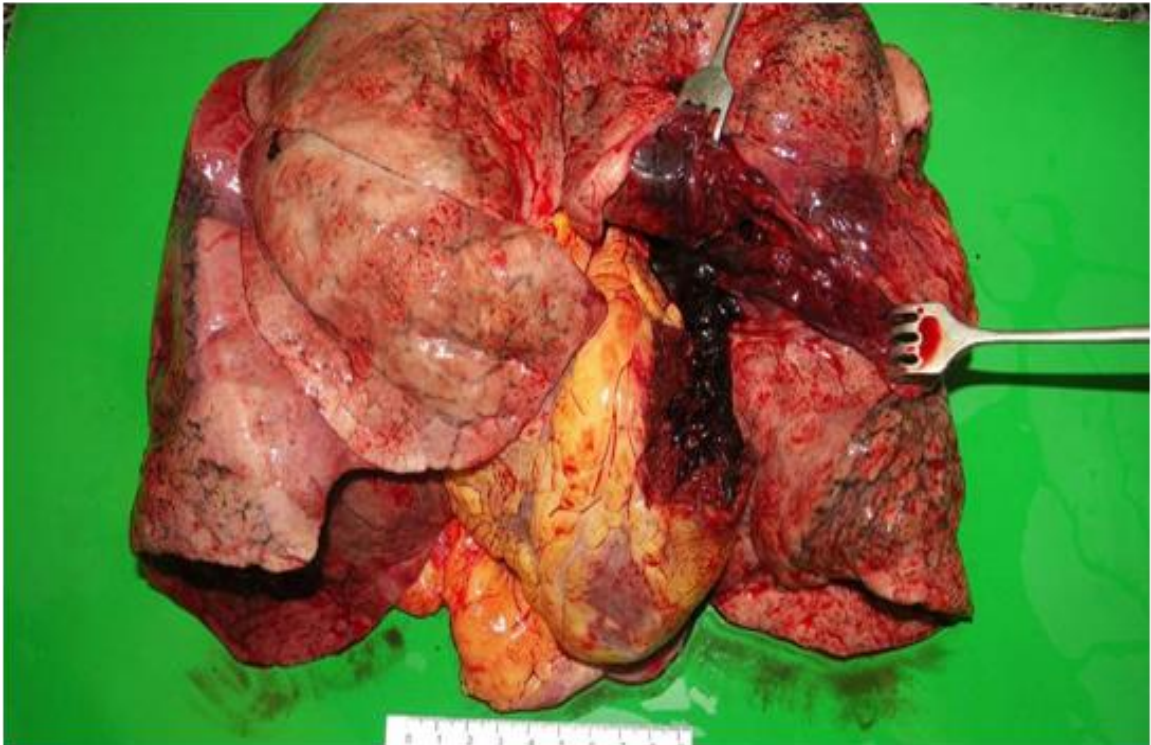


Obr. 7.5-1 Pohled na místo vstřelu na spodním prádle

dále probíhal přes dolní lalok a spodní okraj horního laloku levé plíce, prakticky roztříštil stěnu levé komory a předsíně srdce, tečně zasáhl sestupnou část hrudní aorty (obr. 7.5-3).



Obr. 7.5-2 Otvor vstřelu na těle



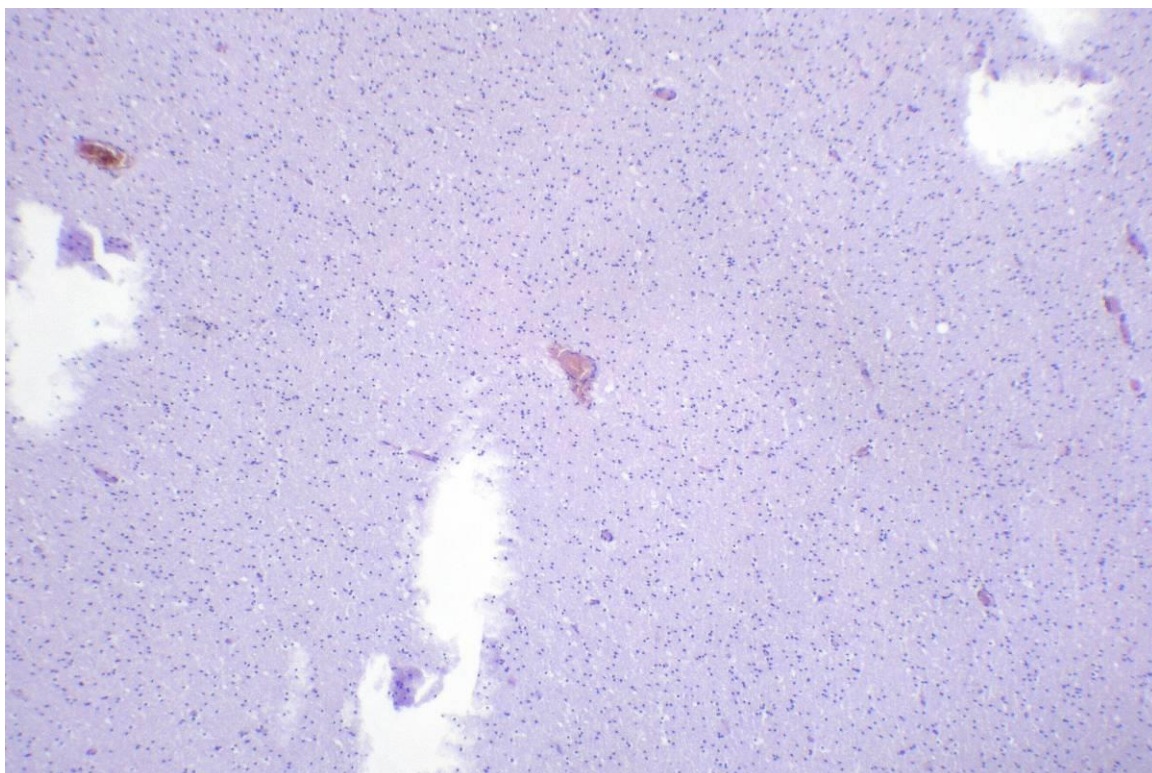
Obr. 7.5-3 Poranění levé plíce a srdce

Otvor výstřelu byl lokalizován na levé polovině hrudní části zad (obr. 7.5-4). Při pitvě byly odebrány vzorky mozku k histologickému vyšetření s nálezem zachyceným na obr. 7.6-1 – 9 na str. 87 – 91.

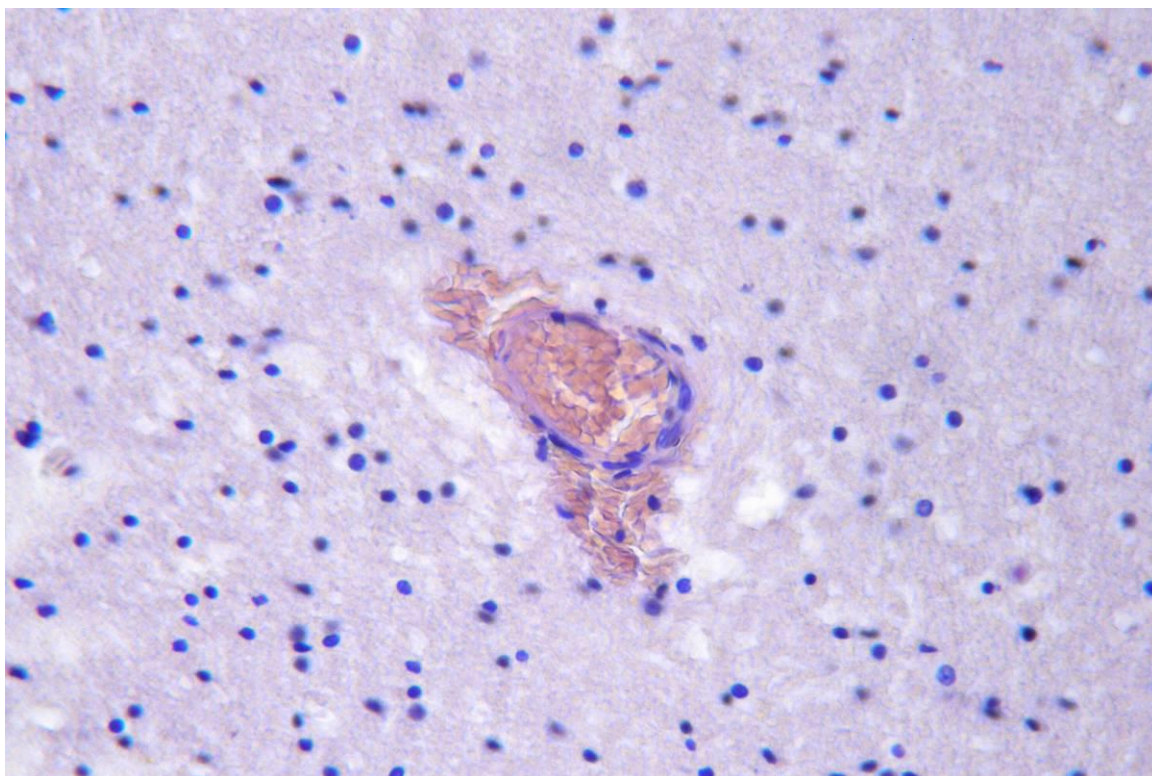


Obr. 7.5-4 Otvor výstřelu na zádech

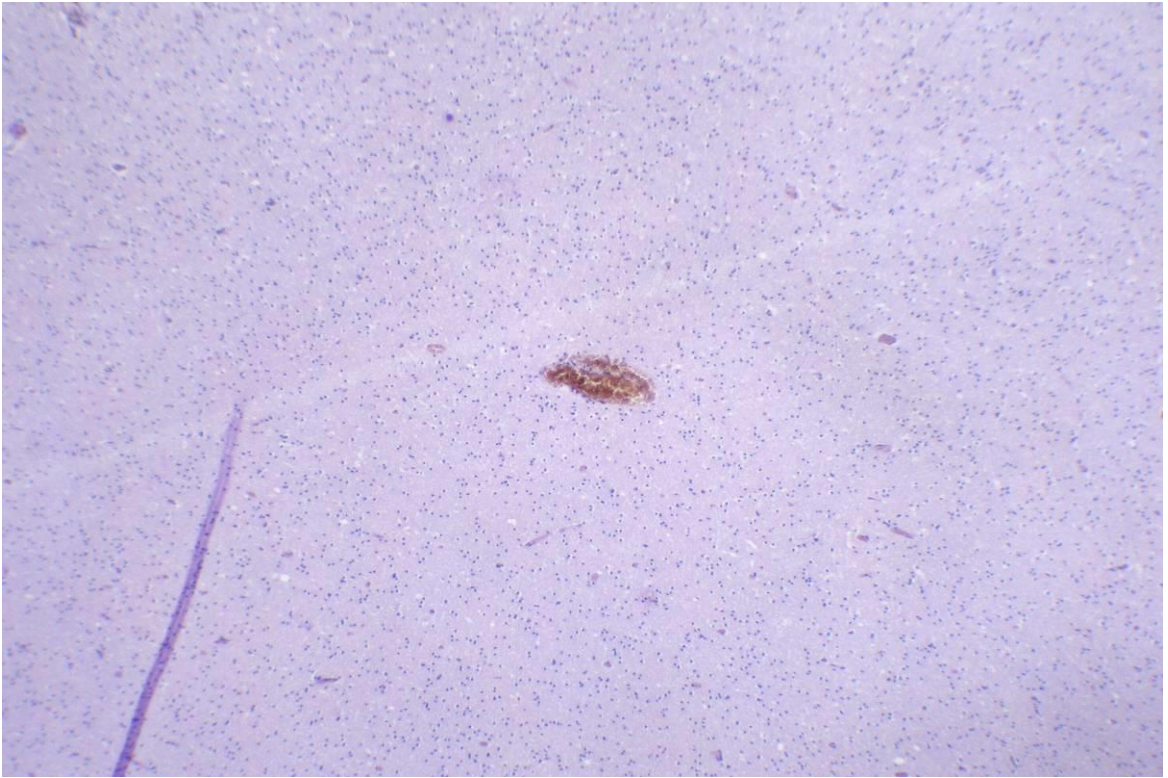
7.6 Fotodokumentace části histologických preparátů



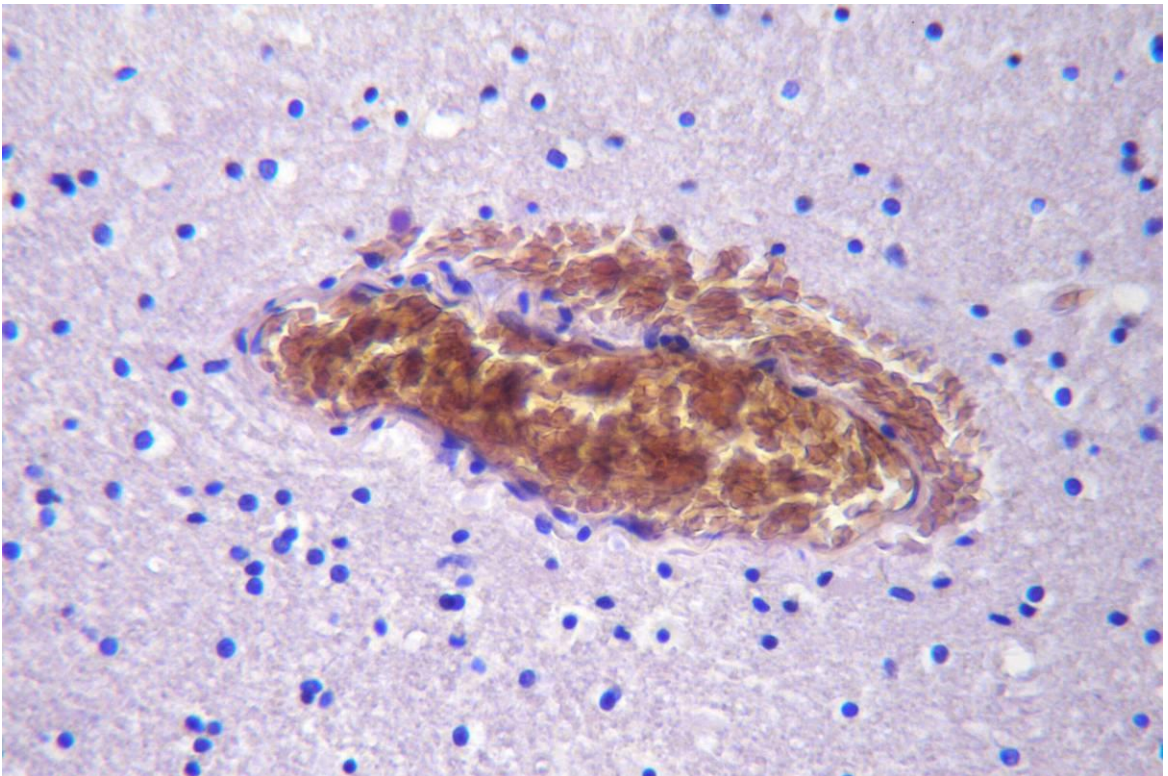
Obr. 7.6-1 Případ 1 - žena, 52 let, průstřel hrudníku, pistole ČZ 83 ráže 9 mm, HE 100x



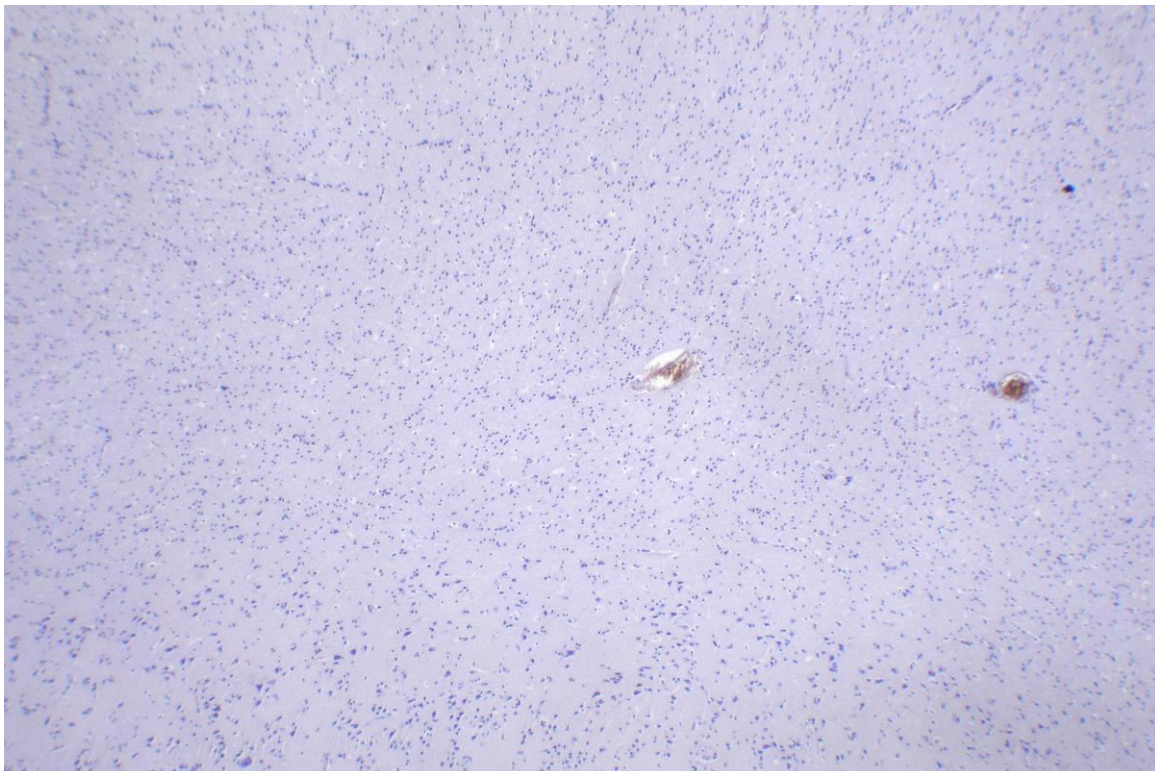
Obr. 7.6-2 Případ 1 - žena, 52 let, průstřel hrudníku, pistole ČZ 83 ráže 9 mm, HE 250x



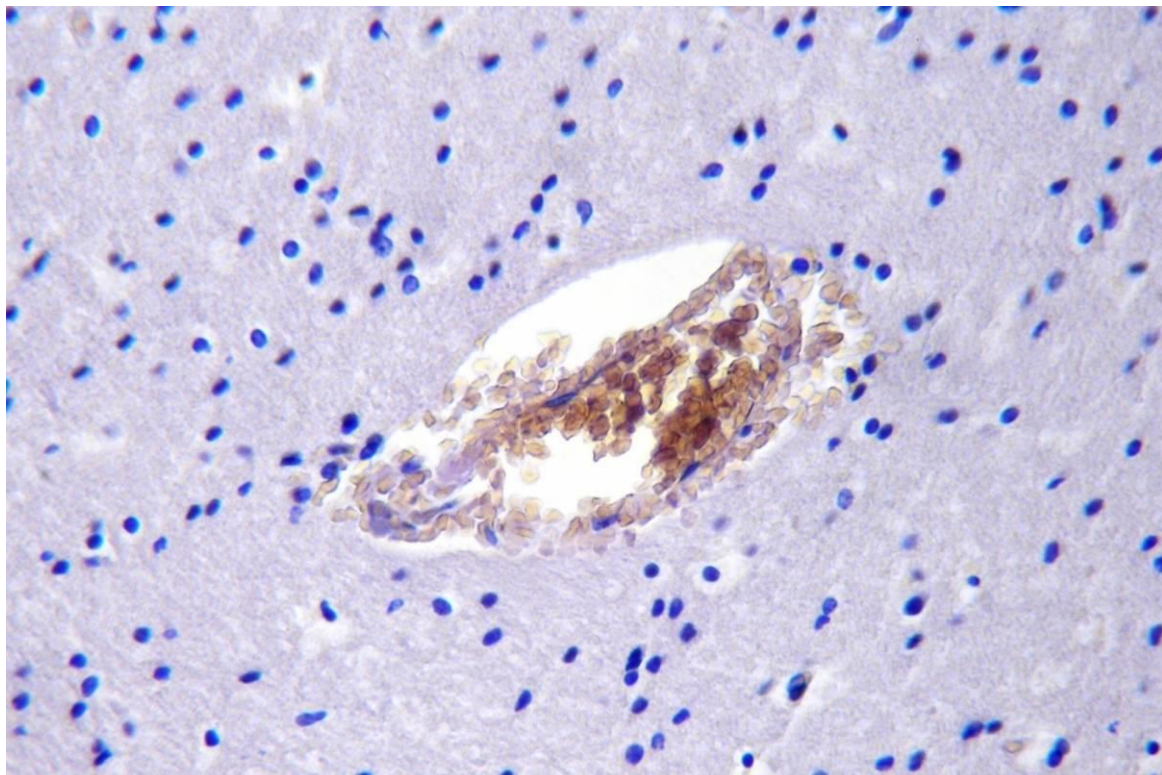
**Obr. 7.6-3 Příklad 1 - žena, 52 let, průstřel hrudníku, pistole ČZ 83 ráže 9 mm, HE
100x**



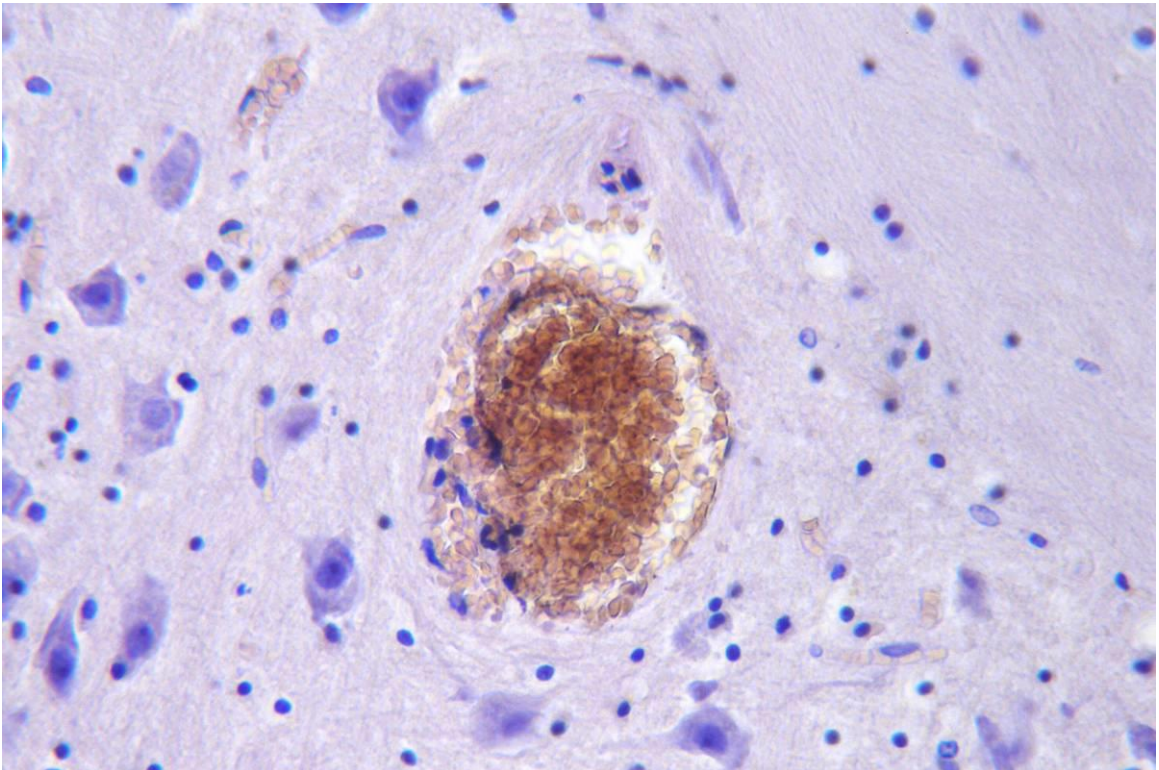
**Obr. 7.6-4 Příklad 1 - žena, 52 let, průstřel hrudníku, pistole ČZ 83 ráže 9 mm, HE
250x**



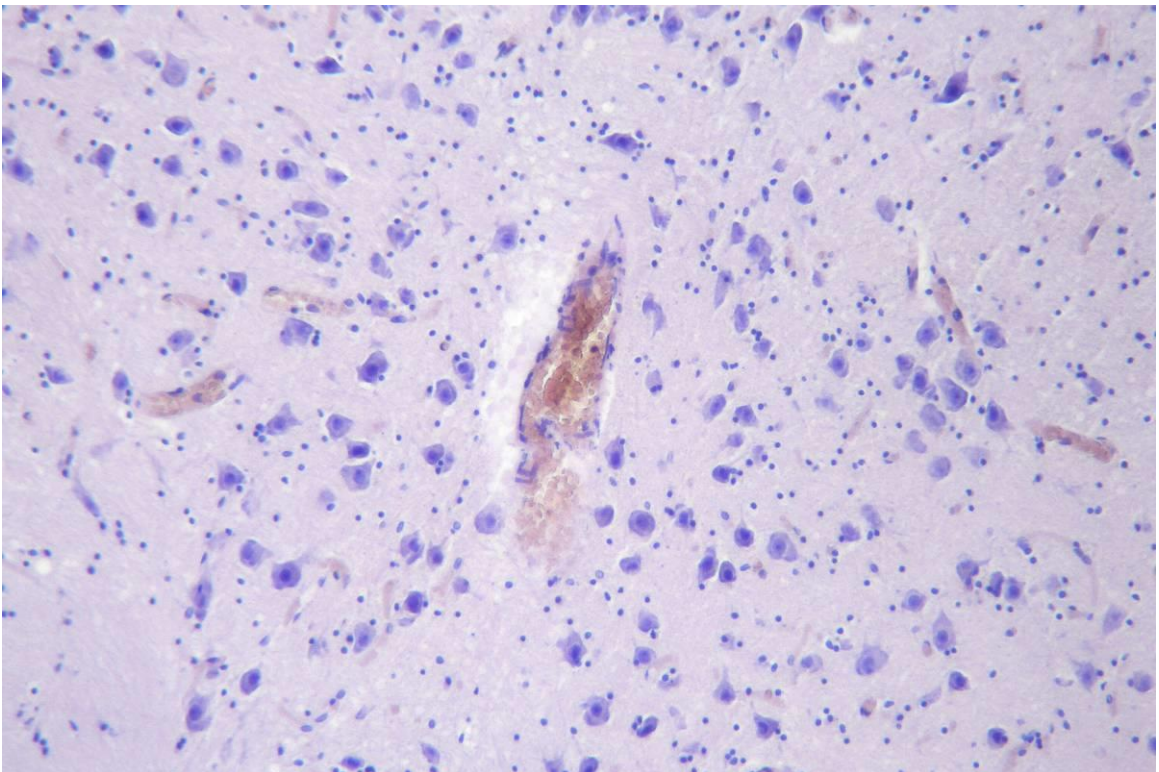
Obr. 7.6-5 Příklad 1 - žena, 52 let, průstřel hrudníku, pistole ČZ 83 ráže 9 mm, HE
100x



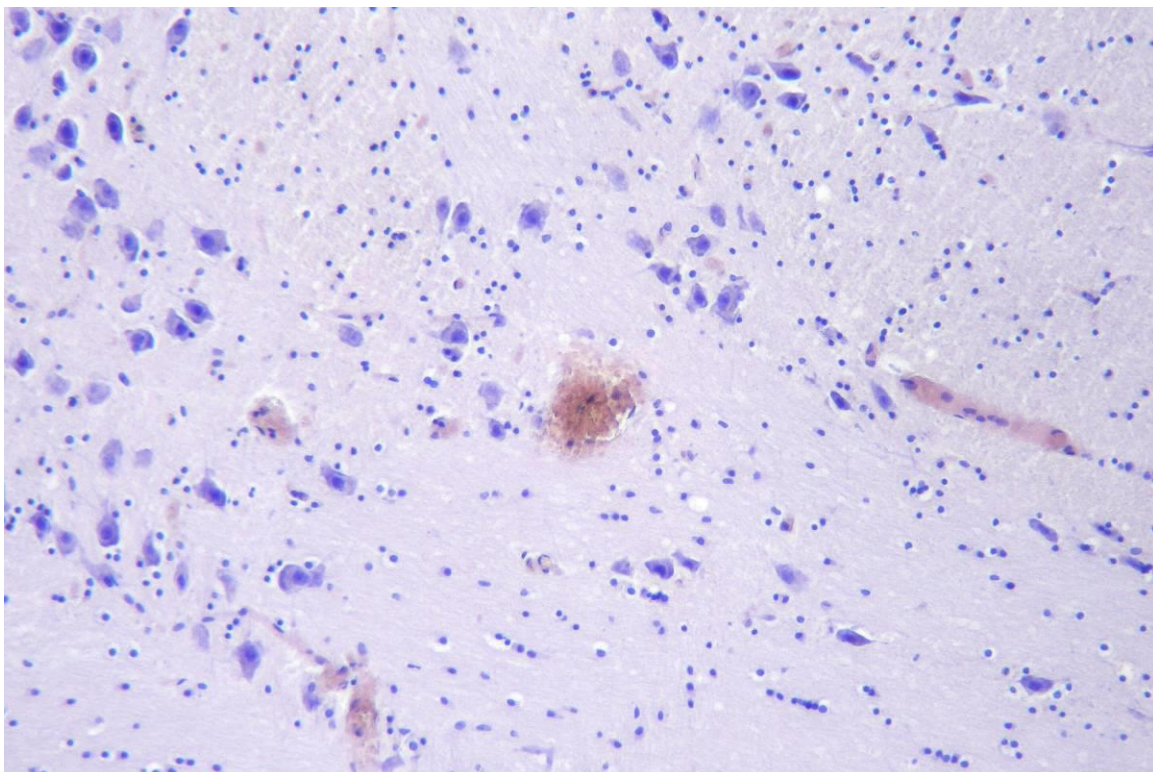
Obr. 7.6-6 Příklad 1 - žena, 52 let, průstřel hrudníku, pistole ČZ 83 ráže 9 mm, HE
250x



Obr. 7.6-7 Příklad 1 - žena, 52 let, průstřel hrudníku, pistole ČZ 83 ráže 9 mm, oblast Varolova mostu, HE 250x



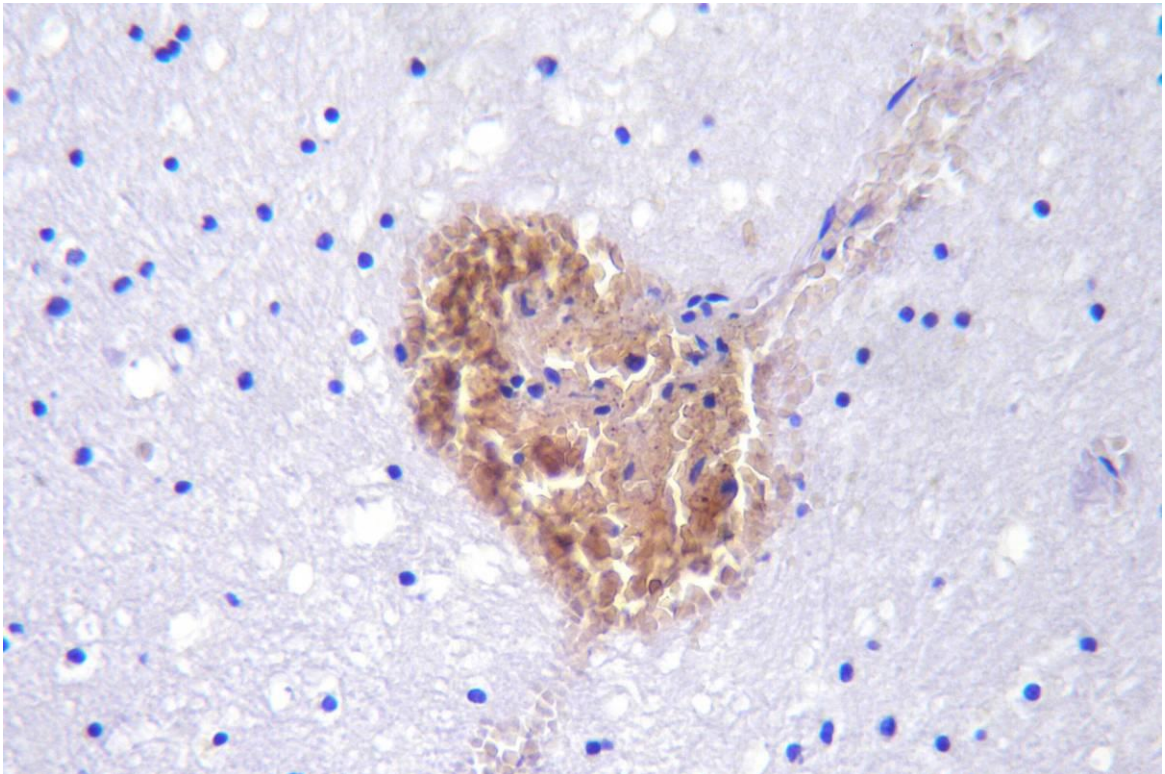
Obr. 7.6-8 Příklad 1 - žena, 52 let, průstřel hrudníku, pistole ČZ 83 ráže 9 mm, oblast Varolova mostu, HE 250x



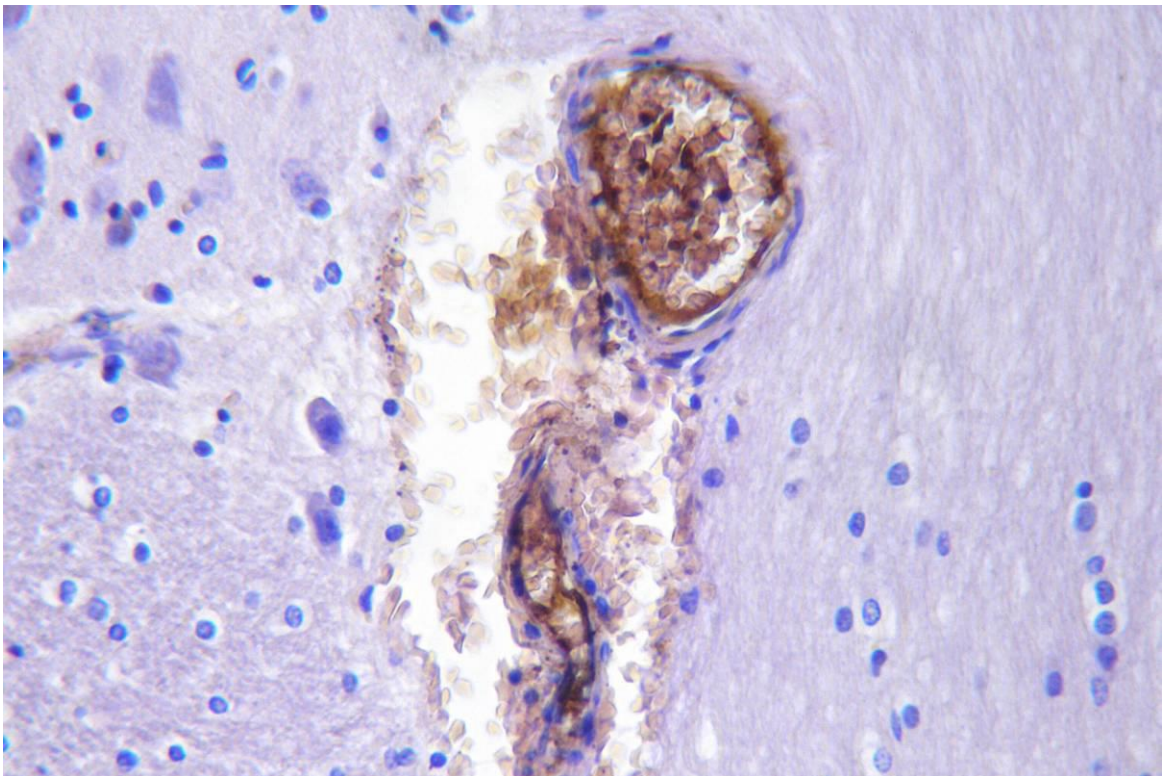
Obr. 7.6-9 Případ 1 - žena, 52 let, průstřel hrudníku, pistole ČZ 83 ráže 9 mm, oblast Varolova mostu, HE 150x



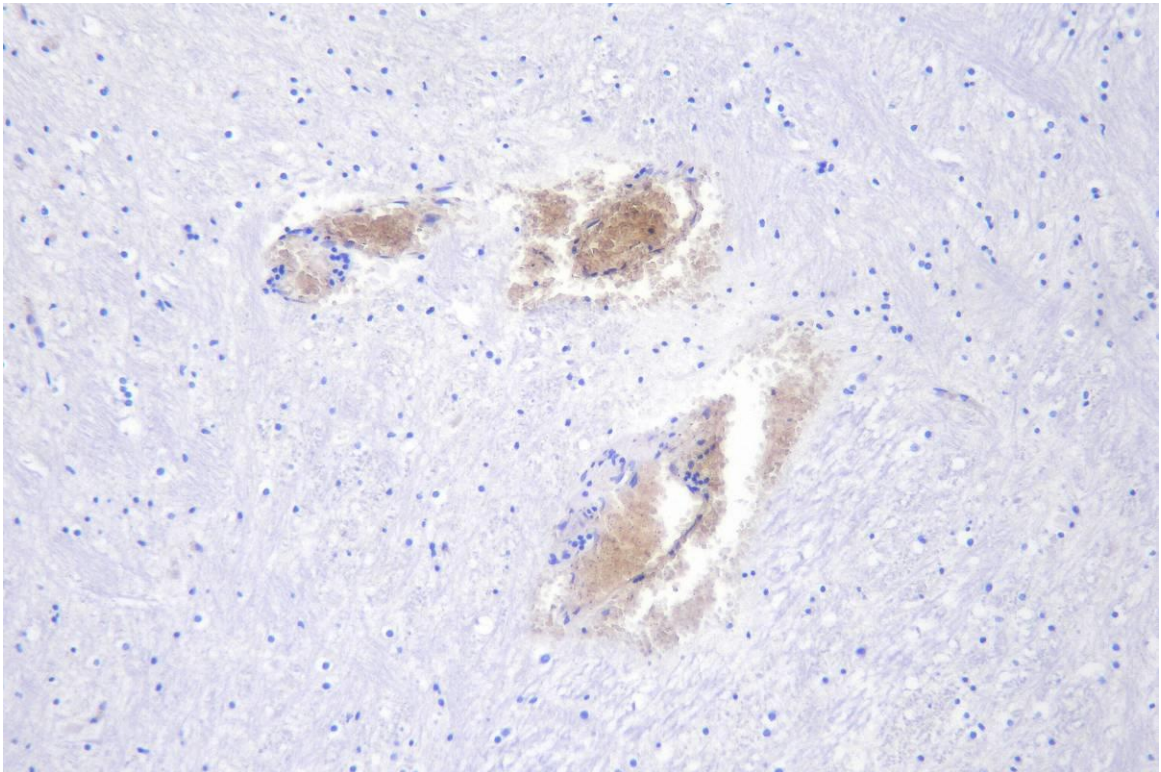
Obr. 7.6-10 Případ 2 - muž, 35 let, průstřel hrudníku, zbraň není v pitevním protokolu uvedena, HE 250x



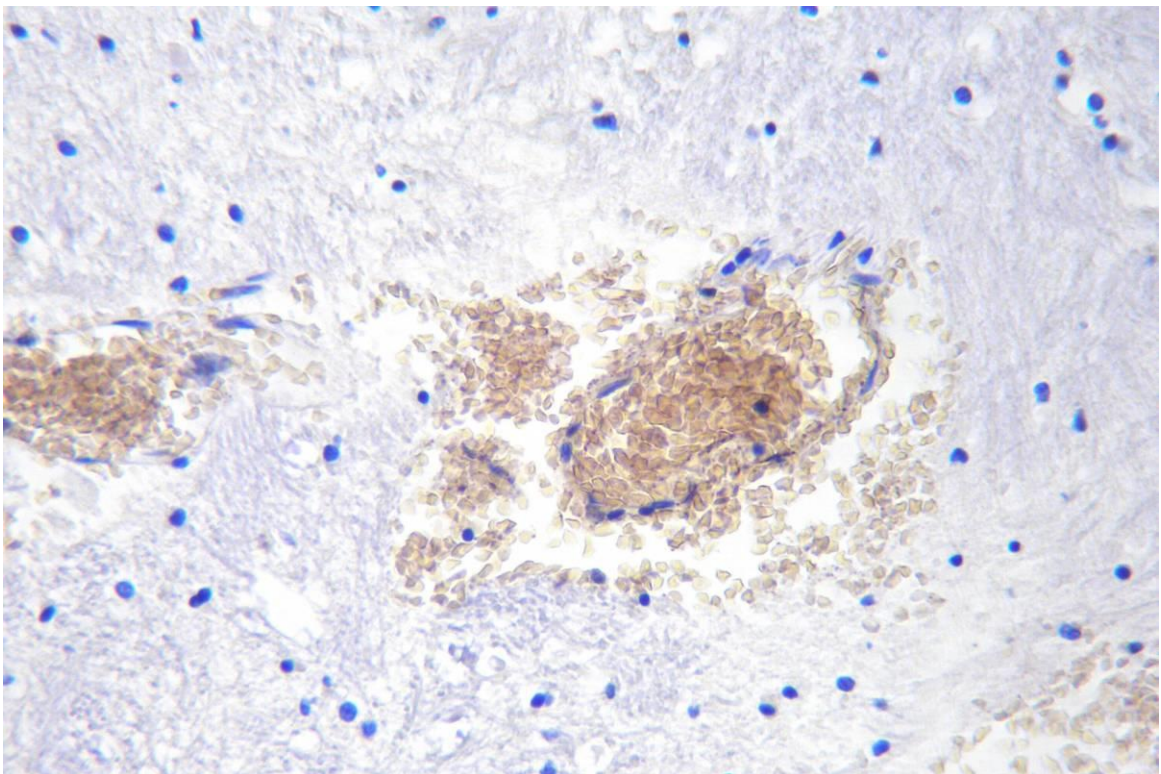
Obr. 7.6-11 Příklad 2 - muž, 35 let, průstřel hrudníku, zbraň není v pitevním protokolu uvedena, HE 250x



Obr. 7.6-12 Příklad 3 - muž, 64 let, průstřel hrudníku, zbraň není v pitevním protokolu uvedena, HE 250x



Obr. 7.6-13 Případ 4 - muž, 29 let, zástřel hrudníku, pistole ráže .22 LR, HE 150x



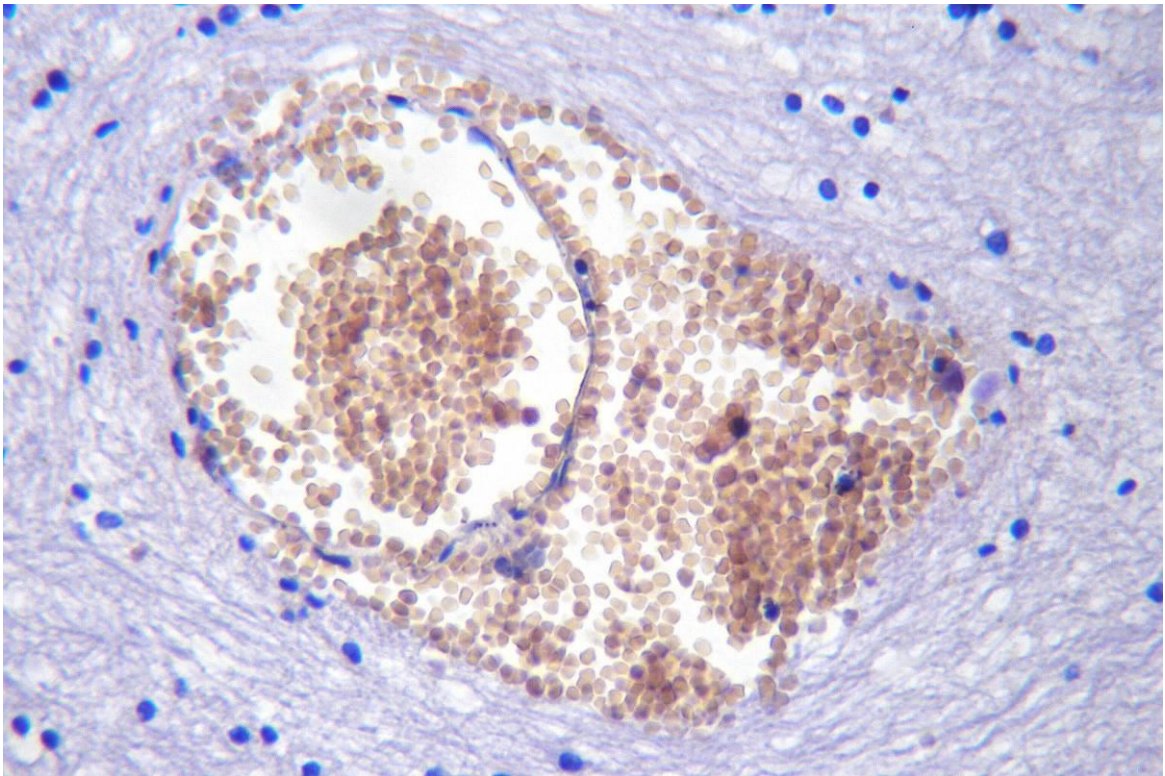
Obr. 7.6-14 Případ 4 - muž, 29 let, zástřel hrudníku, pistole ráže .22 LR, HE 250x



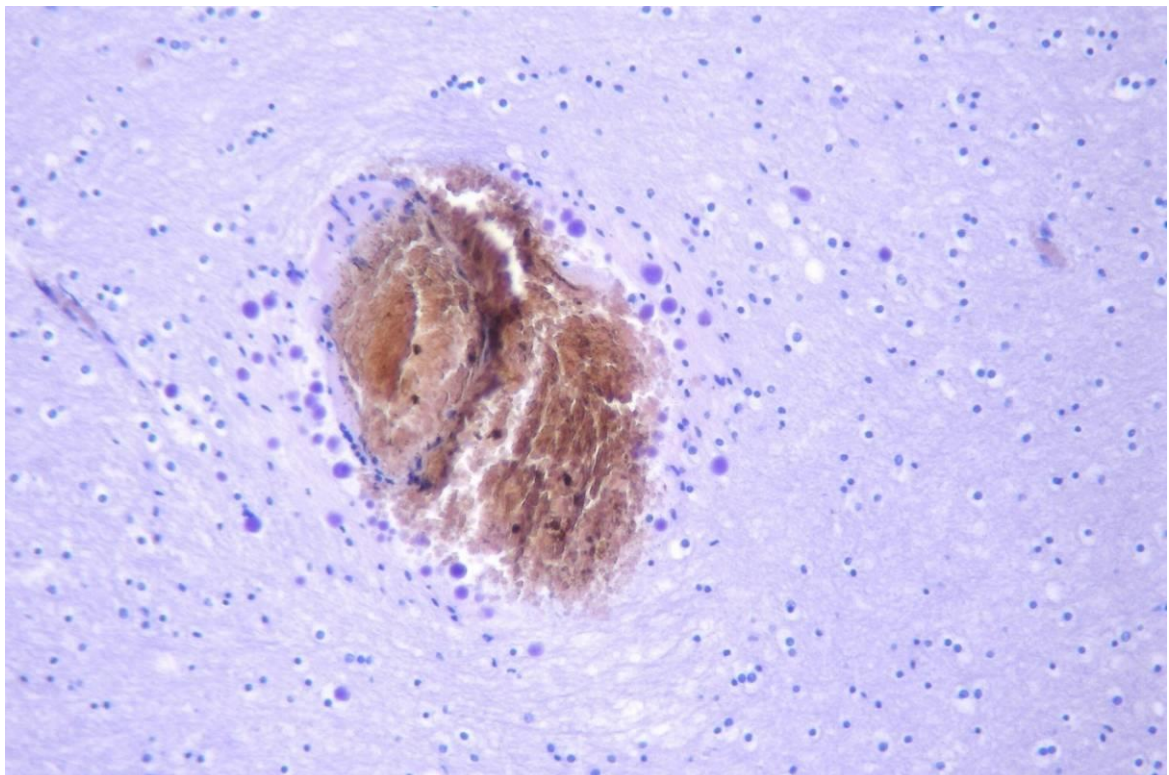
**Obr. 7.6-15 Případ 5 - muž, 62 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm Makarov,
HE 250x**



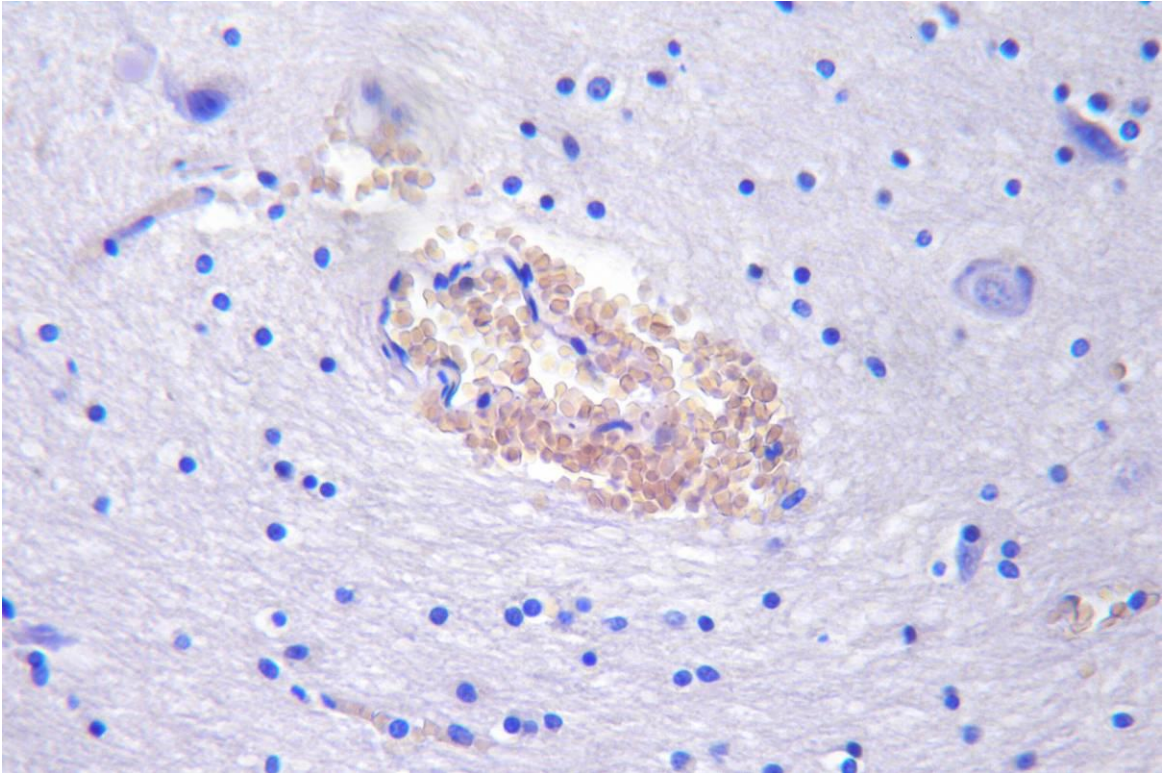
**Obr. 7.6-16 Případ 5 - muž, 62 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm Makarov,
HE 250x**



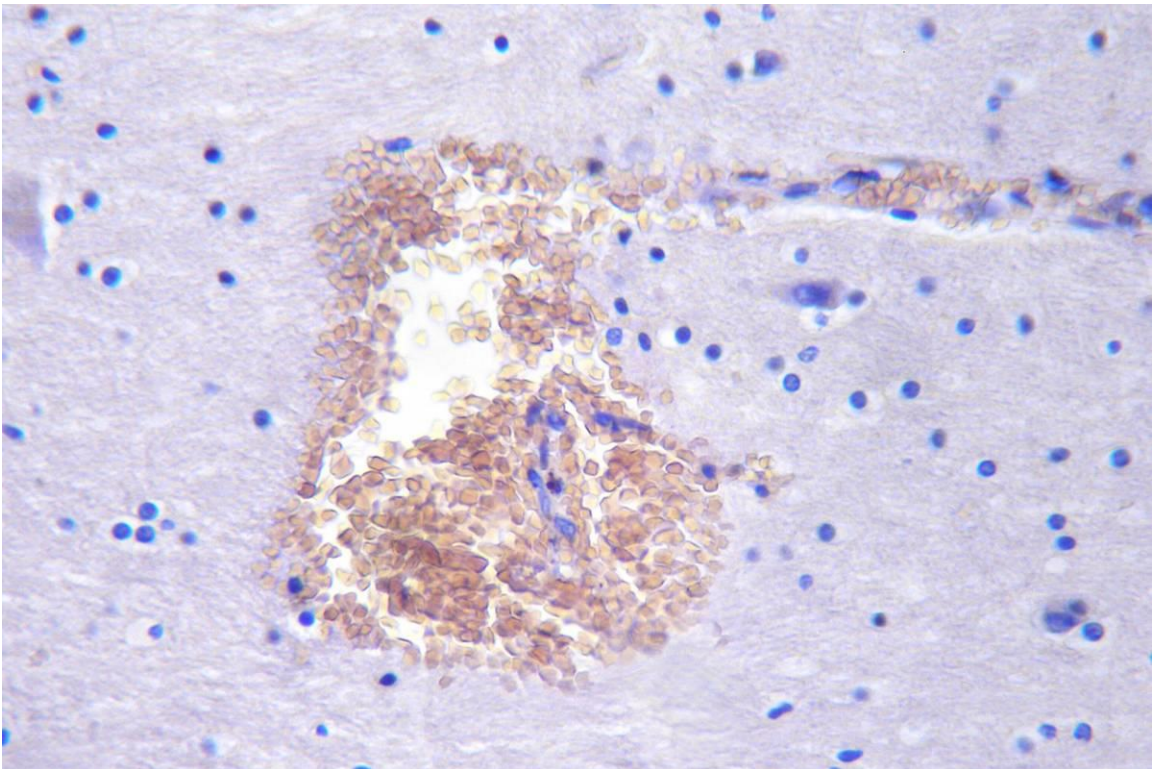
Obr. 7.6-17 Příklad 5 - muž, 62 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm Makarov, HE 250x



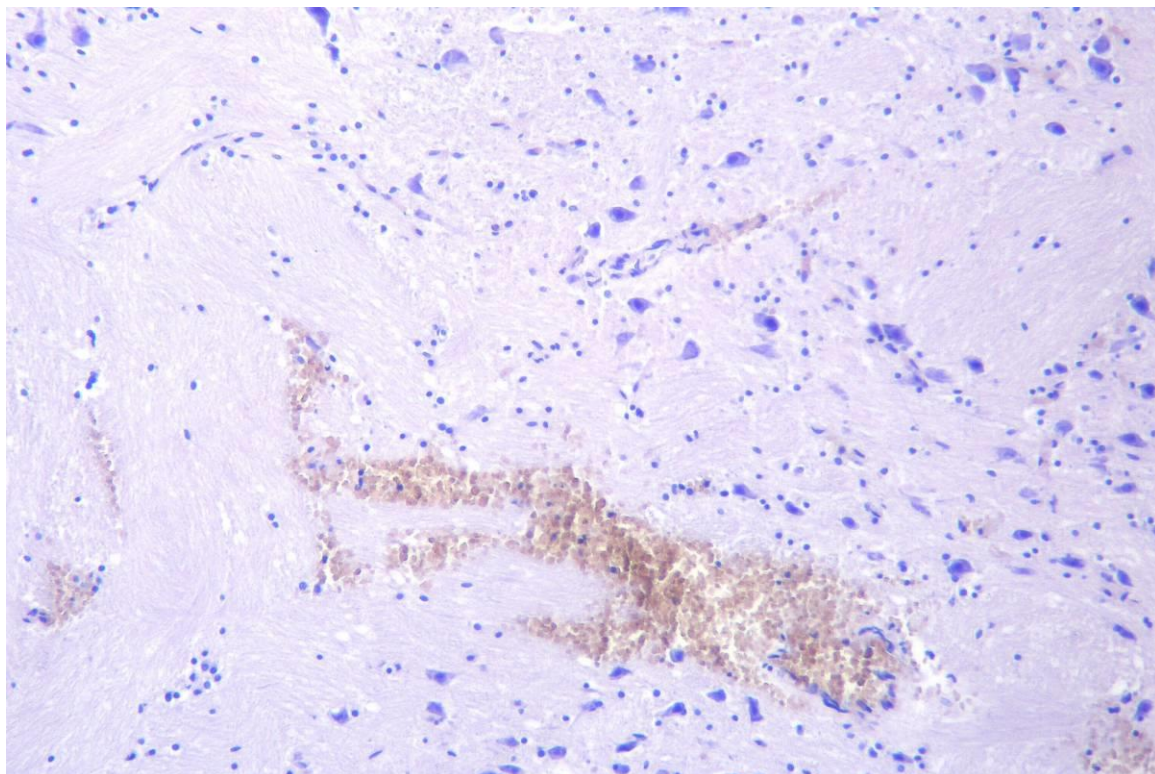
Obr. 7.6-18 Příklad 5 - muž, 62 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm Makarov, HE 250x



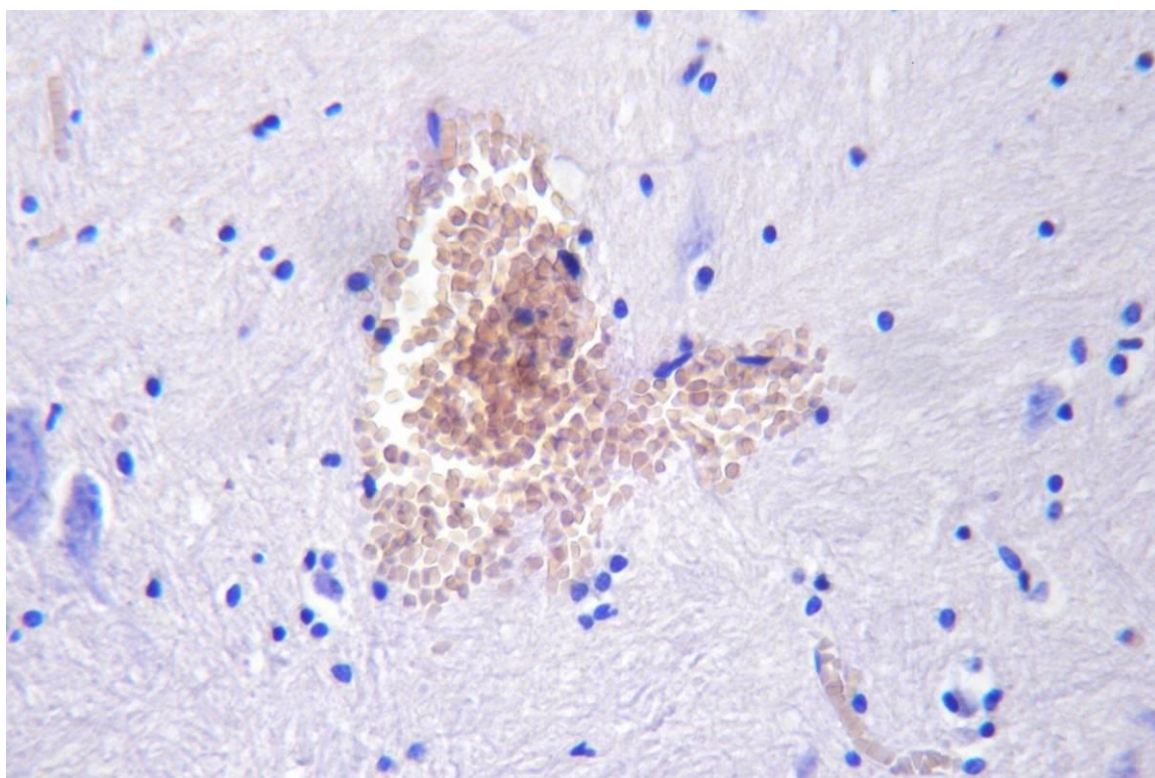
**Obr. 7.6-19 Případ 5 - muž, 62 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm Makarov,
HE 250x**



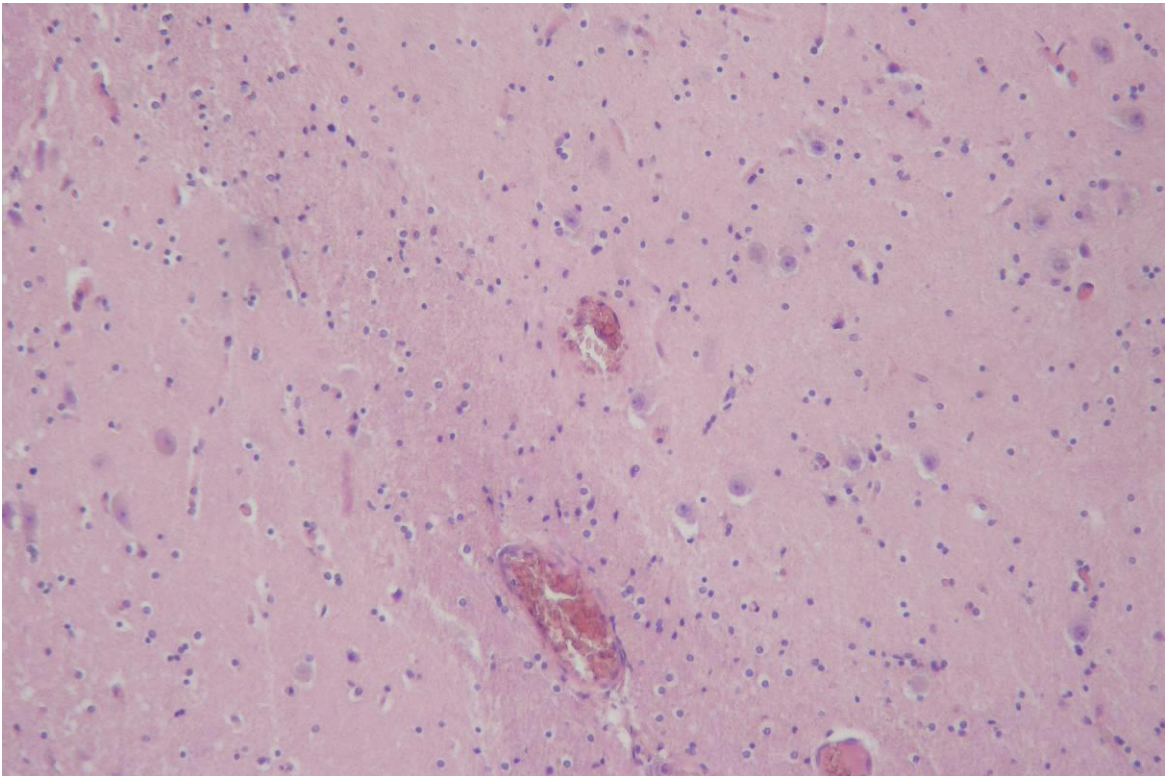
**Obr. 7.6-20 Případ 5 - muž, 62 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm Makarov,
HE 250x**



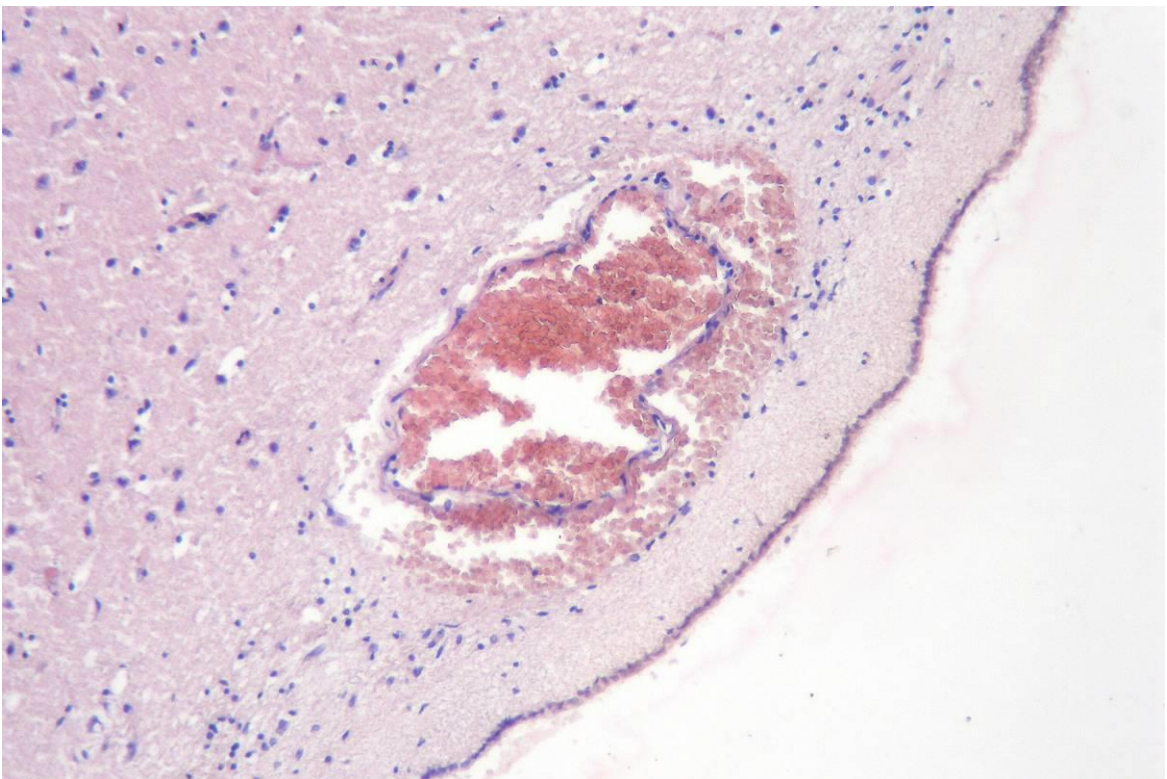
**Obr. 7.6-21 Případ 5 - muž, 62 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm Makarov,
HE 150x**



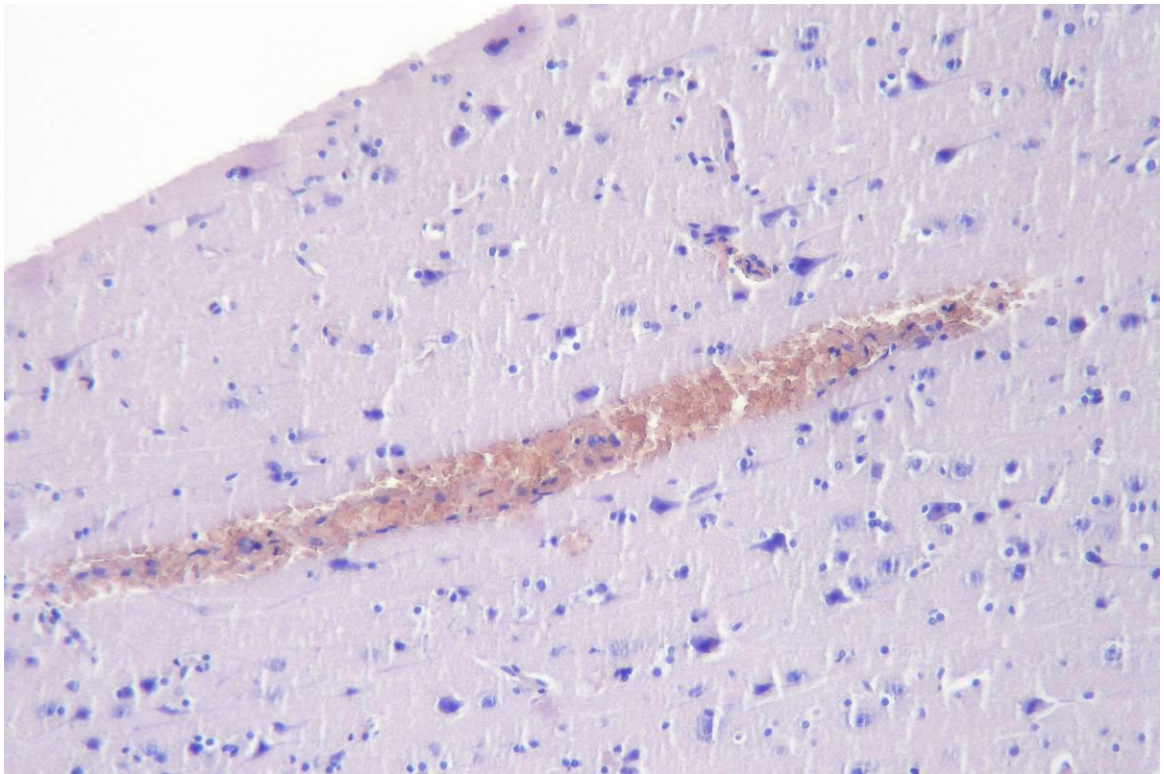
**Obr. 7.6-22 Případ 5 - muž, 62 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm Makarov,
HE 250x**



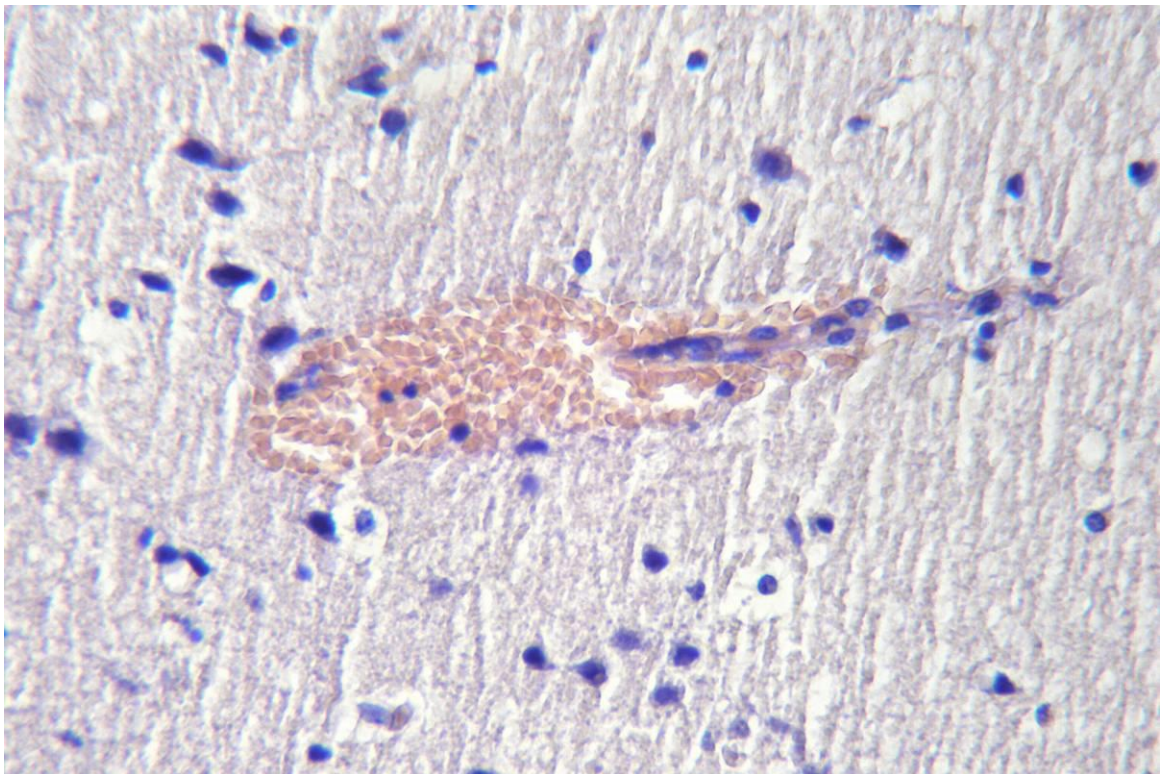
Obr. 7.6-23 Případ 6 - muž, 37 let, průstřel hrudníku, zbraň v pitevním protokolu neuvedena, HE 150x



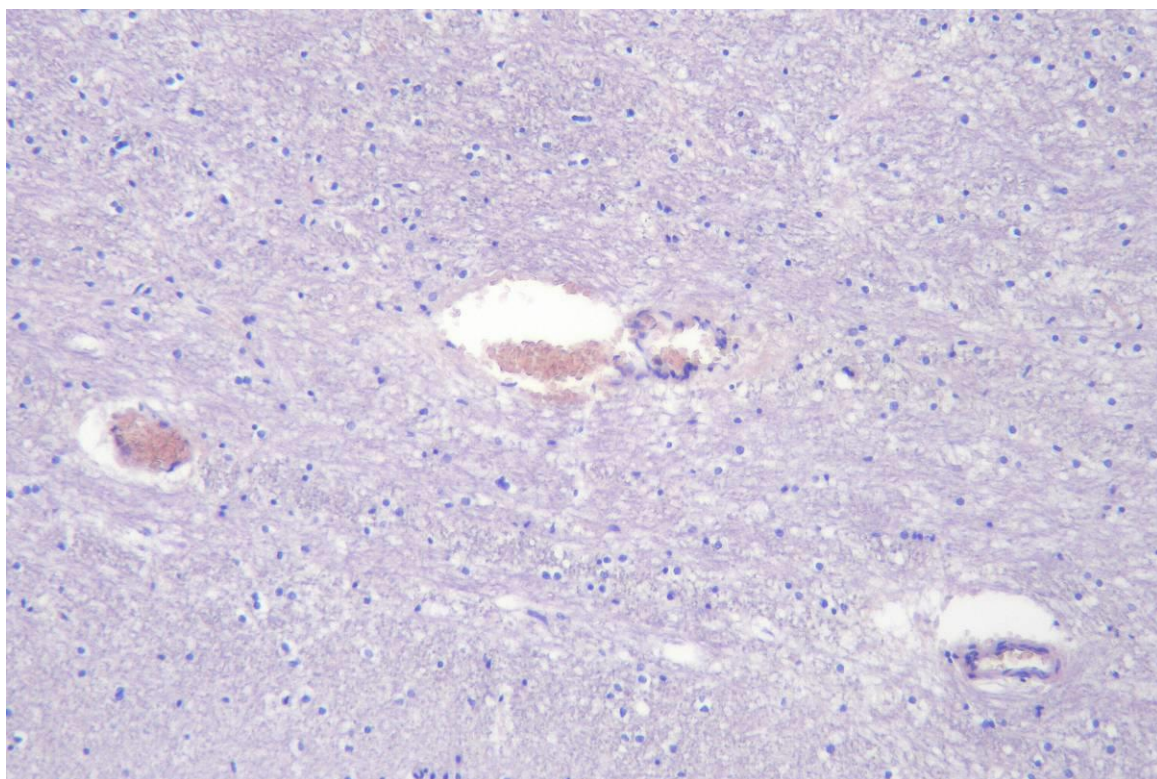
Obr. 7.6-24 Případ 7 - muž, 37 let, zástřel hrudníku, zbraň v pitevní protokolu neuvedena, HE 250x



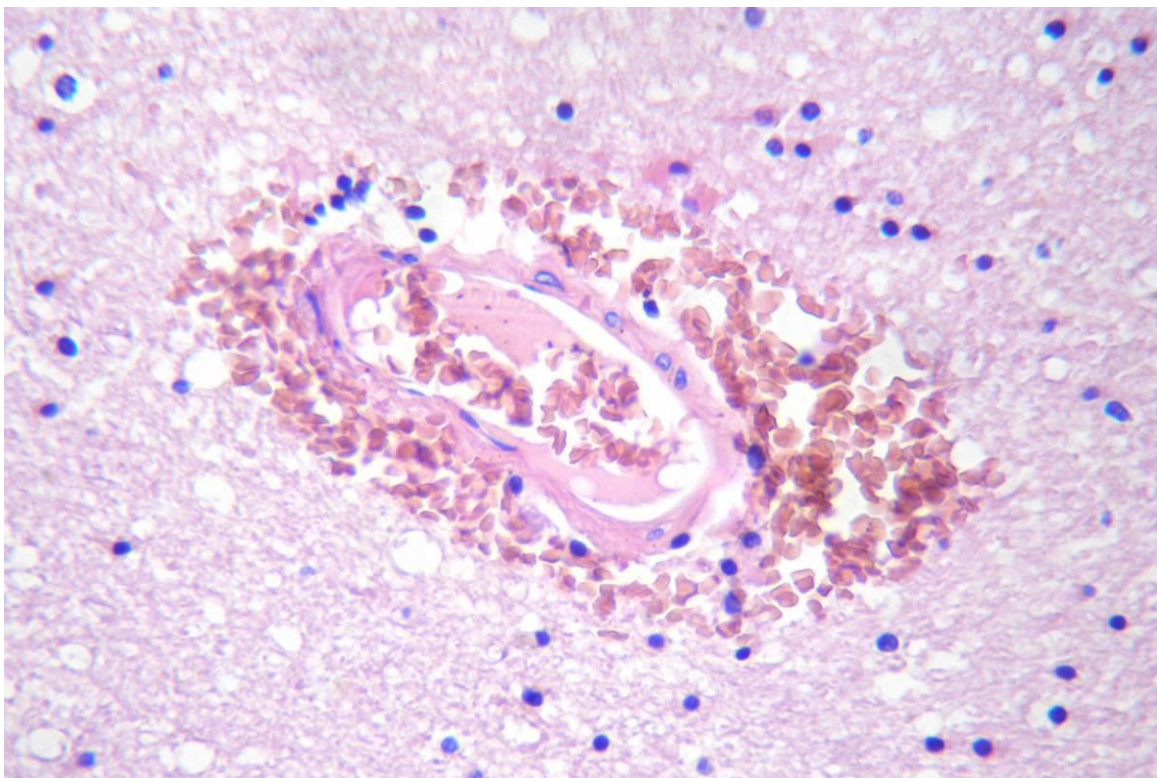
Obr. 7.6-25 Případ 8 - muž, 31 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm, HE 150x



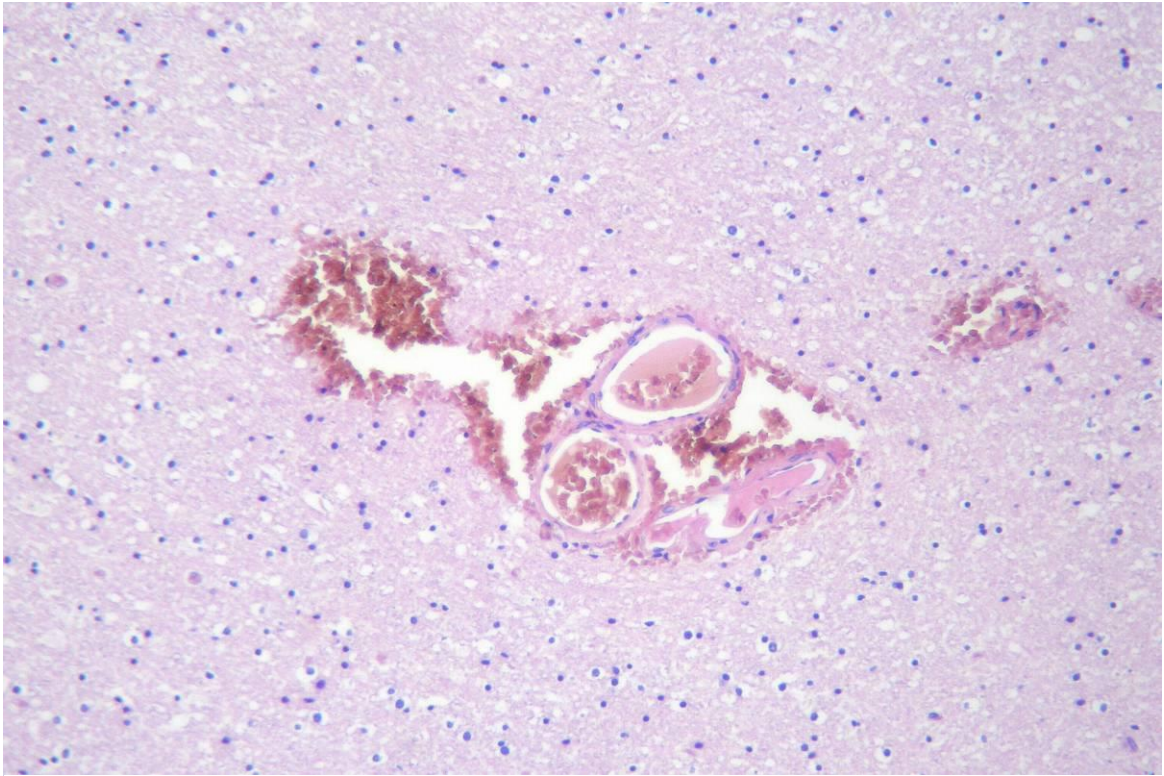
Obr. 7.6-26 Případ 8 - muž, 31 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm, HE 250x



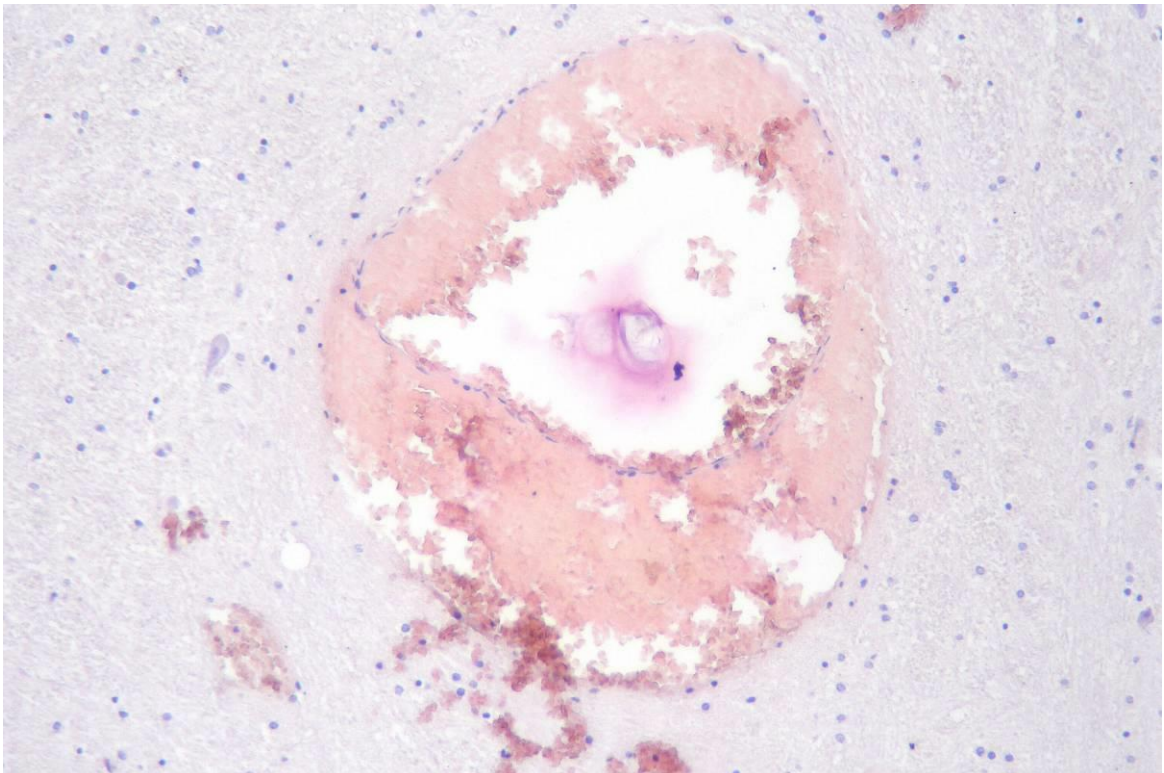
Obr. 7.6-27 Případ 8 - muž, 31 let, průstřel hrudníku, pistole ráže 9 mm, HE 150x



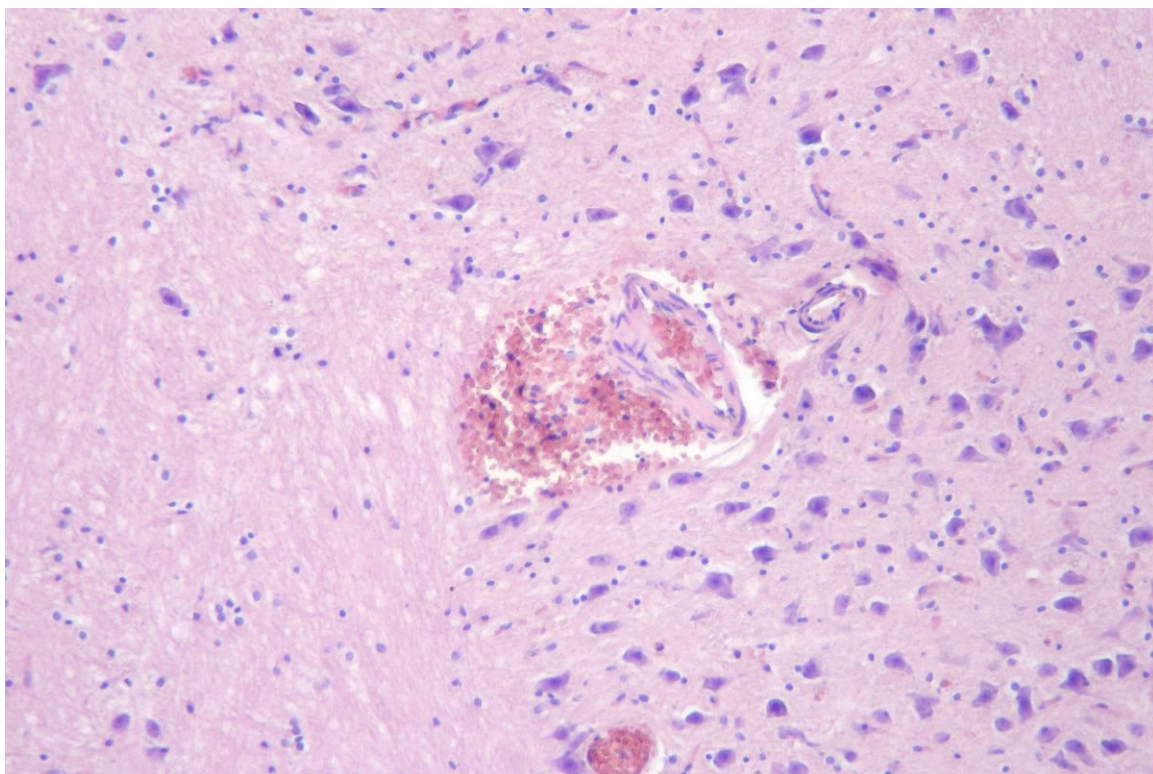
Obr. 7.6-28 Případ 9 - muž, 56 let, průstřel hrudníku, perkusní revolver, HE 250x



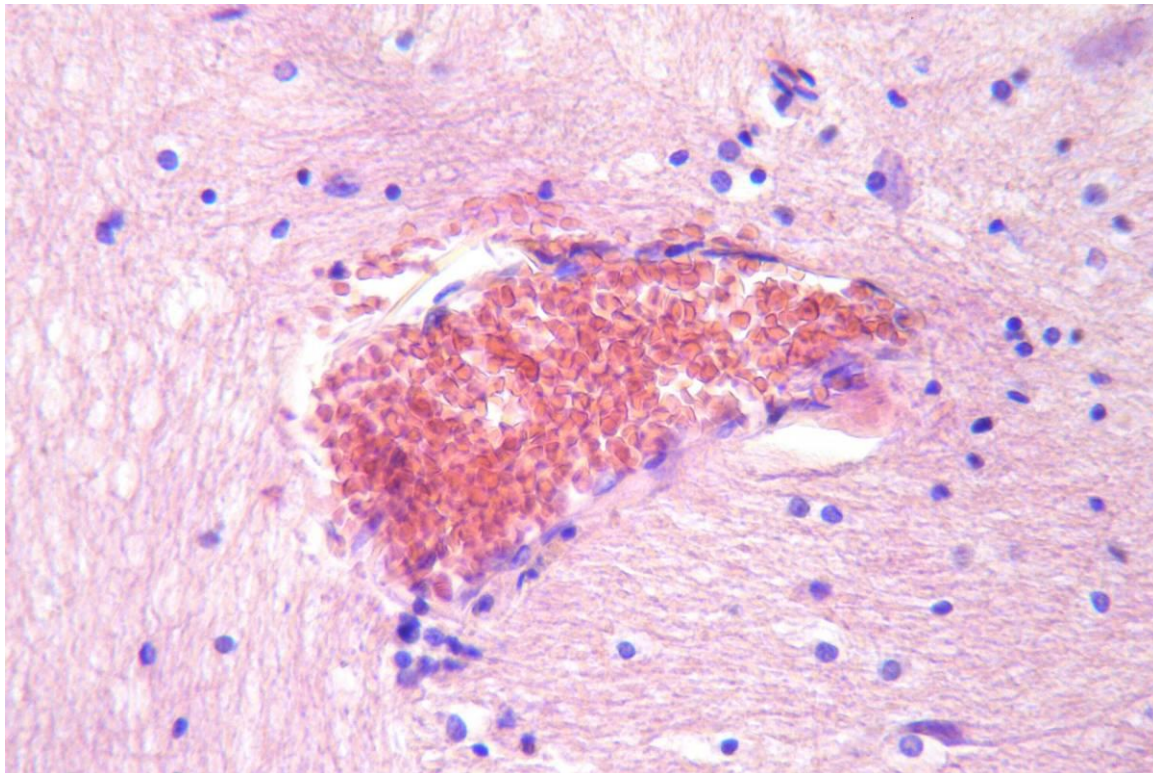
Obr. 7.6-29 Případ 9 - muž, 56 let, průstřel hrudníku, perkusní revolver, HE 150x



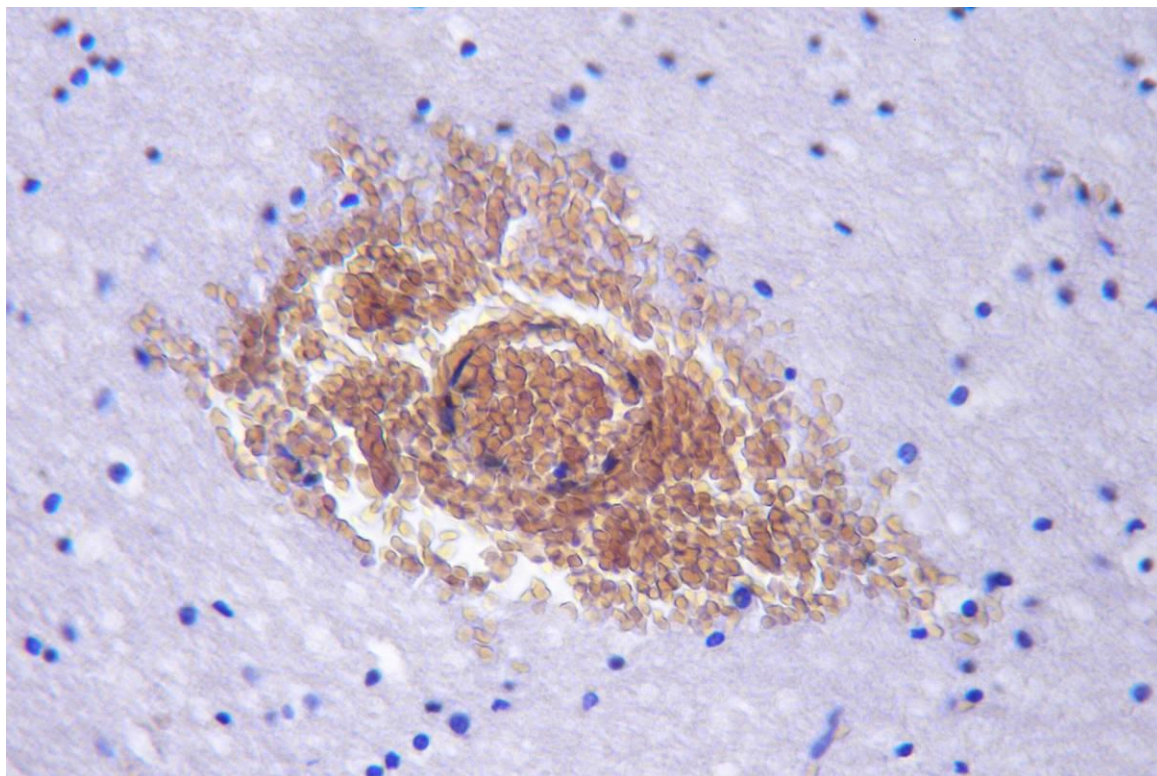
Obr. 7.6-30 Případ 9 - muž, 56 let, průstřel hrudníku, perkusní revolver, HE 250x



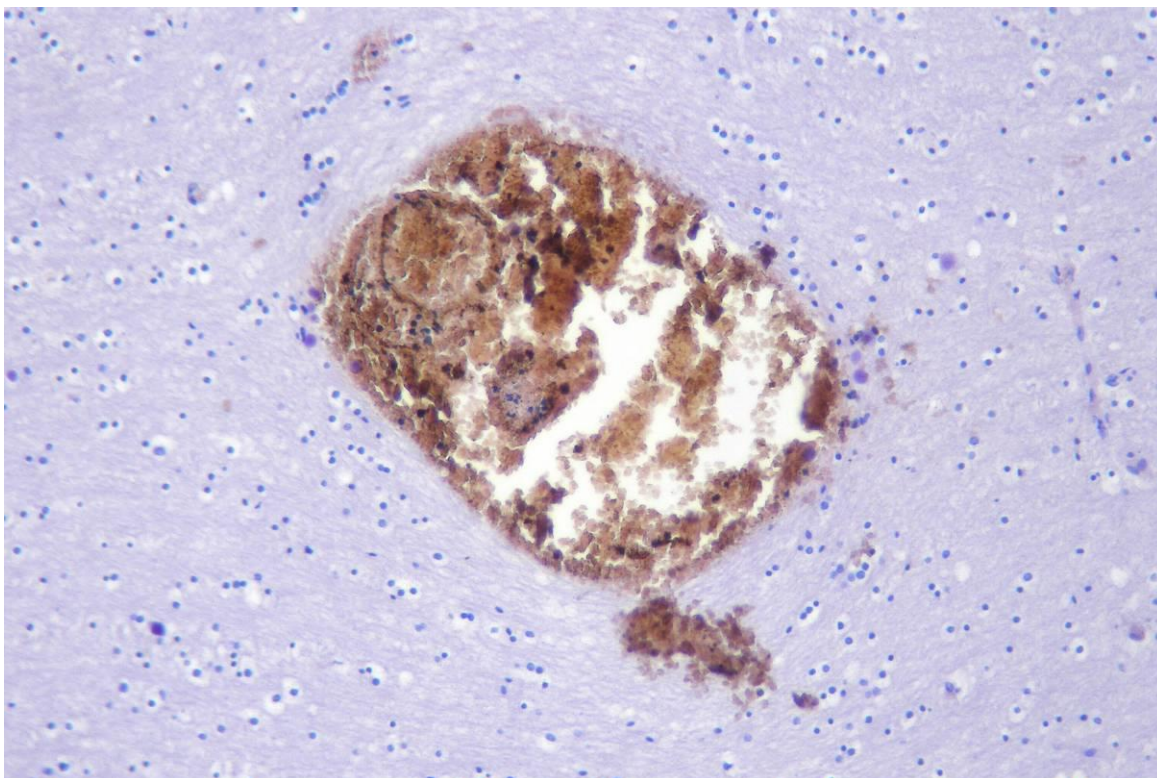
**Obr. 7.6-31 Případ 10 - muž, 31 let, zástřel hrudníku, zbraň v pitevním protokolu
neuvedena, HE 150x**



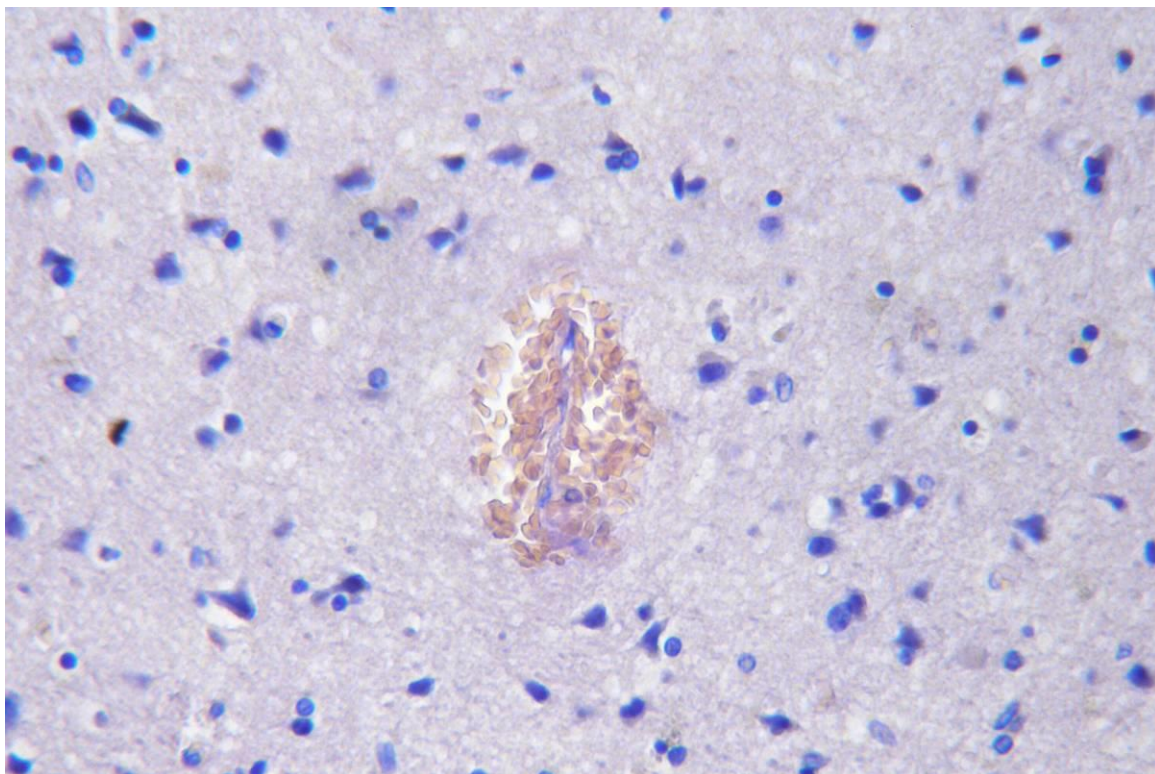
**Obr. 7.6-32 Případ 10 - muž, 31 let, zástřel hrudníku, zbraň v pitevním protokolu
neuvedena, HE 150x**



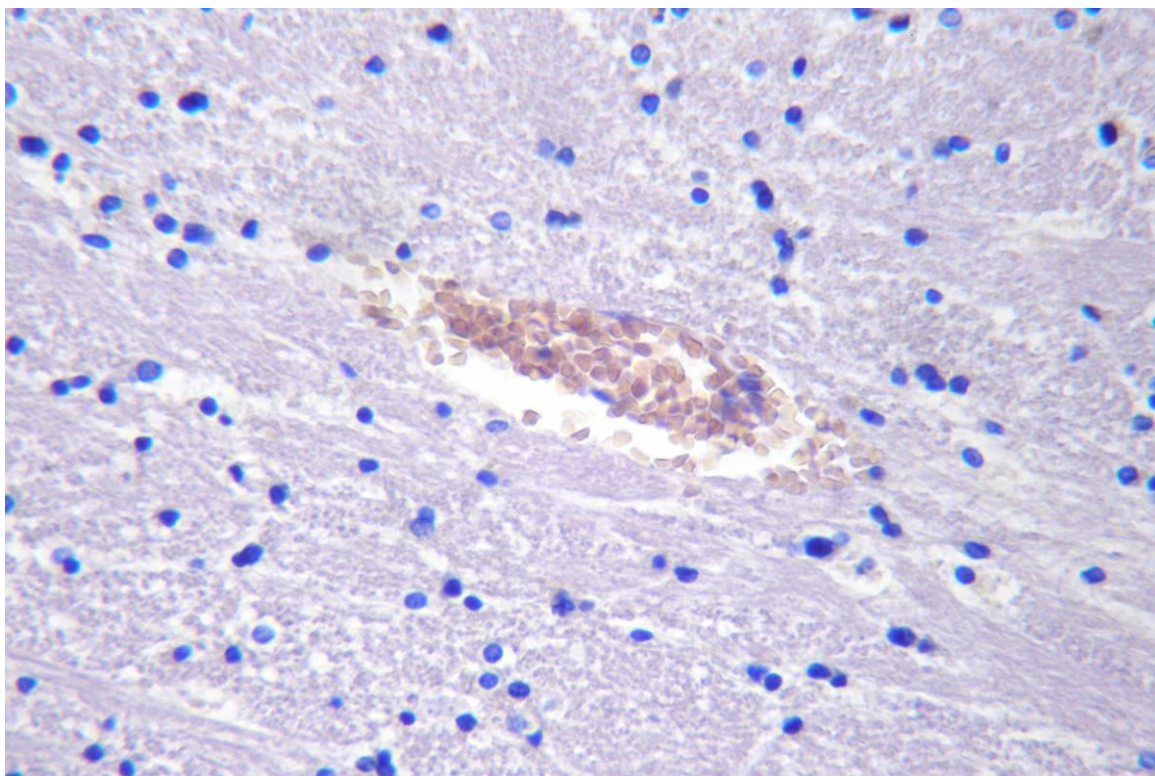
**Obr. 7.6-33 Případ 10 - muž, 31 let, zástřel hrudníku, zbraň v pitevním protokolu
neuvejena, HE 250x**



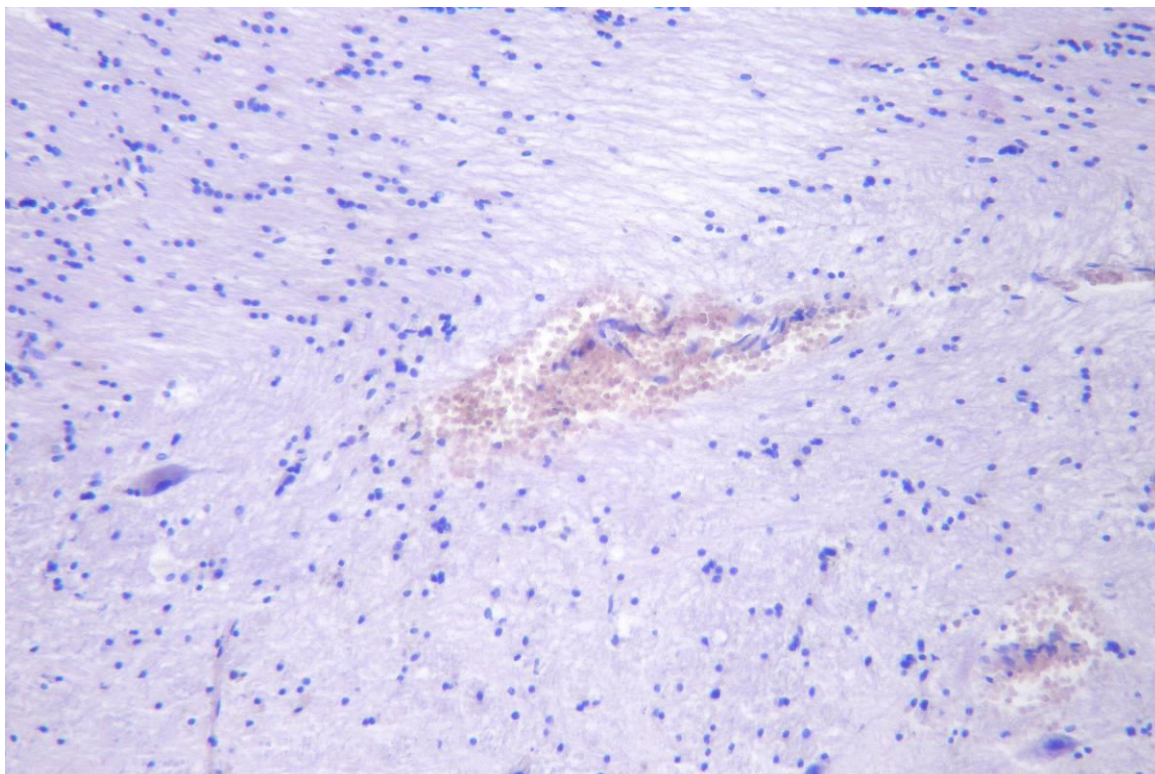
**Obr. 7.6-34 Případ 10 - muž, 31 let, zástřel hrudníku, zbraň v pitevním protokolu
neuvejena, HE 150x**



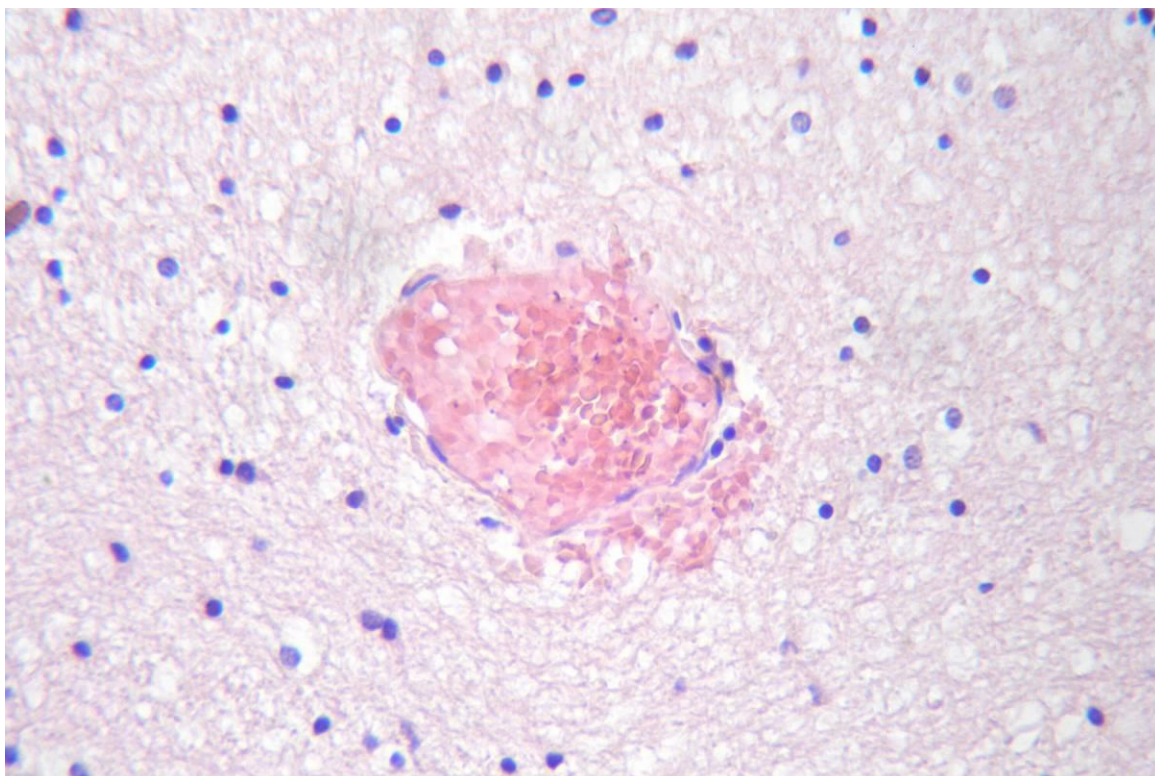
Obr. 7.6-35 Případ 11 - muž, 30 let, zástřel hrudníku, pistole ráže 9 mm, HE 250x



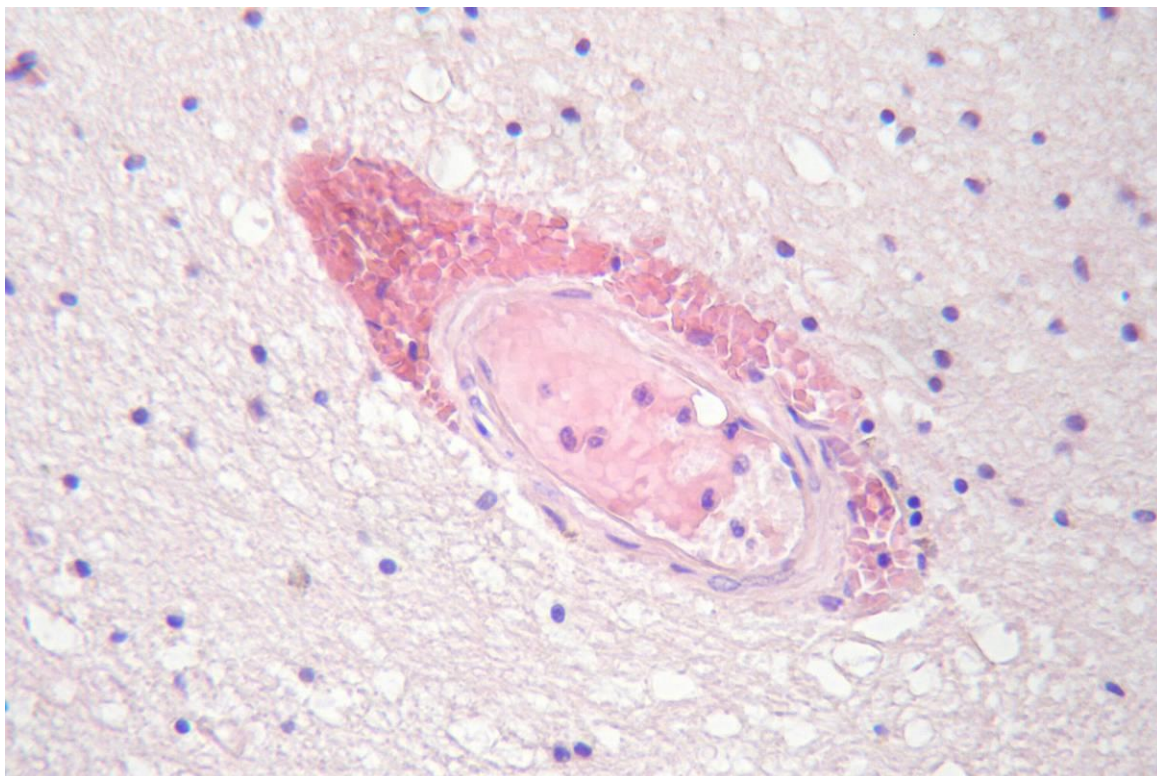
Obr. 7.6-36 Případ 11 - muž, 30 let, zástřel hrudníku, pistole ráže 9 mm, HE 250x



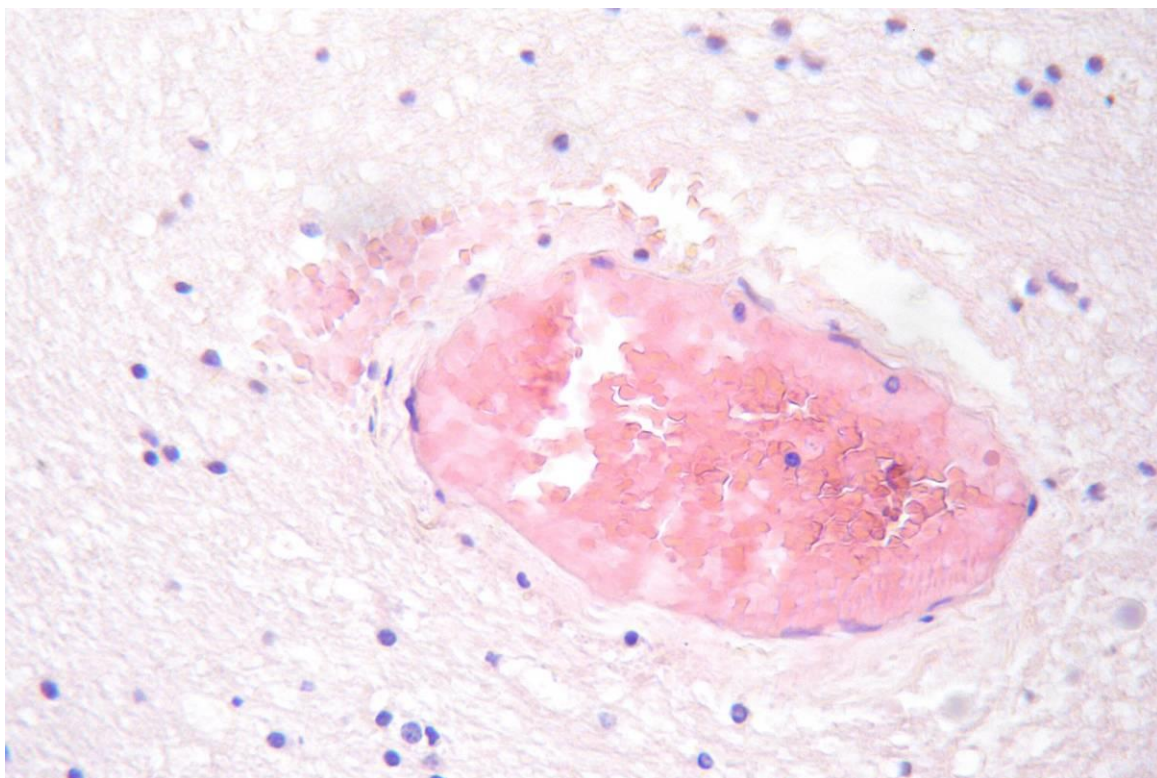
Obr. 7.6-37 Případ 11 - muž, 30 let, zástřel hrudníku, pistole ráže 9 mm, HE 150x



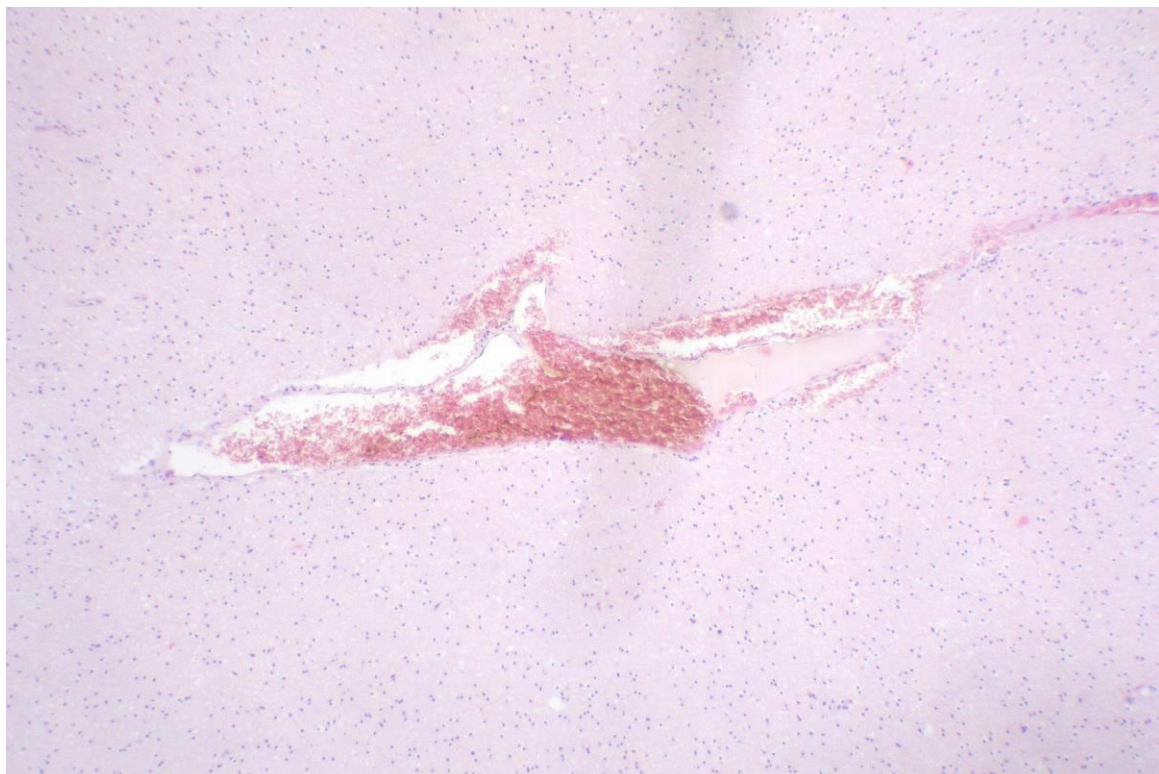
Obr. 7.6-38 Případ 12 - muž, 76 let, zástřel hrudníku, pistole ráže 6,35 mm, HE 250x



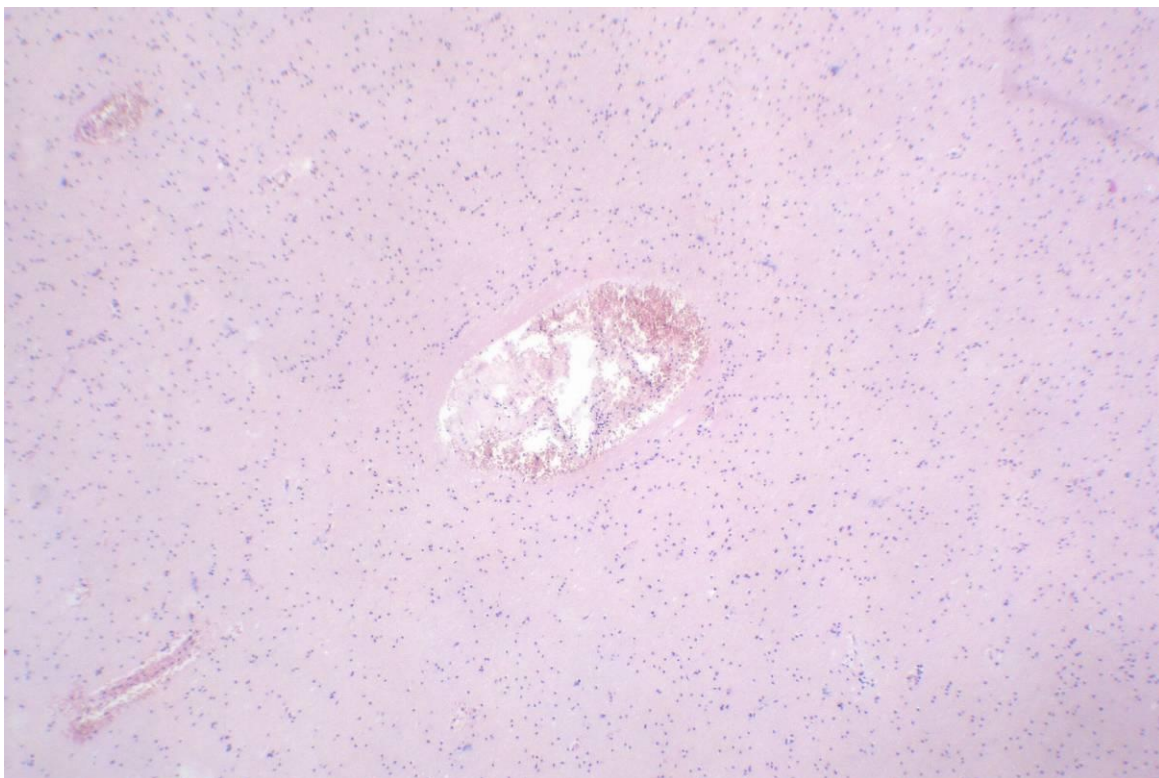
**Obr. 7.6-39 Případ 12 - muž, 76 let, zástřel hrudníku, pistole ráže 6,35 mm, HE
250x**



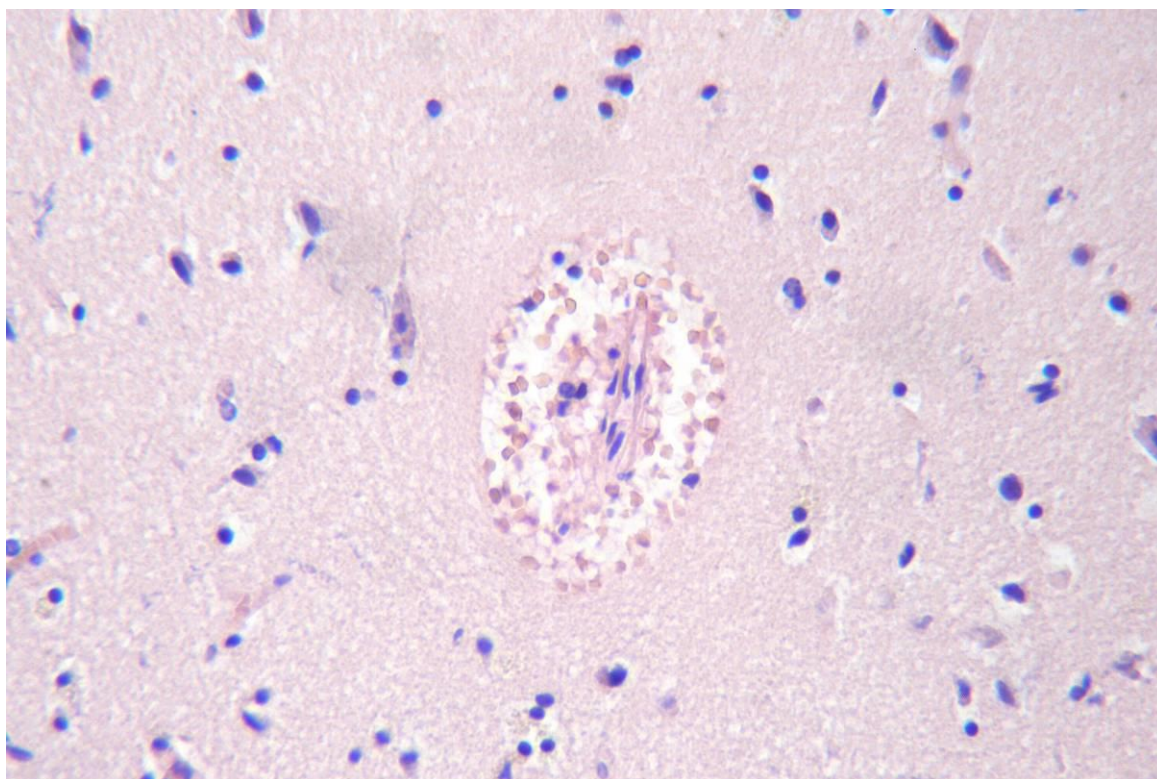
**Obr. 7.6-40 Případ 12 - muž, 76 let, zástřel hrudníku, pistole ráže 6,35 mm, HE
250x**



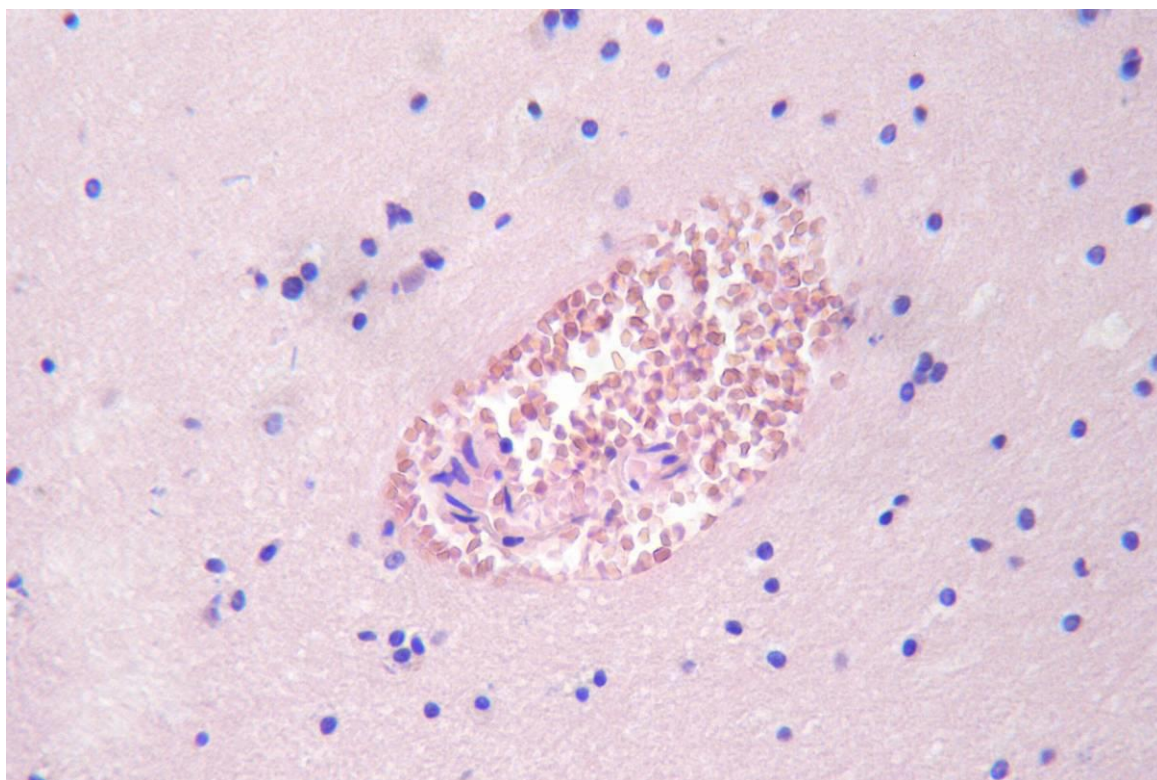
Obr. 7.6-41 Případ 13 - muž, 57 let, zástřel hrudníku, revolver ráže .44, HE 150x



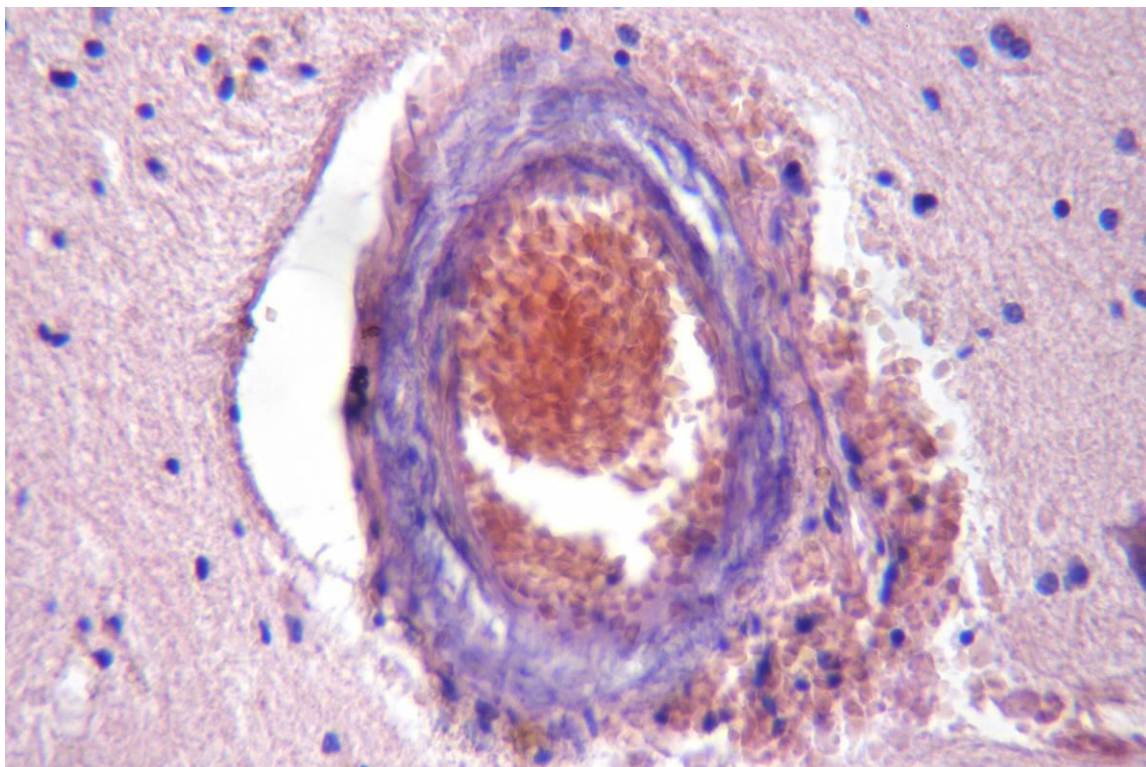
Obr. 7.6-42 Případ 13 - muž, 57 let, zástřel hrudníku, revolver ráže .44, HE 150x



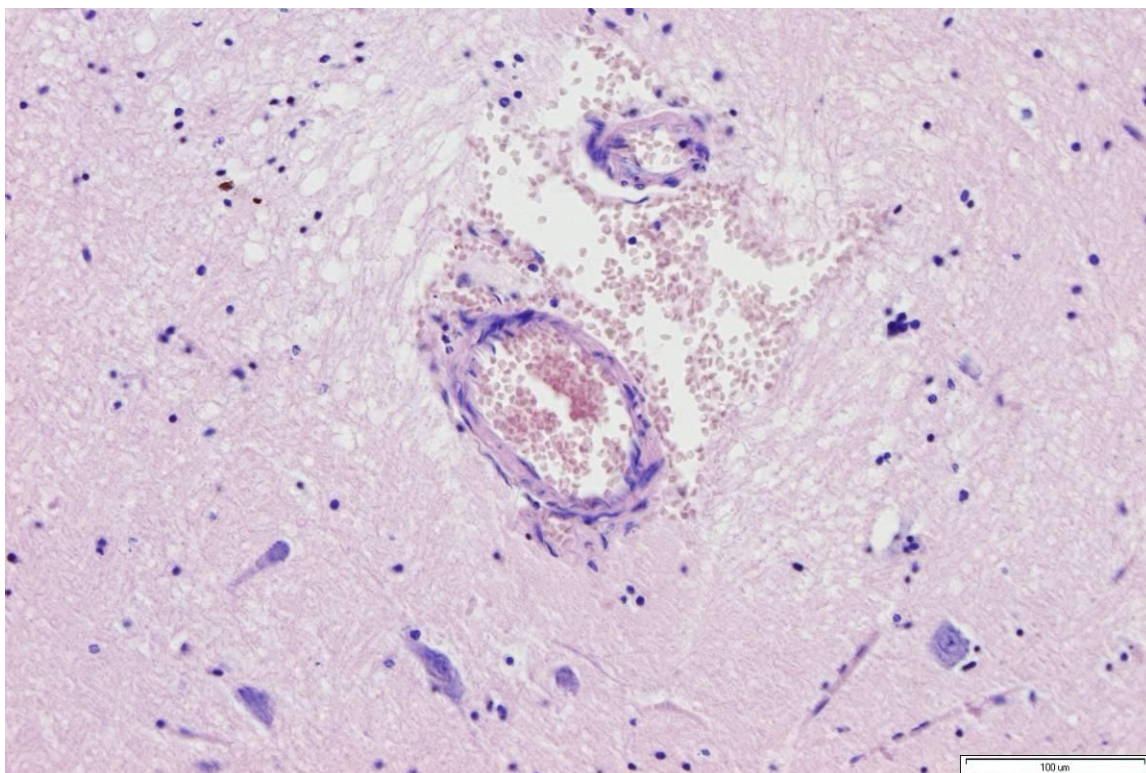
Obr. 7.6-43 Případ 13 - muž, 57 let, zástřel hrudníku, revolver ráže .44, HE 250x



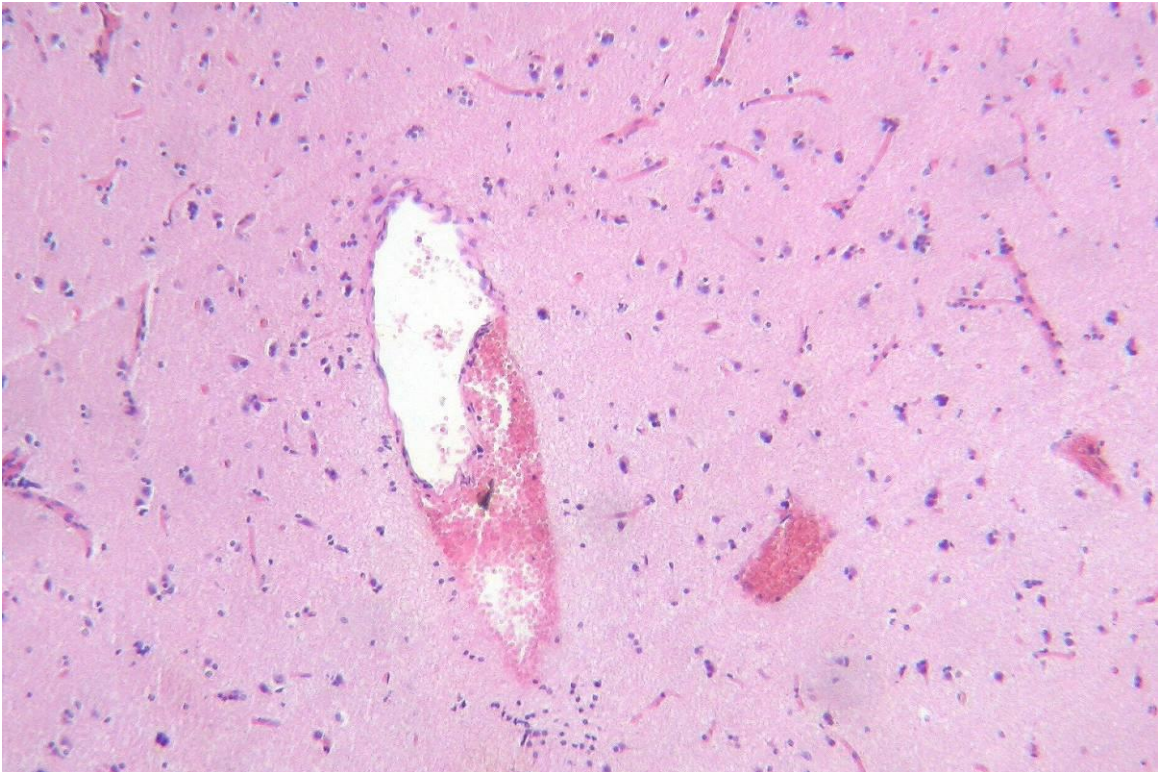
Obr. 7.6-44 Případ 13 - muž, 57 let, zástřel hrudníku, revolver ráže .44, HE 250x



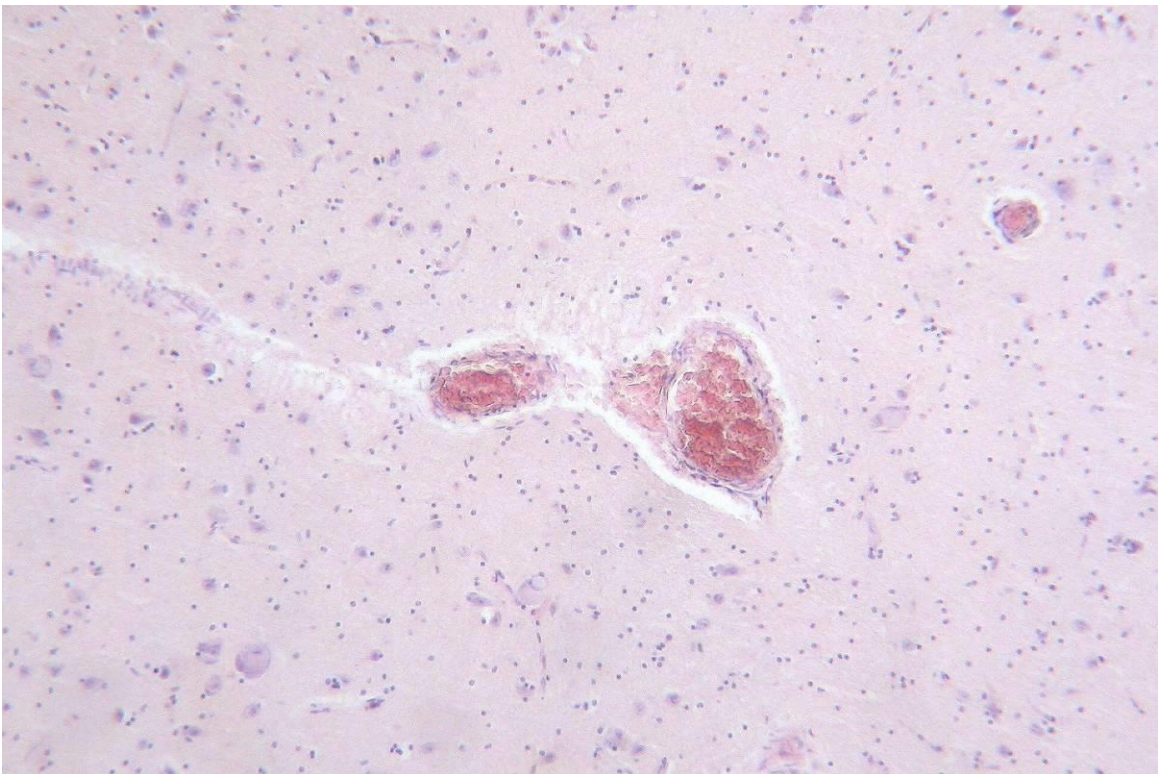
Obr. 7.6-45 Případ 13 - muž, 57 let, zástřel hrudníku, revolver ráže .44, HE 250x



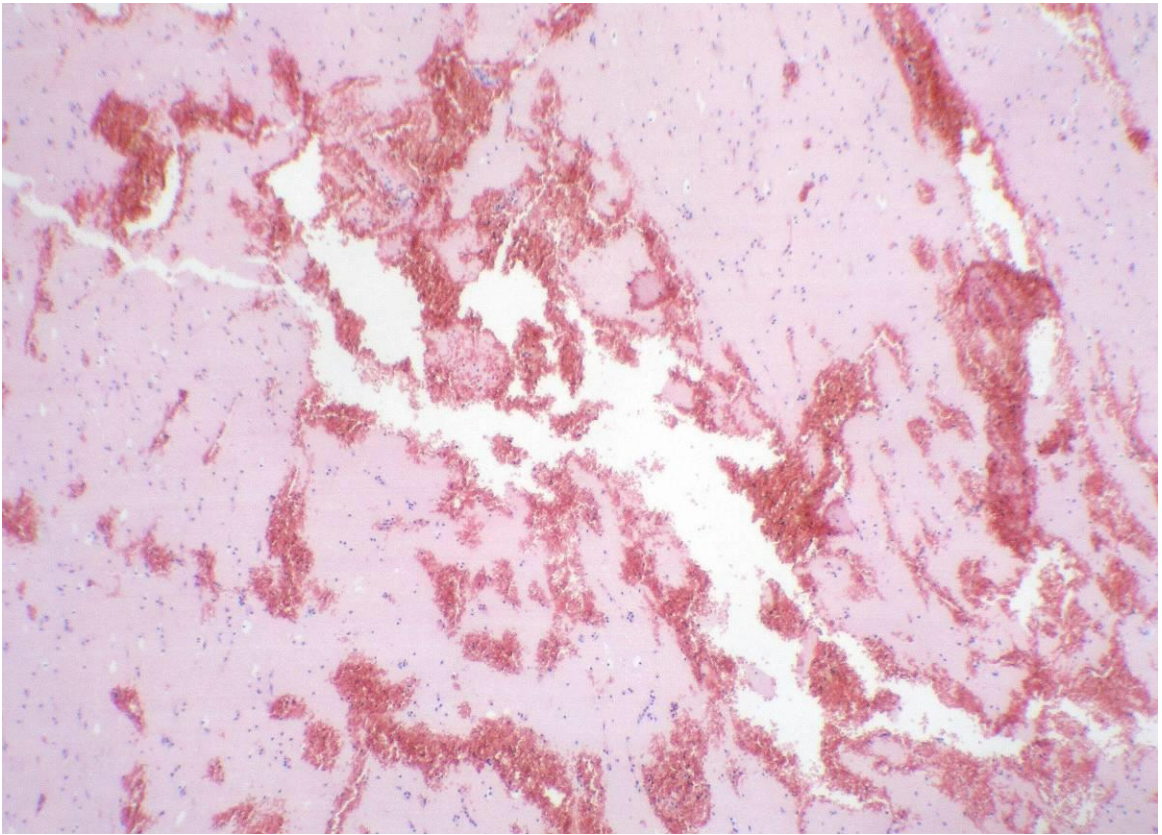
Obr. 7.6-46 Případ 14 - muž, 29 let, průstřel hrudníku, samopal SA 58 ráže 7,62 mm, HE 250x



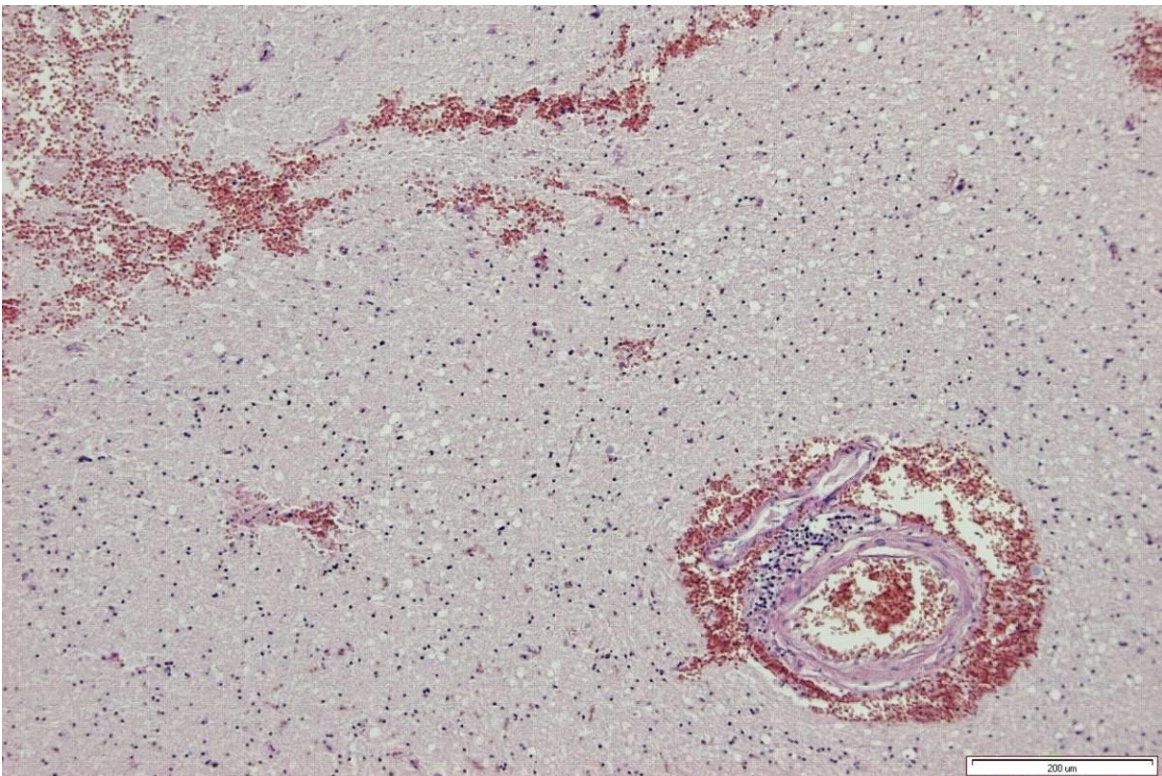
Obr. 7.6-47 Případ 15 - muž, 28 let, průstřel hrudníku, pistole Bereta ráže 9 mm, HE 150x



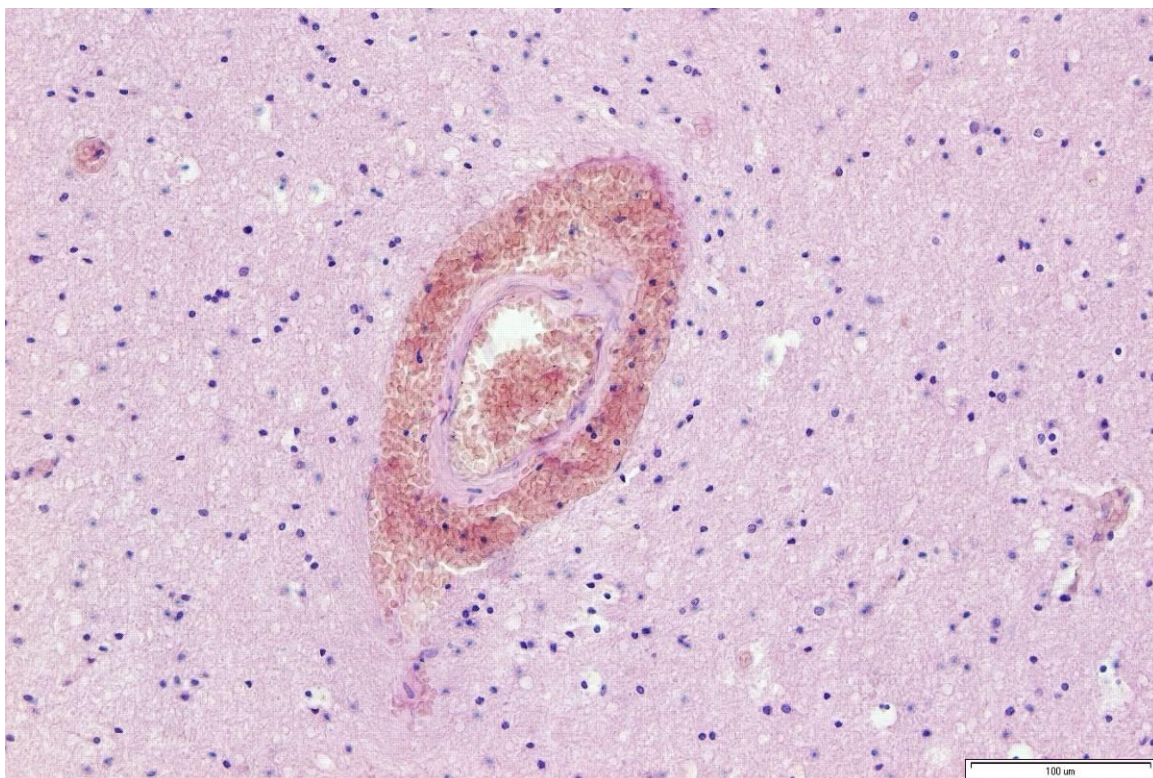
Obr. 7.6-48 Případ 16 - muž, 40 let, zástřel hrudníku, zbraň nebyla v pitevním protokolu uvedena, HE 150x



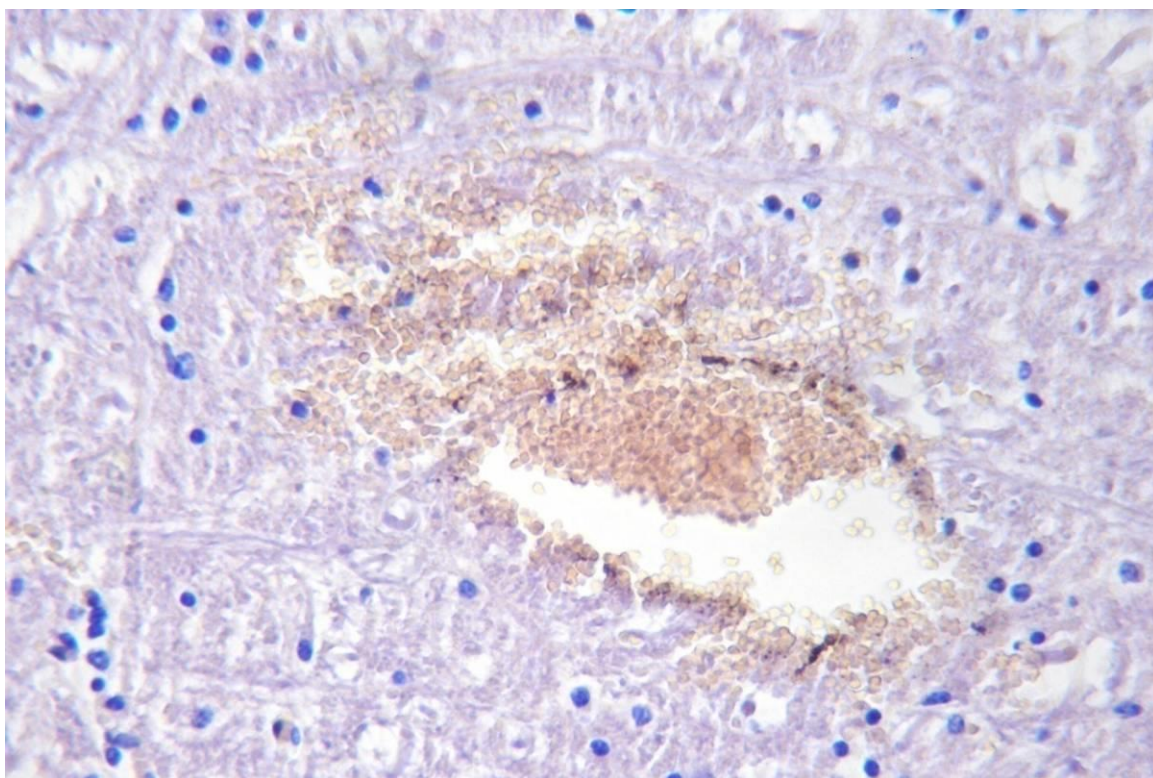
Obr. 7.6-49 Případ 17 - muž, 16 let, průstřel hlavy, pistole ráže 9 mm, HE 100x



Obr. 7.6-50 Případ 18 - muž, 74 let, průstřel hlavy, pistole ráže 7,65 mm, HE 150x



Obr. 7.6-51 Případ 19 - muž, 58 let, průstřel hlavy, pistole ráže 9 mm, HE 150x



Obr. 7.6-52 Případ 20 – mozek srnce, zástřel hrudníku, zbraň nezjištěna, HE 250x

8 DISKUZE A ZÁVĚR

V rámci hodnocení traumatických změn mozku v důsledku střelného poranění byly nejdříve statisticky zpracovány údaje z pitevních protokolů z let 1984 – 2007 archivovaných na Ústavu soudního lékařství LF MU v Brně. Za tuto dobu zde bylo provedeno celkem 45 874 zdravotních a soudních pitev. Poprvé byla provedena podrobná statistika pitev v období 1998 – 2007. Za tuto dobu deseti let bylo provedeno celkem 23 502 pitev, z toho 366 pitev zemřelých v důsledku střelného poranění. Statistickým sledováním bylo zjištěno, že mezi touto skupinou zemřelých výrazně převládají muži (94%) nad ženami (6%), k úmrtí z tohoto důvodu dochází nejčastěji mezi 31 – 60 rokem věku života, výrazně převažuje poranění jednotnou střelou (79%) nad střelou mnohotnou (9%). Poranění způsobených brokovnicí bylo dokonce méně než poranění vzniklých jateční pistolí (těch bylo 12%). Co se týče lokalizace střelného poranění na těle, absolutně převládá poranění hlavy nad jinými částmi těla. Pokud vezmeme všechna střelná poranění, tak hlava byla poraněna přímým zasažením střelou ve více než 84% případů a pokud vezmeme pouze izolované poranění hlavy bez poranění jiných částí, jednalo se o téměř 80% všech případů střelných poranění. Až daleko za poraněním hlavy je izolované poranění hrudníku (téměř 8%). Ostatní části těla (krk, břicho) byly izolovaně poraněny v minimálním množství případů, smrtelné poranění končetin dokonce nebylo vůbec zaznamenáno. U téměř 9% případu došlo k poranění více částí těla najednou buď jedinou střelou nebo mnohem častěji více střelami. Sledováním změřených hladin alkoholu bylo zjištěno, že téměř 50% zemřelých mělo negativní nález, další poměrně velká skupina zemřelých se v době smrti nacházela ve stadiu střední a těžké opilosti (dohromady cca 18%).

Základním cílem této práce však bylo zhodnotit soudně lékařské možnosti zkoumání střelných poranění a zejména posoudit výskyt perikapilárních krvácení v mozku při střelných poraněních hrudníku. Existuje několik možných variant zkoumání střelných poranění, z nichž jako nejvhodnější se pro soudního lékaře jeví varianta podrobného hodnocení reálných střelných poranění, se kterými se setká ve své praxi, a dále varianta posuzovat změny způsobené střelou na náhradním biologickém (zvířecím) materiálu. Nejvhodnějším biologickým materiálem se v prováděném experimentu ukázala kompletní prasečí kýta. Významnou poradní úlohu mají soudní lékaři zcela bez pochyb i

v sestavování modelů z náhradních umělých materiálů nejrůznějšího typu nahrazující měkké i tvrdé tkáně a zejména v sestavování poměrně složitých modelů lidského těla z nich. Zde však rozhodující roli hrají především odborníci technického zaměření se znalostmi vlastností a chování těchto materiálů.

K hodnocení existence a rozsahu vzdálených poranění u střelou zasaženého člověka jsem zvolil metodu sledování poranění mozku v podobě perivaskulárního respektive perikapilárního krvácení při střelném poranění hrudníku. K vlastnímu hodnocení byla vybrána skupina celkem 33 zemřelých v důsledku střelného poranění hrudníku, jejíž zástupci museli splňovat řadu podmínek. Muselo se jednat o izolované poranění hrudníku bez poranění jiných částí těla, poranění muselo být způsobeno pouze jedinou jednotnou střelou a k úmrtí muselo dojít krátce po vzniku poranění. Ze zasažených tvrdých tkání byla připuštěna pouze možnost zasažení žeber. Při pitvě pak muselo být vyloučeno jakékoli jiné poranění hlavy, a to i v podobě drobného prokrvácení měkkých pokrývek lebních vzniklého při pádu umírajícího. Ze všech případů z let 1984 – 2007 bylo vybráno celkem 33 poranění hrudníku, kdy okolnosti úmrtí a pitevní nález odpovídaly výše uvedeným požadavkům.

Sledování výskytu uvedených poranění probíhalo metodou zpětného hodnocení histologických preparátů mozku uložených v archivu Ústavu soudního lékařství LF MU v Brně a v případě aktuálních pitev využitím odběrů mozkové tkáně provedených k diagnostickým účelům. Po zhodnocení všech preparátů byl učiněn jednoznačný závěr o existence takovýchto typů krvácení, byť ne vždy ve stejném rozsahu. Nálezy u jednotlivých případů se lišily jak ve velikosti krvácení, tak v počtu krvácení v celém vzorku mozkové tkáně. Jednalo se o krvácení od charakteru ojedinělých volných erytrocytů až po poměrně výrazné cirkulární krvácení v okolí kapiláry. V některých případech bylo toto krvácení patrné ve všech vzorcích daného případu, jindy bylo nalezeno ojedinělé krvácení pouze v jednom ze vzorků, a to třeba až po několikerém prořezání bločku histologickou laborantkou. U starších pitev nebyly vždy k dispozici vzorky z celého mozku, nelze tedy spolehlivě určit nejčastější lokalizaci jejich výskytu. U těch případů, kde bylo možno porovnávat, se dá říci, že nečastěji bylo perikapilární krvácení zaznamenáno v bílé hmotě koncového mozku, prakticky ojediněle se pak nacházela v oblasti mozečku. Pro nalezení perivaskulárních krvácení je tedy vždy nutné pečlivé prohlédnutí více preparátů z různých částí mozku.

Podrobným zkoumáním histologických preparátů bylo prověřeno i 30 vybraných případů střelné rány hlavy z let 1998 - 2007. Zajímavým, byť samozřejmě ne neočekávaným, byl nález těchto mikroskopických krvácení prakticky v celé mozkové tkáni, tedy i na opačných stranách mozku vzhledem k lokalizaci střelného poranění. Ke zkoumaným histologickým preparátům jsem zařadil i několik preparátů mozku z ulovených srnců střelou do hrudníku. I zde byla zcela bez problémů tato krvácení nalezena. Mimochodem výzkum na ulovených kusech zvěře by mohl rovněž výrazně přispívat k objasňování mechanismu nejrůznějších traumatických změn vznikajících při střelném poranění.

V kontrolní skupině čítající celkem 58 případů úmrtí vybraných ze všech mnou prováděných soudních pitev z let 2002 – 2007 nebyla krvácení tohoto typu nalezena. Kontrolní skupina byla vybrána ze soudních pitev z toho důvodu, že v rámci nich se vždy odebírají vzorky k histologickému vyšetření z několika částí mozku. Jednalo se o pitvy lidí zemřelých z důvodu jak chorobných tak traumatických, ale vždy bez střelného poranění a dále bez jakéhokoliv poranění hlavy a hrudníku, bez chorob vyznačujícími se vznikem perivaskulárního krvácení (poruchy krevní srážlivosti, hemoblastózy, hemorrhagické diatézy). Vyloučeny byly rovněž případy některých traumatických příčin smrti, zejména dušení. Věk byl omezen horní hranicí 60 let v době smrti.

Nejpravděpodobnější teorií vzniku drobných krvácení v mozku při střelném poranění hrudníku je šíření tlakové vlny krví (díky nestlačitelnosti tekutin) z hrudníku cévním systémem až do míst, kde je velmi tenká stěna, tedy do kapilár, které nemusejí odolat zvýšenému tlaku a prasknou. Vzhledem k tomu, že v rámci výzkumu nebylo možno zcela eliminovat vliv přenosu kosterním systémem, nemůžeme pochopitelně pominout jeho možný podíl na vzniku poranění mozku. Výsledky však ukázaly, že nebyly nalezeny rozdíly mezi případy se zásahem kosti a bez zásahu kosti. Z teorie vzniku těchto vzdálených poranění je zřejmé, že můžou vzniknout v jakémkoliv orgánu či tkáni. Mozková tkáň byla vybrána především pro její vzhled v histologickém preparátu se snadnou detekcí krvácení.

Zatím ne zcela jednoznačně zodpovězenou otázkou zůstává vliv těchto krvácení na zdravotní stav poraněných jedinců. Rozsah těchto krvácení nebude pravděpodobně nikdy tak velký, že by se bezprostředně podílel na ohrožení života, i když ani toto např. v podobě podílu na šokovém stavu nemůžeme zcela opominout. V poslední době proběhlo či probíhá řada studií snažících se objasnit vliv těchto změn na funkce mozku.

Tyto výzkumy jsou zaměřeny především na objasnění vztahu mezi těmito zdánlivě nepatrnými změnami a vývojem demence. Perivaskulární mikrohemoragie či stopy po nich jsou totiž velmi často detekovány u lidí s rozvinutou demencí, zejména u lidí nad 70 let věku [36]. Probíhají výzkumy jak u živých jedinců tak post mortem. Je uváděno, že přibližně 20% demencí vzniká na podkladě cerebrovaskulárního onemocnění, zejména v důsledku atero – a arteriolosklerózy. Část onemocnění by však mohlo mít na svědomí i postižení kapilárního řečiště mozku [38]. Objevují se názory, že by právě v místě těchto hemoragií mohli vznikat po čase tzv. senilní plaky [37]. V dalších pracích je hojně diskutována přímo otázka vlivu stárnutí drobných mozkových cév na rozvoj demence včetně rozvoje Alzheimerovy choroby [39] a dokonce i možnosti, jak terapeuticky zpomalit tyto procesy [40]. Neméně zajímavým problémem je dále diagnostika těchto změn u živých jedinců. Jako neoptimálnější se v dnešní době jeví užití magnetické rezonance v podobě 3D MRI, která je schopna detekovat nepatrné morfologické změny kůry mozkové i mikrohemoragie kolem drobných cév [41]. Otázkou zůstává nadále možnost léčby těchto stavů, používají se zejména preparáty ke stabilizaci cévní stěny. V souvislosti s nálezem mikrohemoragií u lidí se střelným poraněním se tedy nastoluje otázka, zda vznik těchto krvácení u mladého člověka, v případě že přežije primární poranění, nezpůsobí rychlejší rozvoj procesů vedoucích k demenci. Toto se stává aktuálním již v dnešní době z důvodu četných ozbrojených konfliktů v řadě zemí světa na jedné straně a pokročilosti akutní medicíny i v obtížných bojových podmínkách zachraňovat zraněné na straně druhé. Cílem péče o zraněného by mělo být nejen zachránit život, ale odpovídající péčí se vyvarovat i možným následkům jeho poranění, čímž je míněno i např. zabránění předčasné demenci v aktivním věku.

Dalším typem možného následku perikapilárních krvácení v mozku je možnost vzniku epileptogenního ložiska. Ani tato problematika není ještě zcela dostatečně prozkoumána. V současné době probíhají především studie týkající se epilepsií u střelných poranění hlavy [42].

Jiné nebezpečí těchto krvácení se přímo dotýká předpokládaného způsobu jejich vzniku, tedy v podstatě prasknutí drobné cévy v mozkové tkáni, čímž je narušena její struktura a hrozí možnost vzniku krevní sraženiny s následnou ischemií tkáně. Dále u cév s projevy aterosklerózy by mohlo dojít šířící se tlakovou vlnou k narušení ateromového plátu s následnou embolizací.

V problematice perikapilárních krvácení v mozku, jak se zdá, je stále více otázek než odpovědí a mělo by být snahou všech zainteresovaných intenzivně se podílet na jejich zodpovězení, např. v podobě důkladného zpětného hodnocení zdravotního stavu lidí, kteří dlouhodobě přežívají po střelném poranění.

LITERATURA

- [1] HÝKEL J., MALIMÁNEK V. Náboje do ručních palných zbraní. 2. vyd. Praha: Naše vojsko, 2002. 549s. ISBN 80-206-0641-6.
- [2] LUGS J. Ruční palné zbraně I. Praha: Naše vojsko, 1956. 401s. HSV 108.222/u/54/SV2.
- [3] KOLEKTIV AUTORŮ. Soudní lékařství. Praha: Grada, 1999. 606s. ISBN 80-7169-728-1.
- [4] KNEUBUEHL BEAT P. Balistika. Praha: Naše vojsko, 2004. 235s. ISBN 80-206-0749-8.
- [5] KLEIN L., FERKO A. A KOLEKTIV. Principy válečné chirurgie. Praha: Grada, 2005. 132s. ISBN 80-247-0735-7.
- [6] DI MAIO VINCENT J. M. Gunshot wounds. Second edition. Boca Raton: CRC Press, 1999. 402s. ISBN 0-8493-8163-0
- [7] WALLACE J. S. Chemical Analysis of Firearms, Ammunition, and Gunshot Residue. Boca Raton: CRC Press, 2008. 289s. ISBN 978-1-4200-6966-2.
- [8] HUESKE E. E. Practical Analysis and Reconstruction of Shooting Incidents. Boca Raton: CRC Press, 2006. 322s. ISBN 0-8493-2330-4
- [9] HAAG L. C. Shooting incident reconstruction. Burlington: Academy Press, 2006. 344s. ISBN 978-0-12-088473-5
- [10] SMRČKA M. A KOLEKTIV. Poranění mozku. Praha: Grada, 2001. 272s. ISBN 80-7169-820-2
- [11] DODD M. J. Terminal Ballistics. Boca Raton: CRC Press, 2006. 212s. ISBN 0-8493-3577-9.
- [12] DOLINAK D., MATSHES E., LEW E. Forensic Pathology. Burlington: Elsevier Academic Press, 2005. 690s. ISBN 978-0-12-219951-6.
- [13] POKORNÝ V. A KOL. Traumatologie. Praha: Triton, 2002. 307s. ISBN 80-7254-277-X.
- [14] POVÝŠIL C., ŠTEINER I. ET AL. Speciální patologie. 2. vyd. Praha: Galén, 2007, 430s. ISBN 978-80-7262-494-2.

- [15] YAO C., WILLIAMS A. J., OTTENS A. K., MAY LU X. C., CHEN R., WANG K. K., HAYES R. L., TORTELLA F. C., DAVE J. R. Detection of protein biomarkers usány high-throughput immunoblotting following focal ischemic or penetrating ballistic-like brain injurie in rats. *Brain Inj.* 2008 Sep, 22(10): 723-32.
- [16] ŠTEFAN J., KELLEROVÁ V., NEUWIRTH J. Difušní axonální poranění mozku a jeho diagnostika. Praha: Karolinum, 2005. 221s. ISBN 80-246-0966-5.
- [17] WAY LAWRENCE W. A KOLEKTIV. Současná chirurgická diagnostika a léčba, 2. díl. Praha: Grada, 1998. 1659s. ISBN 80-7169-397-9.
- [18] OEHMICHEN M., MEISSNER C. Routine technigues in forensic neuropatology as demonstrated by gunshot injury to the head. *Led Med (Tokyo)*. 2009 Mar 9. (Roub ahead of print).
- [19] KRAJSA J., HIRT M. Základní biologický model pro zkoušky ranivé balistiky. *Soud Lek.* 2006 Oct;51(4):52-4.
- [20] JUŘÍČEK L., PLÍHAL B., KOMENDA J. Náhradní materiály biologických tkání v balistickém experimentu. Sborník VA Brno. Řada „B“ 2/2002.
- [21] ELSAYEF N. M., ATKINS J. L. Explosion and Blast- Related Injuries. Burlington: Elsevier Academic Press, 2008. 380s. ISBN 978-0-12-369514-7.
- [22] COURTNEY A. C., COURTNEY M. W. A thoracic mechanism of mild traumatic brain injury due to blast pressure waves. *Med Hypothese*. 2009 Jan, 72(1): 76-83.
- [23] KARASU A., SABANCI P. A., CANSEVER T., HEPGÜL K. T., IMER M., DOLAS I., TAVILOGLU K. Epidemiological study in head injury patiens. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2009 Mar, 15(2):159-63.
- [24] PARADOT G., AGHAKANI N., MONTPELLIER D., PARKER F., TADIÉ M. Craniocerebral gunshot wounds: a study of outcome predictors. *Neurochirurgie*. 2008 Apr, 54(2): 79-83.
- [25] BENEŠ V. ET AL. Ischémie mozku, Praha: Galén, 2003. 205s. IBSN 80-7262-186-6.
- [26] ČIHÁK R. Anatomie 3, druhé vydání. Praha: Grada, 2004. 673s. ISBN 80-247-1132-X.
- [27] JUNQUEIRA L. C., CARNEIRO J., KELLEY R. O., Základy histologie, Jinočany H & H, 1997. 502s. IBSN 80-85787-37-7.
- [28] BEDNÁŘ B. A SPOLUPRACOVNÍCI. Patologie, Praha: Avicenum, 1984. 1855s.

- [29] Hydrostatic shock [on line]. [cit. 27. 5. 2009]. Dostupné na http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrostatic_shock
- [30] KOMENDA J., ROZEHNAL D., JUŘÍČEK L., PLÍHAL B., ROUBAL P. Simulace účinku rázové vlny od pronikající střely na cévní systém. Sborník VA Brno. Řada „B“ 2/1999.
- [31] SUNESON A., HANSSON H.A., SEEMAN T. Pressure wave injuries to the nervous system caused by high-energy missile extremity impact: Part II. Distant effects on the central nervous system--a light and electron microscopic study on pigs. *J Trauma*. 1990 Mar;30(3):295-306.
- [32] SPERRY K. Scleral and conjunctival hemorrhages arising from a gunshot wound of the chest. *J Forensic Sci* 1993; 1: 203-209.
- [33] KNUDSEN S. K., OEN E. O. Blast-induced neurotrauma in whales. *Neuroscience Research*. Volume 46. Issue 3. July 2003. Pages 377-386.
- [34] HIRT M., KRAJSA J., VOJTÍŠEK T. Perivascular Brain Microhaemorrhages Accompanying a Penetrating Gunshot Wound of the Chest . *Čes. a slov. Neurol. Neurochir.* 68/101, 2005 No. 2, p. 116-118.
- [35] HIRT M., KRAJSA J. Krvácení v perivaskulárních prostorech mimo oblast střelného kanálu u poranění mozku. *Čes. a slov. Neurol. Neurochir.* 68/101, 2005 No. 1, p. 26-28.
- [36] CULLEN K. M., KÓCSI Z., STONE J. Pericapillary haem-rich deposits: evidence for microhaemorrhages in aging human cerebral cortex. *J Cereb Blood Flow Metab.* 2005 Dec, 25 (12): 1656-67.
- [37] CULLEN K. M., KÓCSI Z., STONE J. Microvascular pathology in the aging human brain: evidence that senile plaques are sites of microhaemorrhages. *Neurobiol Aging*. 2006 Dec, 27(12):1786-96.
- [38] KNOPMAN D. S. Cerebrovascular disease and dementi. *Br J Radiol.* 2007 Dec, 80 Spec No 2:S121-7.
- [39] O ROURKE M. F. Arterial aging: pathophysiological principles. *Vas Med.* 2007 Nov, 12(4): 329-41.
- [40] BOCHE D., ZOTOVA E., WELLER R. O., LOVE S., NEAL J, W., PICKERING R. M., WILKINSON D., HOLMES C., NICOLL J. A. Consequence of Abeta immunization on the vasculature of human Alzheimers disease brain. *Brain*. 2008 Dec, 131(Pt 12): 3299-310.

- [41] JOUVENT E., MANGIN J. F., PORCHER R., VISWANATHAN A., O SULLIVAN M., GUICHARD J. P., DICHGANS M., BOUSSER M. G., CHABRIAT H. Cortical changes in cerebral small vessel diseases: a 3D MRI study of cortical morphology in CADASIL. *Brain*. 2008 Aug, 131(Pt 8): 2201-8.
- [42] EFTEKHAR B., SAHRAIAN M. A., NOURALISHAHI B., KHAJI A., VAHABI Z., GHODSI M., ARAGHIZADEN H., SOROUSH M. R., ESMAEILI S. K., MASOUMI M. Prognostic factors in the persistence of posttraumatic epilepsy after penetrating head injury sustained in war. *J Neurosurg*. 2009 Feb, 110(2):319-26.