Karboksihemoglobin kao pokazatelj ulazne strijelne rane nastale pucanjem iz blizine

Baković, Marija

Doctoral thesis / Disertacija

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:810847

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
MEDICINSKI FAKULTET

Marija Baković

Karboksihemoglobin kao pokazatelj ulazne strijelne rane nastale pucanjem iz blizine

DISERTACIJA

Zagreb, 2013.

Disertacija je izrađena u Zavodu za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Voditelj rada: doc. dr. sc. Davor Mayer

Zahvaljujem mentoru doc. Davoru Mayeru na stalnim poticajima i ohrabrenjima, iskrenoj kritici i velikoj podršci tijekom izrade ove doktorske disertacije.

Također, veliko hvala kolegama sa Zavoda za sudsku medicinu i kriminalistiku na iskazanom razumijevanju i stručnoj pomoći!

Ovaj rad posvećujem svojoj obitelji i prijateljima koji su uvijek uz mene.

Sadržaj

I. UVOD I SVRHA RADA 1

1. EPIDEMIOLOGIJA STRIJELNIH OZLJEDA 2
2. ZAKON O ORUŽJU 5
3. RUČNO VATRENO ORUŽJE I STRELJIVO 10

3.1 Povijesni razvoj (ručnog) vatrenog oružja i streljiva 10

3.2. Suvremeno ručno vatreno oružje 11

3.3. Streljivo za ručno vatreno oružje 17

4. BALISTIKA STRIJELNE OZLJEDE I MEHANIZAM OZLJEĐIVANJA 22
5. KLASIFIKACIJA I MORFOLOGIJA STRIJELNIH RANA 25

5.1. Morfologija ulaznih strijelnih rana 26

5.1.1. Ulazne strijelne rane nastale pucanjem iz apsolutne blizine 27

5.1.2. Ulazne strijelne rane nastale pucanjem iz relativne blizine 28

5.1.3. Ulazne strijelne rane nastale pucanjem iz daljine 29

5.2. Morfologija izlaznih strijelnih rana 29

5.3. Morfologija strijelnih rana nastalih djelovanjem sačme 30

6. MORFOLOGIJA ATIPIČNIH STRIJELNIH RANA 34

6.1. Atipična morfologija ulazne rane 34

6.2 Atipična morfologija izlazne rane 36

6.3. Atipični defekti na plosnatim kostima 36

6.4. Postmortalno promijenjena strijelna rana 37

7. MATERIJALNI TRAGOVI PUCANJA 38

7.1. Sastav materijalnih tragova pucanja 38

7.2. Otkrivanje materijalnih tragova pucanja 39

8. OBRADA STRIJELNE OZLJEDE 43

8.1 Diferencijalna dijagnostika ulazne i izlazne rane i određivanje udaljenosti pucanja 45

9. UGLJIČNI MONOKSID 47

9.1 Patofiziologija 47

9.2 Izvori ugljičnog monoksida 48
9.3 Otrovanje ugljičnim monoksidom 48
9.4 Kemijskotoksikološka analiza 49
10. UGLJIČNI MONOKSID U STRIJELNOJ OZLJEDI – DOSADAŠNJE SPOZNAJE 51
11. SVRHA RADA 54
II. HIPOTEZA 56
III. CILJEVI RADA 58
IV. UZORAK I METODE 60
1. UZORAK 60
2. KEMIJSKOTOKSIKOLOŠKA ANALIZA UZORAKA 63
3. PRIBAVLJANJE I GRUPIRANJE PODATAKA 64
4. STATISTIČKA ANALIZA 66
V. REZULTATI 67
VI. RASPRAVA 82
VII. ZAKLJUČCI 98
VIII. SAŽETAK 100
IX. SUMMARY 103
X. POPIS LITERATURE 106
XI. ŽIVOTOPIS 115

I. UVOD I SVRHA RADA

1. EPIDEMIOLOGIJA STRIJELNIH OZLJEDA

Strijelne ozljede su ozljede nastale djelovanjem ručnog vatrenog oružja. Ručno vatreno oružje su naprave iz kojih se pomoću potisnutog djelovanja barutnih plinova izbacuje kroz cijev zrno, kugla, sačma, strelica ili drugi projektil. Ozljede nastale djelovanjem ručnog vatrenog oružja predstavljaju značajan medicinski i sudskomedicinski problem.

Količina ručnog vatrenog oružja u svijetu je procijenjena na 875 milijuna komada, a oko 75 posto nalazi se u posjedu građana [1]. Nadalje, svake godine se proizvede oko 8 milijuna novih komada ručnog vatrenog oružja te 10 do 15 milijardi komada streljiva [2]. Stope posjedovanja ručnog vatrenog oružja na 100 stanovnika pokazuju veliki raspon od 90 komada u SAD-u do manje od 1 jednog komada u Gani [3].

Tijekom Domovinskog rata na području Republike Hrvatske našle su se velike količine raznog vatrenog oružja, streljiva i minsko-eksplozivnih sredstava. Po završetku rata, najveći dio oružja stavljen je pod nadzor Oružanih snaga Republike Hrvatske i Ministarstva unutarnjih poslova no, dio oružja ostao je u nezakonitom posjedu građana. Od završetka Domovinskog rata u Hrvatskoj je proveden niz aktivnosti i mjera kojima je cilj bio smanjiti količinu nezakonito posjedovanog oružja. Provedene su izmjene i dopune zakonskih propisa koji su omogućili dobrovoljnu predaju oružja, kao i niz akcija kao što su akcije "Zbogom oružje" i "Manje oružja – manje tragedija". Teško je dati točnu procjenu količine oružja koja je još uvijek u nezakonitom posjedu građana, ali, ovisno o izvoru podataka, u Hrvatskoj građani posjeduju oko 950.000 komada ručnog vatrenog oružja [1, 4]. Dio čini registrirano oružje (25. kolovoza 2009. godine bilo je registrirano ukupno 357.343 komada oružja kod 184.264 osobe [5], a ostalih oko 600.000 komada [4] jest oružje u nezakonitom posjedu građana.

Ako se u obzir uzme samo registrirano oružje, onda na 100 stanovnika u Hrvatskoj postoji gotovo 9 komada ručnog vatrenog oružja. Na ljestvici od 178 zemalja, Hrvatska drži 26. mjesto prema broju komada ručnog vatrenog oružja koje posjeduju građani [1]. Ovome treba pribrojiti i oružje koje posjeduju Oružane snage Republike

Hrvatske (procijenjeno na 260.000 [4] do 620.000 komada oružja [6]) te snage Hrvatske policije Ministarstva unutarnjih poslova (procijenjeno na 14.000 [6] do 38.000 [4] komada oružja).

Prema riječima Kofia A. Annana, generalnog tajnika Ujedinjenih Naroda od 1997. do 2006., ručno vatreno oružje svake godine uzrokuje više smrti nego što su ih prouzročile atomske bombe bačene na Hiroshimu i Nagasaki te bi ručno vatreno oružje, prema broju smrti koje uzrokuje, zapravo trebalo nazivati "oružjem za masovno uništenje" [7].

U današnjem svijetu ručno vatreno oružje koristi se kao sredstvo u različitim situacijama, od ratnih oružanih sukoba, terorističkih napada, sukoba povezanih s organiziranim kriminalom, nasilju u obitelji do situacija kao što su lov i sportskih događaja.

Svaki dan u svijetu oko 1000 ljudi smrtno strada od posljedica ozljeđivanja ručnim vatrenim oružjem [8, 9]. Od navedenih 1000 smrtnih slučajeva, u prosjeku se radi o oko 560 ubojstava, 250 smrtnih slučajeva koji su posljedica ratnih sukoba te oko 140 samoubojstava i 50 nesretnih slučajeva ili slučajeva kod kojih prava namjera nije utvrđena [9]. Ovi podatci jasno ukazuju da se većina smrtnih slučajeva koji nastaju kao posljedica djelovanja ručnog vatrenog oružja događa u mirnodopskim uvjetima, daleko od područja ratnih događanja. Prema podatcima Svjetske zdravstvene organizacije, oko 63% svih ubojstava u 2000. godini počinjeno je ručnim vatrenim oružjem [10].

U skladu s gore navedenim podatcima o zamjetnoj količini i registriranog i nezakonito posjedovanog oružja u Hrvatskoj, prema broju smrtnih slučajeva na 100.000 stanovnika koji nastaju kao posljedica djelovanja ručnog vatrenog oružja, Hrvatska se nalazi u samom Europskom vrhu [11]. Stopa smrti od strijelnih ozljeda u Hrvatskoj nešto je viša od 3 na 100.000 stanovnika, dok je u zemljama u okruženju (Slovenija 2.4, Austrija 2.9, Italija 1.3, Mađarska 0.8) nešto ili značajno manja. Europske države koje imaju veću stopu od Hrvatske su Finska (3.6), Crna Gora (8.6) i Srbija (3.9) [11].

U 2010. godini u Hrvatskoj su zabilježena 133 smrtna slučaja zbog strijelnih ozljeda. Najveći je bio udio samoubojstava (104 smrtna slučaja), ubojstva su bila zastupljena u

manjoj mjeri (25 smrtnih slučajeva), dok su nesretni slučajevi (3) i nerazjašnjeni slučajevi (1) zastupljeni u znatno manjoj mjeri.

Za razliku od europskih država, stopa smrti povezanih s ručnim vatrenim oružjem u Sjedinjenim Američkim Državama kreće se iznad 10 smrti na 100.000 stanovnika [12]. U 2011. godini zabilježena su 32.163 smrtna slučaja uzrokovana ručnim vatrenim oružjem, od čega je najveći bio udio samoubojstava (oko 61%), potom ubojstava (oko 35%), a ostatak čine nesretni slučajevi i slučajevi kod kojih okolnosti nisu utvrđene [13]. Ozljede nastale djelovanjem ručnog vatrenog oružja su jedan od deset vodećih uzroka smrti u SAD, a osobito među mladima [14].

2. ZAKON O ORUŽJU

Pitanja nabave, držanja, nošenja, sakupljanja, proizvodnje, popravljanja i prepravljanja, prometa, prijevoza oružja, civilnih strelišta, ispitivanja i obilježavanja žigom vatrenog oružja te promet streljiva na malo u RH regulirana su Zakonom o oružju (NN 63/07, 146/08, 59/12) [15]. Ovaj je Zakon usklađen s Direktivama Vijeća Europske Unije o kontroli nabavljanja i držanja oružja (Direktiva Vijeća 91/477/EEZ od 18. lipnja 1991. i Direktiva 2008/51/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 21. svibnja 2008.).

Prema ovom Zakonu, oružje je naprava izrađena ili prilagođena da pod pritiskom zraka, barutnih i drugih plinova ili drugog potisnog sredstva može izbaciti zrno, kuglu, sačmu ili neki drugi projektil, odnosno raspršiti plin ili tekućinu te druge naprave koje su namijenjene za samoobranu, lov ili šport. Oružjem se smatraju i bitni dijelovi oružja (cijev s ležištem metka, cijevni umetak, zatvarač, navlaka, rukohvat s mehanizmom za okidanje te bubanj kod revolvera).

Oružje je kategorizirano u skupine A do D:

- Oružje kategorije A - zabranjeno oružje:
    1. vojni projektili s eksplozivnim punjenjem i bacači
    2. automatsko vatreno oružje
    3. vatreno oružje koje je skriveno u drugim predmetima
    4. streljiva s probojnim, eksplozivnim ili zapaljivim projektilima te projektili za takvo streljivo
    5. streljivo za pištolje i revolvere s projektilom koje ima ekspanzijski učinak i projektili za takvo streljivo osim streljiva za lov ili športsko oružje za osobe kojima je dozvoljeno koristiti ga
    6. vojno oružje
    7. eksplozivno oružje i njegovi dijelovi
    8. posebna oprema sukladno posebnom zakonu

9. oružje koje je izrađeno ili prerađeno bez odobrenja za promet s oružjem, osim oružja iz točke 3. kategorije C i točke 2. kategorije D
10. poluautomatsko vatreno oružje za civilnu uporabu, koje je slično automatskom vatrenom oružju
11. sve vrste oružja s integralnim prigušivačima, prigušivači namijenjeni oružju i dijelovi za prigušivače.

- Oružje kategorije B - dozvoljeno oružje za koje je potrebno prethodno odobrenje:

1. poluautomatsko ili repetirajuće kratkocijevno vatreno oružje
2. jednostrijelno kratkocijevno oružje s središnjom udarnom iglom
3. jednostrijelno kratkocijevno oružje s rubnim paljenjem, ukupne dužine do 28 cm
4. poluautomatsko dugocijevno vatreno oružje sa spremnikom i ležištem naboja za više od tri naboja
5. poluautomatsko dugocijevno vatreno oružje sa spremnikom i ležištem naboja za najviše tri naboja kod kojeg se spremnik može skinuti, odnosno nije sigurno da li je oružje takve konstrukcije da ga je moguće uobičajenim alatom preinačiti u više nego trostrijelno oružje s jednim punjenjem
6. repetirajuće i poluautomatsko dugocijevno vatreno oružje s glatkom cijevi ukupne dužine do 60 centimetara
7. repetirajuće dugocijevno vatreno oružje koje nije obuhvaćeno u točki 6.
8. dugocijevno oružje s jednom ili više jednostrijelnih užlijebljenih cijevi
9. poluautomatsko dugocijevno vatreno oružje koje nije obuhvaćeno u točkama 4. do 6. i točki 10. kategorije A
10. jednostrijelno kratkocijevno oružje za streljivo s rubnim paljenjem ukupne dužine iznad 28 cm
11. jednostrijelno dugocijevno oružje s jednom ili više glatkih cijevi
12. staro oružje

13. jednostrijelno dugocijevno oružje s kombinacijom glatkih i užlijebljenih cijevi.

- Oružje kategorije C - dozvoljeno oružje za koje je potrebna prijava nadležnom tijelu (smatra se zabranjenim kada se koristi za uznemiravanje, napad i nanošenje ozljeda):

    1. plinsko oružje
    2. reprodukcije vatrenog oružja kod kojeg se ne upotrebljava jedinstveni naboj
    3. mužari
    4. zračno oružje čija kinetička energija je 10.5 J ili veća ili je brzina projektila 200 m/s ili veća i kalibra većeg od 4.5 mm
    5. oružje s tetivom čija je sila natega veća od 450 N.

- Oružje kategorije D - dozvoljeno oružje za koje nije potrebno odobrenje niti prijava nadležnom tijelu (osim pri prelasku državne granice, smatra se zabranjenim ako se koristi za uznemiravanje, napad i nanošenje ozljeda):

    1. zračno oružje čija je kinetička energija manja od 10,5 J ili je brzina projektila manja od 200 m/s i kalibra maksimalno 4.5 mm
    2. oružje s tetivom čija je sila natega manja od 450 N
    3. električni paralizatori
    4. raspršivači
    5. hladno oružje.

Odobrenje za nabavu oružja za oružje kategorije B može se izdati fizičkoj osobi ukoliko:

1. ima opravdani razlog za nabavu oružja
2. navršila je 21. godinu života
3. nije pravomoćno osuđena za kaznena djela protiv Republike Hrvatske, za kaznena djela protiv vrijednosti zaštićenih međunarodnim pravom, za kaznena djela protiv života i tijela, kaznena djela protiv opće sigurnosti ljudi i imovine te

kaznena djela koja u sebi sadrže elemente nasilja, a sadržani su u kaznenim djelima protiv imovine, protiv slobode i prava čovjeka i građanina, protiv spolne slobode i spolnog ćudoređa, protiv braka, obitelji i mladeži, protiv pravosuđa, protiv javnog reda, protiv službene dužnosti, protiv Oružanih snaga Republike Hrvatske, protiv okoliša koja se odnose na mučenje ili ubijanje životinja, ili ako je za takvo kazneno djelo pokrenut postupak

4. nije pravomoćno kažnjena za prekršaj, odnosno da nije pokrenut postupak za prekršaj koji ukazuje da bi oružje moglo biti zlouporabljeno, posebice za prekršaje iz područja nasilja u obitelji, te da joj nije izrečena zaštitna mjera radi nasilja u obitelji
5. ne postoje druge okolnosti koje ukazuju da bi oružje moglo biti zlouporabljeno, a osobito: češće i prekomjerno uživanje alkohola, konzumacija opojnih droga ili drugih omamljujućih sredstava, poremećeni obiteljski odnosi, sukobi s okolinom, agresivno i ekscesno ponašanje te drugi poremećaji u ponašanju, disciplinske povrede propisa o lovstvu ili športskom streljaštvu i sl.
6. ima uvjete za siguran smještaj i čuvanje oružja
7. na zdravstvenom pregledu utvrđeno da je zdravstveno sposobna za držanje i nošenje oružja
8. raspolaže tehničkim znanjem i vještinom za pravilnu uporabu oružja i poznaje propise koji se odnose na držanje ili držanje i nošenje oružja.

Prema ovom zakonu, oružjem se ne smatra:

- dekorativno oružje
- imitacije oružja
- oružje koje je trajno onesposobljeno za uporabu određenim tehničkim postupcima
- oružje koje je namijenjeno za alarm, signalizaciju, spašavanje, usmrćivanje životinja

- podvodne puške i drugi predmeti koji snagom opruge, napete gume ili stlačenog plina izbacuju osti ili harpun koji su isključivo namijenjeni ribolovu (podvodno oružje)
- oružje koje se koristi u industrijske ili tehničke svrhe
- streljivo za zračno oružje i lažno streljivo.

3. RUČNO VATRENO ORUŽJE I STRELJIVO

3.1. Povijesni razvoj (ručnog) vatrenog oružja i streljiva

Otkriće baruta u 9. stoljeću u Kini omogućilo je razvoj vatrenog oružja, iako tek nekoliko stoljeća kasnije, budući da su Kinezi barut najviše upotrebljavali za vatromet. Prvo pravo vatreno oružje, brončani top, datira iz 13. stoljeća, iz vremena vladavine dinastije Yuan. Upotreba ovog oružja je bila nespretna, a doseg, točnost i učinak ispaljenih projektila slabi (ispaljeni projektil jedva je probijao tanji oklop). Ovo oružje više je imalo zastrašujući, psihološki učinak zbog eksplozije, plamena i gustog dima koji su pratili ispaljenje projektila. Nakon dolaska baruta u Europu, u 14. stoljeću, pojavljuju se prvi oblici vatrenog oružja, vrlo slični onima u Kini. Bile su to cijevi zatvorene na jednom kraju koji je bio nataknut na štap i zaboden u zemlju. U otvoreni kraj cijevi se usipavao barut, a cijev je obično bila oslonjena na drvene rašlje. Iz cijevi su se potpaljivanjem baruta ispaljivala koplja. Daljnji razvoj vatrenog oružja krenuo je u dva smjera: razvoj ručnog vatrenog oružja i razvoj topova. Ručno vatreno oružje, to jest oružje koje je vojnik mogao samostalno nositi i upotrebljavati, dalje se razvilo u dugo i kratko. Prvo kratko ručno vatreno oružje bilo je nespretno, nepouzdano i neprecizno pa su još dugo nakon njegove pojave ljudi radije koristili mač, nož ili luk i strijelu. Najstarije jednoručno vatreno oružje sastojalo se od cijevi i drvene ili metalne motke koja se držala pod pazuhom jedne ruke, a drugom rukom se pripaljivao barut u cijevi. U Češkoj je ta vrsta oružja imala naziv "pištala" koji se kasnije, usmenom predajom, proširio na zemlje Europe te današnji naziv "pištolj" (njem. Pistole, eng. pistol) potječe od te riječi. U 15. stoljeću nastala je arkebuza, preteča današnje puške kod koje se pojavljuje primitivni mehanizam za opaljivanje na fitilj. Iz arkebuze se ispaljivalo kamenje, a kasnije kuglice od željeza i olova. Početkom 16. stoljeća pojavljuje se mušketa, puška koja je koristila tada izumljeni mehanizam za opaljivanje na kolo ili kotačić koji je proizvodio iskru za paljenje baruta. U tom razdoblju počinje i proizvodnja pištolja te cijevi sa žljebovima. Daljnjim razvojem pojavljuju se puške kremenjače u 17. stoljeću, a u drugoj polovici 18. stoljeća i pištolji za dvoboje, vrlo fine

i precizne izrade. Početkom 19. stoljeća vojske u Europi su većinom koristile muškete glatke cijevi, kalibra oko 18 mm, koje su ispaljivale olovne kugle mase 30 do 35 grama. U upotrebi su bile i puške koje su u cijevi imale žljebove, kalibra 14 do 17 mm. Punjenje ovih puški bilo je teško jer je kugla morala biti ugurana u cijev. Iz tog razloga ove puške nisu bile u široj upotrebi već su se koristile samo za lov. Zajednička karakteristika oružja proizvođenog do sredine 19. stoljeća bila je da se nakon svakog ispaljenog hitca oružje moralo nanovo puniti. U drugoj polovici 19. stoljeća počinje razvoj modernog ručnog vatrenog oružja koje brzo može ispaliti više hitaca jedan za drugim i to zahvaljujući bubnju s više komora koje su se punile, a koji je patentirao Samuel Colt, prvi proizvođač revolvera. Sredinom 19. stoljeća napravljeno je i prvo streljivo koje je bilo sastavljeno od košuljice, inicijalne kapsule, barutnog punjenja i zrna. S takvim streljivom bilo je jednostavno rukovati jer je osigurano brzo punjenje vatrenog oružja. U daljnjem napretku vatrenog oružja razvoj je išao ka bržem i jednostavnijem punjenju te usavršavanju streljiva.

3.2. Suvremeno ručno vatreno oružje

Suvremeno ručno vatreno oružje dijeli se na:

- kratko vatreno oružje čija cijev nije dulja od 30 cm, a ukupna duljina ne prelazi 60 cm – za upotrebu je potrebna jedna ruka
- dugačko vatreno oružje čija je cijev dulja od 30 cm, a ukupna duljina prelazi 60 cm – koristi se upotrebom obiju ruku.

Ovisno o mehanizmu ubacivanja metka u cijev, ručno vatreno oružje može biti:

- oružje s repetirajućim mehanizmom – nakon ispaljivanja svakog projektila potrebno je ručno preko mehanizma ubaciti metak u cijev
- poluautomatsko oružje – nakon ispaljivanja svakog projektila oružje je ponovno pripravno za ispaljivanje, a iz cijevi je jednokratnim pritiskanjem obarača moguće ispaljivati samo po jedan projektil
- automatsko oružje – jednokratnim pritiskom na obarač moguće je ispaliti više projektila [15].

Prema svrsi ručno vatreno oružje dijelimo na:

- oružje za samoobranu
- lovačko oružje
- vojno oružje
- natjecateljsko/rekreacijsko oružje
- antikno oružje.

Različita ručna vatrenog oružja sastoje se od određenih elemenata čiji izgled ovisi o vrsti oružja. Osnovni elementi svakog ručnog vatrenog oružja su:

- cijev s ležištem metka
- mehanizam za zabravljivanje i odbravljivanje
- mehanizam za okidanje i sigurnosni mehanizmi [16].

Cijev oružja služi usmjeravanju i ubrzavanju projektila prije ispaljenja. Na jednom kraju se nalaze usta cijevi oružja kroz koja projektil napušta cijev, a na drugom kraju je smješteno ležište metka gdje počinje opaljenje. Od ležišta metka do usta cijevi projektil prolazi prvo kroz prijelazni dio cijevi, a potom kroz vodište projektila.

Ovisno o izgledu vodišta projektila, cijev može biti užlijebljena ili glatka. Žljebovi su međusobno paralelne brazde koje se spiralno uvijaju (udesno ili ulijevo) oko osi kanala cijevi. Na presjeku kroz cijev mogu se vidjeti žljebovi i polja (izbočena prema šupljini cijevi). Udaljenost između dva nasuprotna, izbočena polja, to jest unutrašnji promjer cijevi, označuje kalibar oružja.

Mehanizam za zabravljivanje i odbravljivanje zatvarača služi za ostvarivanje čvrstog spoja između cijevi i zatvarača prije opaljenja i za njihovo razdvajanje nakon opaljenja. Potisnuti plinovi koji nastaju u trenutku opaljenja oružja šire se u svim smjerovima. Kako bi se spriječilo pomicanje čahure u smjeru suprotnom od smjera projektila, čahura mora biti čvrsto uglavljena. Nakon opaljenja, čahura treba biti izbačena iz ležišta metka. Ovo omogućuje mehanizam za zabravljivanje i odbravljivanje. Također, u tom području se nalaze dijelovi mehanizma za okidanje koji prilikom opaljenja trebaju doći u dodir sa streljivom (npr. udarna igla). U suvremenom

oružju može se naći nekoliko vrsta mehanizama za zabravljivanje i odbravljivanje, a upravljanje njima može biti ručno ili automatizirano.

Mehanizam za okidanje omogućuje izbacivanje projektila iz cijevi oružja. Glavni dijelovi mehanizma za okidanje su: okidač s oprugom okidača, udarna igla i udarač s glavnom oprugom.

Kako bi se spriječilo neželjeno opaljenje, svako ručno vatreno oružje sadrži jedan ili više sigurnosnih mehanizama koji djeluju u različitim područjima mehanizma za okidanje. Također, svaki okidač stvara određeni otpor prilikom okidanja (10 do 40 N) koji otežava okidanje.

Kratkocijevno vatreno oružje može se podijeliti na pištolje i revolvere, dok se dugocijevno ručno vatreno oružje može podijeliti na puške i sačmarice.

Pištolji

Pištolji su ručno vatreno oružje kratke cijevi. U velikoj mjeri pištolji su poluautomatsko oružje – povlačenjem obarača iz usta cijevi izbacuje se jedan projektil. Streljivo je najčešće pohranjeno u pomičnom spremniku koji je smješten u rukohvatu pištolja. Značajka pištolja jest da se čahura ispaljenog projektila, energijom stvorenom opaljenjem, izbacuje iz oružja.

Pištolji se mogu podijeliti na:

- pištolje s jednostrukim hodom – udarač se mora zapeti prije svakog opaljenja, obično povlačenjem zatvarača unatrag što uvodi metak u cijev i
- pištolje s dvostrukim hodom – zapinjanje udarača odvija se mehanički u prvoj fazi povlačenja okidača, dok se u drugoj fazi udarač oslobađa, snažno udara naprijed i uzrokuje ispaljenje projektila [17].

Pištolj se sastoji od više sklopova dijelova:

- sklop navlake
- cijev s ležištem metka
- sklop kućišta
- sklop spremnika.

Sklop navlake čine navlaka sa zatvaračem, udarna igla s oprugom udarne igle, izvlakač s oprugom koji nakon opaljenja izvlači praznu čahuru iz cijevi i izbacivač koji izbacuje ispaljenu čahuru postrance iz navlake. Cijev se sastoji od polja i žljebova koji projektilu, na njegovu putu kroz cijev, daju potrebnu rotaciju oko osi. Ležište metka je dio cijevi u koji se ugurava metak. Sklop kućišta pištolja je rukohvat i svi dijelovi koji mu pripadaju. Sklop spremnika sastoji se od kućišta spremnika, donosača (gura metke u spremniku prema gore) i opruge spremnika. Standardni spremnici mogu primati 5 do 25 metaka, ovisno o vrsti, modelu, marki i kalibru pištolja.

Najpoznatije tvorničke marke pištolja su: Walther, Beretta, Mauser, Češka Zbrojovka, Tulski oružani zavodi, FN Browning, a u najnovije doba i hrvatski HS. Prvi komercijalni poluautomatski pištolj proizveden je 1892., a njegov nasljednik je i danas korišteni Luger.

Ručno vatreno oružje s automatskim mehanizmom koje koristi pištoljsko streljivo zove se strojnica.

Revolveri

Revolveri su ručno vatreno oružje kratke cijevi koje ima obrtni spremnik koji najčešće prima 6 metaka.

Revolveri se mogu podijeliti na:

- revolvere s jednostrukim hodom – stariji modeli kod kojih se udarač mora ručno zapeti i
- revolvere s dvostrukim hodom – zapinjanje udarača vrši se povlačenjem okidača [17].

Osnovni dijelovi revolvera su:

- kućište
- cijev
- bubanj.

Kućište revolvera se sastoji od rukohvata za koji se drži oružje i od sustava za sve mehaničke pokrete kao što su povlačenje okidača, zapinjanje okidača i okretanje

bubnja. Cijev revolvera je užlijebljena, a učvršćena je u kućištu. Bubanj se sastoji od više komora, a obrće se oko glavne osovine. Za svako opaljenje bubanj se mora obrnuti za jedan, tako da je uvijek druga komora smještena u liniji ispred cijevi.

Puške

Puška je oružje duge, užlijebljene cijevi, a koja je namijenjena pucanju s ramena. Koristi se u vojsci, policiji, lovu i streljaštvu.

Vojne (jurišne) puške koje su danas u upotrebi, većinom su automatsko oružje kod kojeg se pritiskom na obarač može ispaliti više projektila. Na sebi nose spremnike koji se odvajaju, a mogu sadržavati 20 do 30 komada streljiva. Pritiskom na obarač ispaljuje ili jedan projektil ili tri projektila uzastopce ili niz od više projektila (rafal).

Širom svijeta najčešće je korištena automatska puška AK-47 kalibra 7.62 koju je 1947. godine osmislio Rus M. T. Kalashnikov, a 1974. naslijedila ju je puška AK-74 kalibra 5.45.

Snajper je puška velikog dometa s ugrađenom optikom velike preciznosti zbog čega je najkorisnija za gađanje iz daljine. Kako bi se zadržala što veća razina preciznosti, snajperi su najčešće oružje s repetirajućim mehanizmom, iako danas postoje i oni s poluautomatskim mehanizmom.

Sačmarice

Sačmarice su vrsta vatrenog oružja čije cijevi nisu užlijebljene, a streljivo (patrone) su drugačijeg sastava od streljiva koje se koristi kod vatrenog oružja s užlijebljenim cijevima. Duljina cijevi može biti različita, ali unutrašnjost cijevi mora biti glatka da bi se oružje nazivalo sačmaricom.

Možemo ih podijeliti prema broju cijevi:

- jednocijevne
- dvocijevne
- višecijevne (tri cijevi – "driling", četiri cijevi – "friling") [18].

Prema položaju i broju cijevi dijelimo ih na:

- položare – ako su cijevi vodoravno postavljene jedna pored druge i
- bokerice – ako su cijevi postavljene jedna iznad druge.

Sačmarice koje imaju više od jedne cijevi, često imaju cijevi različitog kalibra kako bi se svaka cijev mogla puniti različitim streljivom. Također, postoje kombinirane puške sačmarice koje imaju jednu glatku, a jednu užlijebljenu cijev. Kalibar sačmarice ne izražava se kao promjer cijevi nego jednim određenim brojem (na primjer 12, 16, 20). Ovaj način označavanja ima povijesno značenje. Prva sačmarica proizvedena je u Engleskoj i tada je od olova mase jedne libre (453.6 grama) napravljeno 16 olovnih kuglica jednakog promjera. Cijev sačmarice koja ima promjer jednak toj kuglici, označava se brojem 16. Ukoliko se iz iste količine olova napravi 12 kuglica, cijev čiji je promjer jednak toj kuglici označava se brojem 12. Najčešće je u upotrebi veličina 12 i 20.

Gotovo sve sačmarice se prelamaju (izuzev posebne izvedbe "pumperice" i sl.) pa se nazivaju i puške "prelamače".

Sigurnost leta i širinu snopa sačme regulira suženje završnog dijela cijevi – čokiranje. Čok je cilindrično suženje cijevi pri njenom kraju, na 3 do 5 cm od usta cijevi. Zrna sačme koja prolaze kroz cilindrični dio cijevi, u konusnom prijelazu se skupljaju i grupiraju tako da na izlasku djeluju kao uži i gušći snop prema cilju što daje bolji učinak pogotka.

Sačmarice nemaju okvir ili spremnik za streljivo. U cijev se može se staviti samo jedna patrona, a poslije svakog ispaljivanja iskorištena čahura se izbacuje te se na njezino mjesto stavlja nova patrona. Zaustavna moći, tj. mogućnost brzog i efikasnog onesposobljavanja neprijatelja je kod sačmarica osigurana golemom snagom i masom snopa sačme.

3.3. STRELJIVO ZA RUČNO VATRENO ORUŽJE

Streljivo i oružje čine dvije polovice jedne cjeline. Streljivo za punjenje ručnog vatrenog oružja su metci. Metak je mehanički sklop projektila, barutnog punjenja, inicijalne kapsule i čahure.

Projektil je dio metka koji prenosi kinetičku energiju dobivenu ispaljenjem iz ručnog vatrenog oružja, a koja se pretvara u rad u trenutku kad dostigne metu. Izgled i struktura projektila određeni su dvama uvjetima koji moraju biti zadovoljeni. Prvo, projektil mora preživjeti sile kojima je podvrgnut u cijevi oružja gdje skuplja energiju koju će imati pri izlasku, te, drugo, na putu od izlaska iz cijevi oružja do mete treba izgubiti što manju količinu energije.

Osnovne vrste projektila su [16]:

1. *solid* – projektil koji se sastoji od jednog materijala, obično olova
2. projektil pune košuljice (*full metal-jacketed*) – sastoji se od olovne jezgre obložene metalnom košuljicom; zbog čvrstog dizajna projektil se prilikom udara u metu ne deformira
3. poluobloženi projektil (*semi-jacketed*) – sastoji se od metalne košuljice i olovne jezgre; metalna košuljica oblaže projektil samo u stražnjem dijelu, ne i u prednjem; prilikom udara u metu deformira se i stvara oblik nalik gljivi koji povećava oštećenje tkiva
4. projektil s poluobloženom olovnom jezgrom i ekspandirajućom prazninom u svom prednjem dijelu (*semi-jacketed hollow point*)
5. projektili s čvrstom jezgrom (*hard-core*) – svrha im je prodiranje u čvrste materijale; jezgra je sačinjena od vrlo čvrstog materijala (ojačani čelik, volfram ili njegova legura), a obložena je košuljicom
6. označavajući projektili (*tracer*) – različiti projektili koji na stražnjem dijelu imaju naboj koji gori tijekom leta i na taj način pokazuje putanju i mjesto udara projektila.

Ovisno o ponašanju projektila nakon prodora u metu, projektili se dijele na tri kategorije:

1. prodorom u metu zadržavaju svoj oblik – može nastati manje udubljenje, nema gubitka mase
2. projektili koji se u meti deformiraju – gube manji dio mase
3. projektili koji se u meti fragmentiraju na manje, nove, nepravilne projektile.

Ponašanje projektila u meti nije uvijek potpuno jednako, već ovisi o brzini projektila i vrsti mete. Isti projektil pri manjim brzinama može zadržati svoj oblik, pri srednjim se deformira, a pri visokim brzinama fragmentira.

Barutno punjene je inicijalni izvor energije koji ubrzava projektil do određene brzine i daje mu energiju koju projektil prenosi do mete. Barutno punjenje izgaranjem u ograničenom prostoru (čahura) proizvodi plinove pod visokim tlakom koji projektilu predaju energiju potrebnu za izlijetanje iz čahure i potom iz cijevi oružja.

Prema današnjim saznanjima, crni barut su, sredinom 9. stoljeća, otkrili kineski alkemičari tijekom potrage za eliksirom besmrtnosti [19]. Otkriće baruta dovelo je do nastanka vatrometa i pojave prvog vatrenog oružja u Kini. Iz Kine, preko Srednjeg istoka, barut je došao i u Europu gdje ga, u 13. stoljeću, prvi put spominje franjevac i filozof Roger Bacon [19] koji je tada točno opisao sastav crnog baruta. Crni barut se sastoji od 75% kalijevog nitrata (KNO_3, kalijeva salitra), 15% drvenog ugljena i 10% sumpora. Drveni ugljen i sumpor su zapaljive tvari koje gore, a kalijev nitrat služi kao oksidans, to jest osigurava dotok kisika. Izgaranjem crnog baruta nastaju plinovi ugljični dioksid (CO_2), ugljični monoksid (CO), vodena para (H_2O) i dušik (N_2) te čvrsta tvar kalijev sulfid (K_2S) koji je odgovoran za stvaranje dima i depozita u cijevi oružja.

Bezdimni barut je zajednički naziv za više različitih vrsta baruta koji se danas koriste. Bezdimni barut može biti jednobazni (nitroceluloza), dvobazni (nitroceluloza kojoj je dodan nitroglicerin) ili trobazni (mješavina nitroceluloze, nitroglicerina i nitrogvanidina) [20]. Izgaranjem se bezdimni baruti gotovo u potpunosti pretvaraju u plinove: ugljični dioksid (CO_2), ugljični monoksid (CO), vodenu paru (H_2O), hidrogen (H_2) i dušik (N_2). Izgaranjem bezdimnih baruta nastaje gotovo tri puta veća količina plinova nego

izgaranjem iste količine crnog baruta. Veća količina plinova stvara veći tlak na bazu projektila te time omogućuje projektilu postizanje većih brzina prilikom ispaljenja.

Karakteristike koje opisuju svojstva pojedinog baruta su: količina oslobođene topline prilikom brzog (eksplozivnog) izgaranja jednog kilograma baruta, količina plina koja nastaje izgaranjem jednog kilograma baruta, temperatura na kojoj barut izgara u prostoru stalnog volumena te temperatura na kojoj će doći do samozapaljenja baruta. Bezdimni baruti prilikom eksplozije proizvode više topline i plinova, eksplodiraju na višim temperaturama, ali na nižim temperaturama postoji opasnost od samozapaljenja. Bitna karakteristika je i količina čvrste tvari koja ostaje nakon izgaranja. Izgaranjem crnog baruta ostaju velike količine čvrste tvari (40%), za razliku od bezdimnih baruta (oko 1%) [16]. Ova karakteristika govori o većoj učinkovitosti bezdimnih baruta, kao i o manjoj šteti za oružje iz kojeg se vrši opaljenje budući da se ova ostatna čvrsta tvar taloži u unutrašnjosti oružja.

Barutne čestice mogu biti različitih oblika: okruglaste, sferične, cilindrične ili diskoidne.

Inicijalna kapsula (upaljač) sadrži u sebi malu količinu inicijalnog eksploziva osjetljivog na vanjske podražaje - udar i trenje. Inicijalni eksploziv je osjetljiv na udarac udarne igle te uzrokuje paljenje barutnog punjenja. Inicijalna kapsula može biti smještena periferno (rubno inicijalno paljenje), što je češće kod streljiva malog kalibra, ili centralno (centralno inicijalno paljenje).

Kao inicijalni eksploziv koriste se smjese soli tri različita teška metala i to najčešće: antimon (Sb) u obliku antimon-sulfida, barij (Ba) u obliku barij-nitrata i olovo (Pb) u obliku olovo-stifnata. Sada su u upotrebi i bezolovni inicijalni eksplozivi koji umjesto olova koriste diazol.

Čahura služi za povezivanje svih gore navedenih dijelova metka u jednu cjelinu te ispunjava niz bitnih funkcije tijekom opaljenja. Čahura pozicionira inicijalnu kapsulu i projektil na njihovo mjesto unutar oružja. Unutar čahure se događa izgaranje barutnog punjenja i stvaranje potisnih plinova. Za vrijeme izgaranja, čahura se širi i tako onemogućuje "bijeg" plinova. Osim što omogućuje stvaranje visokog tlaka koji

ispaljuje projektil, ona štiti udarni mehanizam oružja od visokih temperatura koje se razvijaju prilikom izgaranja barutnog punjenja.

Streljivo se općenito može podijelit na dvije skupine – streljivo za kratkocijevno (pištolji i revolveri) i dugocijevno (puške i sačmarice) oružje.

Streljivo za pištolje

Streljivo za pištolje najčešće sadrži projektil pune košuljice zaobljenog vrha i manju količinu barutnog punjenja. Manje vrijednost energije koja se razvija opaljenjem u pištoljima i, posljedično tome, manja učinkovitost pokušava se kompenzirati karakteristikama projektila. Ovo se postiže na dva načina: upotrebom projektila koja se lako deformiraju u mekom mediju (*solid* i projektil pune košuljice s ekspandirajućom sredinom na vršku) ili upotrebom laganih projektila do mjedi koji postižu velike brzine [16].

Streljivo za revolvere

Metci koji se koriste za opaljenje iz revolvera obično imaju dulju čahuru u kojoj je inicijalni eksploziv smješten rubno i projektil s poluobloženom olovnom jezgrom ili *solid* projektil.

Streljivo za vojne puške

Vojne puške su većinom automatske ili poluautomatske puške koje zahtijevaju streljivo određenih karakteristika. Projektil mora biti čvrsto uglavljen u čahuru što je postignuto postojanjem žlijeba na projektilu u koji se uglavi vršak čahure. Većinom je u upotrebi olovna jezgra potpuno obložena košuljicom. Projektili su aerodiamičnog, šiljastog oblika kako bi lakše svladali velike domete. Osim uobičajenog streljiva, postoje i mnoge posebne vrste. Olovna jezgra može biti zamijenjena čeličnom (ili, u zadnje vrijeme, volframom) kako bi se poboljšalo prodiranje u čvrste materijale. Označavajuće streljivo (*tracer*) sadrži pirotehnički naboj koji gori tijekom leta te tako prikazuje putanju projektila kao i mjesto udara. Za vježbe se koristi lagano, plastično streljivo manjeg dometa.

Streljivo za lov

Čahure streljiva koje se koristi za lov su obično veće i sadrže više barutnog punjenja kako bi se razvila veća količina kinetičke energije. Osim uobičajenih projektila poluobloženih metalnom košuljicom, danas se koriste i noviji projektili koja imaju tijelo u obliku slova H, a oba dijela (ili samo gornji ili donji) su punjena olovom.

Streljivo za sačmarice

Budući da sačmarice imaju glatku cijev, streljivo kojim se pune mora imati sposobnost održavanja stabilnog leta i putanje bez rotacije projektila oko osi koju osiguravaju žljebovi u cijevi. Streljivo za sačmarice (patrone) sastoji se od papirnate ili plastične čahure s kapsulom na dnu. Jedan dio čahure punjen je barutom, iznad baruta je pregrada (kartonska, pustena ili plastična), a iznad pregrade se nalaze okrugla zrna sačme različite veličine. Novije patrone sadrže plastičnu čašicu koja u sebi drži zrna sačme i koja sprečava struganje vanjskih zrna sačme o unutrašnjost cijevi. Zrno sačme sačinjeno je od legure olova i antimona ili od mekog željeza. Broj zrna u patroni može biti različit, od nekoliko, do nekoliko stotina, ovisno o promjeru zrna.

Novije patrone sadrže plastičnu čašicu u kojoj se umjesto kuglica sačme nalazi jedinstveno zrno (u Europi najpoznatija Breneke kugla). Ova zrna sačinjena su od legura bakra ili olova i imaju masu između 20 i 32 g.

Prolaskom kroz cijev i neposredno nakon napuštanja cijevi dolazi do međusobnog sudaranja i mehaničkog oštećenja kuglica sačme koje prestaju biti okrugle, teže se probijaju kroz zrak i brže gube brzinu, a time i energiju. Snop sačme koji napusti cijev oružja se proširuje i izdužuje, a sastoji se od energetski učinkovitog središnjeg dijela kojeg čini 80 do 85% kuglica sačme i perifernog dijela siromašnog energijom. Ukupna širina snopa ovisi o čoku cijevi, vrsti patrone i kuglica u patroni i o vrsti sačmarice. Manji čok, sitnije kuglice sačme, patrona bez čašice i veća početna brzina snopa dovode do većeg rasapa sačme.

4. BALISTIKA STRIJELNE RANE I MEHANIZAM OZLJEĐIVANJA

Balistika je znanstvena disciplina koja proučava gibanje projektila. Grana je primijenjene mehanike i tehničke fizike, a u posljednje vrijeme bavi se i projektiranjem streljiva kako bi ono postizalo određene željene učinke.

Balistika se dijeli na tri osnovne grane:

- unutarnja balistika – proučava gibanje projektila u cijevi oružja
- vanjska balistika – proučava gibanje projektila nakon izlaska iz cijevi oružja, a do trenutka ostvarivanja kontakta s čvrstom tvari
- terminalna balistika – proučava međudjelovanje između projektila i cilja.

Kada je cilj tkivo, terminalna balistika naziva se i balistika rane. Ona proučava međudjelovanje koje se događa između projektila i ljudskog ili životinjskog organizma u trenutku nastanka strijelne ozljede.

Utjecaj koji projektil ima na organizam u prvom redu ovisi o količini kinetičke energije koju projektil posjeduje, ili, točnije, količini kinetičke energije koju projektil preda tkivu prolaskom kroza nj. Ovaj prijenos energije s projektila na tkivo dovodi do nastanka ozljede.

Količina kinetičke energije koju projektil nosi ovisi o brzini koju projektil postigne prilikom ispaljenja iz vatrenog oružja te o masi samog projektila.

$E_k = mv^2/2$

(E_k kinetička energija, m masa projektila, v brzina projektila)

Kinetička energija jest mehanička energija koju tijelo dobije svojim kretanjem, a prema ovoj formuli je vidljivo da brzina ima veći utjecaj na količinu kinetičke energije nego masa – udvostručenje mase udvostručuje kinetičku energiju dok udvostručenje brzine kinetičku energiju učetverostručuje.

Osim o samoj količini kinetičke energije koju projektil posjeduje, energija predana organizmu ovisi i o gustoći te energije, to jest o površini projektila koja je u kontaktu s okolnim tkivom. Kada projektil pristupa na površinu tijela pod kutom od 90°, površina projektila računa se prema formuli:

$P = (k/2)^2\pi$

(P površina, k kalibar projektila, π konstanta 3.14159265359).

Gustoću energije projektila koje pristupa na površinu tijela pod kutom od 90° računamo:

$E_g = E_k/P$

(E_g gutoća energije, E_k kinetička energija, P površina projektila).

Gustoća energije projektila ima direktni utjecaj na dubinu prodiranja projektila u tkivo, to jest na duljinu strijelnog kanala.

Udar projektila u tijelo uzrokuje rastezanje kože i utiskivanje kože i podležećih tkiva. Kada taj pritisak prevlada elastičnost kože, nastaje ulazna rana. Brzina koja je potrebna za perforaciju kože ovisi o vrsti upotrijebljenog projektila (kalibru, masi, obliku). Olovni projektil kalibra 0.38 perforira kožu već pri brzini od 58 m/s [21].

Prolaskom kroz tkivo, projektil uzrokuje gnječenje i razdiranje tkiva pred sobom i oko sebe te stvaranje trajne šupljine. Istodobno, predajom energije okolnom tkivu uzrokuje i kratkotrajno radijalno rastezanje tkiva te stvaranje mnogo veće privremene šupljine. Veličina i izgled privremene šupljine ovise o količini početne kinetičke energije projektila, brzini predaje te energije okolnom tkivu te vrsti tkiva kroz koju projektil prolazi. Privremena šupljina postoji 5 do 10 milisekundi, za to vrijeme pulsira, zatim kolabira nakon čega zaostaje trajna šupljina, to jest strijelni kanal. Dakle, strijelni kanal je rezultat oštećenja tkiva zbog direktnog kontakta s projektilom, kao i oštećenja tkiva zbog stvaranja privremene šupljine. Morfološki je privremena šupljina vidljiva kao široka zona krvarenja u tkivu koje okružuje trajnu šupljinu, to jest strijelni kanal.

Količina kinetičke energije koju će projektil predati okolnom tkivu ovisi o nizu čimbenika:

1. brzini projektila
2. masi projektila
3. kalibru, obliku i strukturi projektila

4. kutu udara projektila u površinu tkiva
5. deformaciji i/ili fragmentaciji projektila
6. vrsti tkiva kroz koje projektil prolazi
7. duljini strijelnog kanala.

Općenito, privremena šupljina koja nastaje prolaskom projektila ispaljenog iz kratkocijevnog ručnog vatrenog oružja jest samo nešto veća od trajne šupljine, dok promjer privremene šupljine uzrokovane projektilom ispaljenim iz dugocijevnog vatrenog oružja može biti i 11-12 puta veći od kalibra projektila. Takva privremena šupljina može dovesti do ozljeđivanja struktura vrlo udaljenih od samog mjesta prolaska projektila.

Gubitak kinetičke energije je to veći što je gustoća tkiva kroz koje projektil prolazi veća. Tako se veća predaja energije događa pri prolasku kroz kost u odnosu na mišićno tkivo. Također, ozljeđivanje je to opsežnije što je elastičnost tkiva manja. Mozak i jetra imaju manju elastičnost te posljedično tome nastaje veće oštećenje na tkivu, za razliku od tkiva pluća koje ima veću elastičnost.

Udaljenost tijela od usta cijevi oružja iz kojeg izlazi projektil također je čimbenik koji ima bitan utjecaj na ozljeđivanje. Ovo je više izraženo kod sporih projektila s manjom početnom kinetičkom energijom jer oni gube velik dio energije čak i pri malim udaljenostima, za razliku od brzih projektila.

Prolaskom projektila kroz tkivo troši se kinetička energija. Ukoliko se kinetička energija projektila prolaskom kroz tkivo potroši, projektil će se zaustaviti na dnu strijelnog kanala. Nasuprot tome, ukoliko projektilu preostane dovoljno energije, projektil će napustit tijelo stvarajući izlaznu strijelnu ranu.

5. KLASIFIKACIJA I MORFOLOGIJA STRIJELNIH RANA

Strijelne rane su ozljede koje nastaju djelovanjem projektila ispaljenog iz ručnog vatrenog oružja.

Strijelne rane možemo podijeliti na:

- ustrijelne – projektil ulazi u tijelo i zaustavlja se negdje u tijelu tj. ne napušta ga
- prostrijelne – projektil ulazi u tijelo, prolazi kroz tijelo i napušta ga te
- okrznuća – projektil zahvaća samo površinu tijela.

Dakle, kod ustrijelne ozljede na tijelu nalazimo samo ulaznu strijelnu ranu, koja se nastavlja u strijelni kanal na čijem dnu se nalazi projektil. U slučajevima prostrijelne ozljede na tijelu nalazimo ulaznu ranu i izlaznu strijelnu ranu kroz koju projektil napušta tijelo. Okrznuće nastaje kada projektil tangencijalno pristupi na površinu kože i ostvari kontakt samo s površinom kože, bez prodora u dublje strukture. U tom slučaju nema ulazne niti izlazne rane, niti strijelnog kanala. Ove rane su obično ovalnog ili izduženog oblika, a ponekad može biti vidljiva i samo ozljeda nalik oguljotini.

Ovisno o udaljenosti usta cijevi oružja od površine tijela u trenutku opaljenja, strijelne rane mogu biti zadane iz [22, 23]:

- apsolutne blizine
- relativne blizine
- daljine.

U trenutku opaljenja iz usta cijevi oružja, osim projektila, izlazi i oblak plamena, dima i neizgorenih barutnih čestica. Ukoliko je površina tijela ostala izvan dosega tog oblaka plamena, dima i neizgorenih barutnih čestica, tj. do kože je stigao samo projektil, kažemo da je strijelna ozljeda zadana iz daljine. Ukoliko je oblak dosegnuo površinu kože, strijelna ozljeda zadana je iz relativne blizine, a ako su usta cijevi oružja bila prislonjena o površinu kože ili odmaknuta nekoliko milimetara od površine kože govorimo o apsolutnoj blizini. Klasifikacija strijelnih ozljeda ovisno o udaljenosti iz koje je izvršeno pucanje temelji se na morfološkim karakteristikama ulazne strijelne rane. Tragovi oblaka plamena, dima i neizgorenih barutnih četica vide na površini kože oko

ulazne strijelne rane ako je zadana iz relativne blizine. U slučajevima opaljenja iz apsolutne blizine, tragove oblaka plamena, dima i neizgorenih barutnih čestica nalazimo u potkožnom tkivu u unutrašnjosti rane.

5.1. Morfologija ulaznih strijelnih rana

Neki karakteristični nalazi vidljivi su u svakoj ulaznoj rana, neovisno o udaljenosti iz koje je rana nastala:

1. Defekt na koži

   Defekt na koži uzrokovan je direktnim djelovanjem projektila na kožu. Defekt ulazne strijelne rane ima neadaptabilne rubove – projektil prolaskom kroz kožu gnječi kožu pred sobom i unosi je duboko u strijelni kanal [24]. U trenutku prolaska projektila kroz kožu dolazi do kratkotrajnog rastezanja kože te nastaje defekt veći od kalibra upotrijebljenog projektila. Nakon što projektil prođe kroz kožu, dolazi do smanjivanja ulaznog defekta tako da je konačni defekt na koži nešto manji od kalibra upotrijebljenog projektila [25].

2. Prljavi prsten (brisotina projektila)

   Prolaskom projektila kroz kožu dolazi do brisanja prljavštine koju projektil nosi na svojoj površini, a koju je pokupio prolaskom kroz cijev oružja. Snimanje brzom kamerom pokazalo je da ova prljavština potječe s vrška projektila, a da tijelo projektila uopće ne dolazi u doticaj s kožom zbog razmicanja kože uslijed prolaska projektila [26]. U cijevi oružja prisutne su naslage ulja za podmazivanje, kao i ostataka nastalih izgaranjem barutnog punjenja prilikom prijašnjih opaljenja. Prljavi prsten se vidi kao tamni, sjajni prsten oko defekta kože, obično širine 1 do 3 mm. Najnaglašeniji je na rani nastaloj djelovanjem prvog projektila, dok će svakim sljedećim projektilom biti manje izražen [27].

3. Prsten nagnječenja

   Prsten nagnječenja čine površinske oguljotine i sitne radijalne pukotine nastale rastezanjem kože prilikom prolaska projektila [26-30]. Uobičajeno mjeri 2 do 3 mm. Na mrtvom tijelu lako se uočava kao smeđe-crveni rub sasušene kože.

U slučajevima kada je ulazna rana smještena na plosnatoj kosti (lubanja, rebra), na kosti nastaje defekt koji ima oblik lijevka. Usmjerenost lijevka upućuje na smjer putanje projektila – lijevak se otvara u smjeru putanje projektila.

Iako svaka ulazna rana sadrži gore navedene karakteristične nalaze, ipak postoji velika raznolikost u izgledu svake pojedine ulazne strijelne rane. Izgled ovisi o vrsti upotrijebljenog streljiva, udaljenosti iz koje je izvršeno opaljenje, kutu pod kojim je projektil pristupio na površinu kože, lokalizaciji ozljede na tijelu, kao i eventualnom postojanju zapreke kroz koju je projektil prošao prije nego je pristupio na kožu.

Osim gore navedenih morfoloških nalaza, koji su uobičajeno prisutni kod svih ulaznih strijelnih rana, ovisno o udaljenosti iz koje je izvršeno opaljenje mogu biti prisutni još neki karakteristični morfološki nalazi:

5.1.1. Ulazne strijelne rane nastale pucanjem iz apsolutne blizine

Strijelna ozljeda je zadana iz apsolutne blizine ako su, u trenutku opaljenja, usta cijevi oružja bila čvrsto ili labavo prislonjena na površinu kože ili su od kože bila odmaknuta nekoliko milimetara. Morfološki izgled rane je nešto drugačiji u svakom od ova tri slučaja.

Kada su usta cijevi oružja čvrsto prislonjena na površinu kože, kruškoliki oblak koji izlazi iz cijevi oružja prilikom opaljenja, zajedno s projektilom, ulazi u tkivo tj. u strijelni kanal. Volumen tih potisnih plinova uzrokuje stvaranje potkožnog džepa između kože i potkožnog tkiva u kojem se mogu naći depoziti čađe i neizgorenih barutnih čestica. Ukoliko volumen potisnutih plinova dovede do rastezanja kože koje nadilazi elastičnost kože, dolazi do nastanka opsežnih, radijalno položenih prskotina koje rani daju zvjezdoliki izgled. Ovo se obično viđa na dijelovima tijela gdje se ispod kože nalazi kost, kao što je meki oglavak. Zbog snažnog kontakta između kože i usta cijevi oružja, na koži može nastati opeklina koja ima oblik otiska usta cijevi oružja. U području opekline mogu naći se i crni depoziti čestica čađe koje se teško uklanjaju pranjem.

Ukoliko su usta cijevi oružja u potpunosti, ali labavo prislonjena uz kožu, udar projektila uzrokuje odmicanje kože od usta cijevi oružja što omogućuje bijeg dijela potisnutih plinova i čestica čađe. Ove čestice čađe se prikazuju kao gusto, tamno obojenje oko defekta koje se lako uklanja nježnim pranjem. Na koži oko rane ne vidi se opeklina otiska usta cijevi oružja.

Kada su usta cijevi oružja na površinu kože prislonjena pod nekim kutom, nije ostvaren kontakt cijelog opsega usta cijevi s kožom – kontakt je ostvaren samo jednim dijelom, a drugi dio usta cijevi je odmaknut od kože i omogućuje bijeg potisnutih plinova na površinu kože. Kontakt između tako postavljene cijevi oružja i kože može biti čvrst ili labav. Potisnuti plinovi koji se probijaju kroz prolaz između kože i neprislonjenog dijela cijevi oružja uzrokuju stvaranje depozita čađe i barutnih čestica na koži u obliku suze ili kruške.

Ako su usta cijevi oružja od površine kože odmaknuta nekoliko milimetara, potisni plinovi dospijevaju na kožu oko defekta. Oko rane se vidi široko tamno područje ogarene kože i eventualno mala količina neizgorenih barutnih čestica.

5.1.2. Ulazne strijelne rane nastale pucanjem iz relativne blizine

Ukoliko prilikom ispaljenja projektila na površinu kože, osim čađe, dospiju i neizgorene barutne čestice, govorimo o relativnoj blizini. Apsolutna mjera relativne blizine ovisi o vrsti upotrijebljenog oružja, kao i o vrsti upotrijebljenog baruta. Uopćeno, kod primjene kratkocijevnog ručnog vatrenog oružja, barutna tetovaža se počinje viđati kada su usta cijevi oružja od površine kože udaljena najmanje 10 mm. Barutne čestice uzrokuju nastanak barutne tetovaže na koži. Morfološki barutna tetovaža nalikuje sitnim crvenkastim ili narančastim oguljotinama u koje su utisnute barutne čestice. Barutne čestice se s kože ne mogu ukloniti pranjem. Nastanak barutne tetovaže je zaživotna reakcija i upućuje na to da je žrtva bila živa u trenutku zadobivanja strijelne ozljede. Ukoliko je strijelna ozljeda zadana u postmortalnom razdoblju, barutne čestice proizvode lako prepoznatljive žućkaste tragove na koži.

Raspored čestica baruta oko ulazne rane može biti simetričan ili ekscentričan, ovisno o kutu pod kojim je oružje bilo usmjereno prema površini kože.

Barutna tetovaža ne nastaje na dlanovima i tabanima. Na zadebljanoj koži dlanova i tabana čestice baruta mogu se uglaviti u debeli sloj epidermisa, ali ne nastaje oskudno krvarenje koje barutnoj tetovaži daje crvenu boju.

5.1.3. Ulazne strijelne rane nastale pucanjem iz daljine

Ulazna strijelna rana nastala pucnjem iz daljine sastoji se samo od defekta kože, prljavog prstena i prstena nagnječenja, dok se na površini oko kože ne nalaze tragovi plamena, dima i barutnih čestica.

5.2. Morfologija izlaznih strijelnih rana

Izlazna strijelna rana nastati će samo u slučajevima kada projektil prolaskom kroz tijelo zadrži dovoljno energije potrebne za stvaranje izlazne rane.

Morfologija izlazne strijelne rane ne ovisi o udaljenosti iz koje je izvršeno opaljenje. Izlazne strijelne rane nastale pucanjem iz apsolutne ili relativne blizine, kao i pucanjem iz daljine pokazuju jednake karakteristike. Uobičajeno su veće i nepravilnijeg oblika od pripadajuće ulazne rane te obično nemaju prsten nagnječenja. Rubovi rane obično su izvrnuti prema van.

Prolaskom projektila kroz tijelo dolazi do destabilizacije i deformacije projektila što uzrokuje nastanak izlaznih rana vrlo različitih oblika. One mogu biti zvjezdolike, polumjesečaste, u obliku proreza, okruglaste ili pak potpuno nepravilne. Za razliku od ulaznih strijelnih rana kod kojih postoji defekt kože neadaptabilnih rubova, rubovi izlazne strijelne rane uobičajeno su adaptabilni tj. spajanjem rubova izlazne rane ne zaostaje defekt kože.

U određenim slučajevima na izlaznoj rani se može vidjeti promjena nalik na prsten nagnječenja [31, 32]. Ovo se događa kada izlazna rana nastaje na koži koja je pritisnuta nečim (npr. remen, steznik, grudnjak) ili je prislonjena o podlogu. Priliko izlaska projektila kroz kožu, projektil izvrće rubove kože prema van, rubovi kože bivaju

pritisnuti i "oguljeni" o podlogu te nastaje takozvani ekstenzijski prsten. Ekstenzijski prsten je obično širok i nepravilan, a kada se osuši može nalikovati otisku usta cijevi oružja.

Izgled izlazne rane dijelom ovisi i o lokalizaciji. Ukoliko se izlazna rana nalazi na nenapetoj koži, rana će uobičajeno biti mala, u obliku razdora. Nasuprot tome, kada se izlazna rana nalazi na koži koja je čvrsto nategnuta preko kosti, obično će imati zvjezdoliki izgled.

Iako su uobičajeno veće od pripadajućih ulaznih rana, ponekad izlazna strijelna rana može biti i manja od pripadajuće ulazne rane. Ovo se najčešće viđa u slučajevima opaljenja iz apsolutne blizine, a kada je ulazna rana smještena na koži ispod koje se nalazi kost. Tada ulazna rana može biti velika i zvjezdolika, a izlazna je rana mala, u obliku razdora.

U slučajevima kada je izlazna rana smještena na plosnatoj kosti (lubanja, rebra, krilo crijevne kosti), na kosti se vidi lijevak koji se otvara u smjeru putanje projektila, to jest prema van.

5.3. Morfologija strijelnih rana nastalih djelovanjem sačme

Morfologija rane nastale djelovanjem sačme, kao i zaustavna moć izrazito ovise o udaljenosti iz koje je izvršeno opaljenje. Naime, povećanjem udaljenosti iz koje je izvršeno opaljenje dolazi do disperzije snopa sačme. Što je veća udaljenost, gustoća snopa sačme je manja te na određenoj udaljenosti metu pogađaju samo pojedine kuglice sačme. Također, zbog nedovoljno aerodinamičnog izgleda kuglica sačme i nepostojanja rotacije oko osi, koju inače projektilu daju žljebovi u cijevi, sačma brzo gubi brzinu. Ovaj gubitak mase i brzine uzrokuje brzo smanjenje energije koju ispaljeni snop ima prilikom izlaska iz cijevi. Prolaskom sačme kroz tkivo, dolazi do gnječenja i razdiranja tkiva kroz koje sačma prolazi te do stvaranja trajne šupljine. Zbog male energije koju kuglica sačme posjeduje, ne dolazi do stvaranja privremene šupljine.

Strijelne rane nastale pucnjem iz apsolutne blizine

Strijelne ozljede glave nastale pucnjem iz apsolutne blizine uzrokuju izrazito veliko razaranje kosti i mekih tkiva glave. Veliki dijelovi kostiju lubanje i mozga bivaju otkinuti od glave, uz opsežno razdiranje mekog oglavka. Ovako razoran učinak u području glave sačmarice imaju i zbog djelovanja kuglica sačme i zbog velike količine potisnutih plinova koji izlaze iz cijevi sačmarice prilikom opaljenja koji u lubanji ekspandiraju. U području ulaza vide se opsežni depoziti čađe, a na rubovima se vidi opeklina. Ulazna rana se često stapa s razdorima i defektom koji nastaju u području strijelnog kanala. U unutrašnjosti rane mogu se naći kuglice sačme te čep ili plastična čašica patrone. Izlazna rana se često ne nađe jer dijelovi lubanje bivaju odvojeni i nedostaju. Ukoliko je usna šupljina mjesto ulaza, depoziti čađe će se vidjeti na nepcu, jeziku i usnama.

Strijelne rane trupa nastale opaljenjem iz apsolutne blizine nemaju tako razoran učinak kao u području glave. Ulazna rana je okrugla, promjera koji je vrlo sličan promjeru cijevi sačmarice iz koje je izvršeno opaljenje. U slučajevima kada su usta cijevi oružja čvrsto prislonjena na kožu, depoziti čađe nisu vidljivi na površini kože, a u području rubova rane vidi se opeklina. Velika količina potisnutih plinova koji ulaze u potkožje uzrokuje pomak kože prema oružju zbog čega nastaje vidljivi otisak usta cijevi oružja. U slučajevima kada su usta cijevi oružja labavo prislonjena uz kožu ili su od kože odmaknuta nekoliko milimetara, oko rubova rane će se vidjeti područje crno obojene kože. Promjer ovog obojenja će s povećanjem udaljenosti usta cijevi od kože rasti dok će se intenzitet obojenja smanjivati.

Strijelne rane nastale pucnjem iz relativne blizine

Kod opaljenja iz relativne blizine, sačma još uvijek putuje u koncentriranom snopu koji još uvijek sa sobom nosi veliku količinu energije. Na rubovima ulaznog defekta biti će vidljiv prsten nagnječenja, na koži oko ulaznog defekta vidljiva je barutna tetovaža, a moguć je i nalaz malih površinskih prskotina kože. Barutna tetovaža vidljiva na koži nakon opaljenja iz sačmarice je manje gustoće od tetovaža nastalih opaljenjm iz

pištolja ili revolvera s jednake udaljenosti. Naime, duljina cijevi omogućuje bolje sagorijevanje barutnih čestica te puno manji dio ostaje neizgoren i uzrokuje nastanak barutne tetovaže manje gustoće. Kod upotrebe sačmarica, najveća udaljenost do koje dopiru neizgorene barutne čestice ovisi o obliku barutnih čestica – okruglaste barutne čestice imaju veći domet od barutnih čestica diskoidnog oblika. U rani se pronalazi čep ili plastična čašica patrone. Krilca plastične čašice na rubovima rane i okolnoj koži mogu ostaviti tragove u obliku oguljotina ili podljeva.

Zbog velike količine energije koju snop sačme još posjeduje, ozljede u području glave su gotovo jednako destruktivne kao one nastale opaljenjem iz apsolutne blizine. Točno mjesto izlaza kuglica često nije vidljivo.

Strijelne rane nastale pucnjem iz daljine

Povećanjem udaljenosti usta cijevi sačmarice od površine kože, defekt ulazne rane se povećava sve dok se u jednom trenutku pojedine kuglice sačme ne počnu odvajati od snopa. Udaljenost na kojoj se ovo počinje događati ovisi o vrsti upotrijebljene sačmarice, kao i o vrsti patrone. Povećanjem udaljenosti, rubovi ulazne rane postaju nazubljeni. Daljnjim povećanjem udaljenosti, ulazna rana se sastoji od glavnog defekta u čijoj okolini se vide raspršeni mali ulazni defekti pojedinih kuglica sačme. Glavni defekt ulazne rane postaje sve nepravilniji sa sve više odvojenih malih ulaza, sve dok se snop sačme ne rasprši u potpunosti što dovodi do nastanka mnogo malih, raspršenih ulaznih rana.

Ukoliko na svom putu snop sačme naiđe na prepreku, kontakt između prepreke i snopa rezultirat će bržim i većim rasapom kuglica sačme iz snopa. Ovo nastaje zbog takozvanog efekta "biljarske kugle" [33, 34]. Prva kuglica sačme koja udari u prepreku usporava let, ostale kuglice ju sustižu i udaraju u nju što uzrokuje njihov ubrzani i uvećani rasap. Ukoliko je prepreka dovoljno čvrsta, rasap koji nastaje može povećati promjer snopa za dva do tri puta [35].

Izlazne rane nastale djelovanjem sačme su u području trupa rijetkost. Morfologija izlaznih rana je vrlo raznolika, od jedne ili više malih rana nastalih izlaskom

pojedinačne kuglice sačme, do većih rana koje nastaju zajedničkim prolaskom više kuglica sačme koje su putovale u snopu.

6. ATIPIČNA MORFOLOGIJA STRIJELNIH RANA

U većini slučajeva izgled ulazne i izlazne strijelne rane je tipičan, to jest sam izgled rane omogućuje zaključivanje o tome koja rana je ulazna, a koje je izlazna te iz koje udaljenosti je izvršeno opaljenje. Međutim, u nekim slučajevima nastaju rane čiji izgled ponešto iskače iz tipičnih okvira što u pojedinačnim slučajevima može znatno otežati zaključivanje o smjeru i udaljenosti pucanja.

6.1. Atipična morfologija ulazne rane

Ulazna strijelna rana atipičnog izgleda može nastati zbog različitih čimbenika kao što su vrsta upotrijebljenog ručnog vatrenog oružja, vrsta upotrijebljenog streljiva, lokalizacija rane na tijelu te okolnosti u kojima je strijelna rana nanesena. Uobičajeno ulazne rane atipičnog izgleda nastaju kada se prije kontakta projektila s tijelom dogodi destabilizacija projektila. Projektil se može destabilizirati zbog postojanja zapreke ispred tijela s kojom projektil dolazi u kontakt prije nego pristupi na površinu tijela. Također, do destabilizacije projektila može doći i unutar cijevi oružja ukoliko je korišteno streljivo kalibra koji ne odgovara oružju [36], ukoliko je samo oružje neispravno [37, 38] ili istrošeno [39].

Ukoliko projektil prije kontakta s kožom prođe kroz neki drugi medij koji obriše površinu projektila, na ulaznoj rani može nedostajati prljavi prsten.

U pojedinim slučajevima prsten nagnječenja u ulaznoj strijelnoj rani može nedostajati. Ovo se može vidjeti kod rana nastalih u slučajevima kada se koristi puščano streljivo sa centralnim inicijalnim paljenjem, ili projektili pune košuljice i poluobloženi projektili velike brzine (0.357 Magnum, 9-mm Parabellum) [37], ili u slučajevima sekundarnih ulaza smještenih u području skrotuma i aksile. Također, ukoliko je koža na mjestu ulaska projektila prekrivena vodom, prsten nagnječenja neće nastati [40].

Ulazne strijelne rane lokalizirane na dlanovima i tabanima su obično male i nemaju prsten nagnječenja [41], a i prljavi prsten može biti prikriven tj. nalazi se ispod odignutog epidermisa [42]. Nadalje, ulazne rane na dlanovima i tabanima

uobičajeno imaju zvjezdoliki izgled s pukotinama kože koje se radijalno šire iz rane te stoga često nalikuju izlaznoj strijelnoj rani. Ulazna rana sličnog izgleda uobičajeno se može vidjeti na laktovima [37].

Ukoliko projektil prije kontakta s kožom prođe kroz prepreku, čestice prepreke (npr. staklo) mogu na okolnoj koži uzrokovati nastanak sitnih oštećenja koja izgledom mogu oponašati barutnu tetovažu [43]. Slično se može vidjeti kod upotrebe kućno izrađenih prigušivača od različitih materijala. Prolazak projektila kroz takve prigušivače uzrokuje oštećenje unutrašnje površine prigušivača i stvaranje malih čestica koje na koži mogu uzrokovati oštećenja nalik barutnoj tetovaži [37]. Postmortalno djelovanje insekata na tijelo također može uzrokovati nastanak oštećenja koja nalikuju barutnoj tetovaži. Nadalje, strijelne ozljede u području dlakavih dijelova kože mogu uzrokovati nastanak sitnih točkastih krvarenja u korijen kose koja mogu nalikovati barutnoj tetovaži [37].

U ulaznim strijelnim ranama nastalima pucnjem iz apsolutne blizine nalaze se čestice čađe. U određenim slučajevima različite druge tvari (čestice grafita, asfalta, prašak za uzimanje otisaka prstiju) koje se stjecajem okolnosti nađu u strijelnoj rani mogu dovesti do krive interpretacije na temelju crnog obojenja rane [37].

U pojedinačnim slučajevima, prilikom upotrebe sačmarica, moguće je da u području ulazne rane ne budu prisutni niti depoziti čađe, niti barutne čestice.

Ulazne rane na glavi nastale pucnjem iz daljine mogu imati zvjezdoliki izgled koji nalikuje ulaznoj rani nastaloj pucnjem iz apsolutne blizine ili pak izlaznoj rani. Ovo se najčešće viđa na koži glave iznad koštanih prominecija (npr. rubovi orbita).

Pojedina streljiva zbog svojih karakteristika uzrokuju nastanak strijelnih rana koje je osobito teško interpretirati. U slučajevima kada je streljivo koje u sebi sadrži malu količinu baruta ispaljeno iz usta cijevi oružja koje je čvrsto prislonjeno o površinu kože može nastati ozljeda koja nalikuje na ulaznu ranu nastalu pucnjem iz daljine. Naime, ta mala količina baruta uzrokuje nastanak male količine čađe i barutnih čestica koje budu potisnute u unutrašnjost strijelnog kanala te se na pregledu makroskopski teško mogu uočiti. U ovom slučaju ulazna strijelna rana nastala pucnjem iz apsolutne blizine može nalikovati rani nastaloj iz daljine. U slučajevima strijelne ozljede nastale pucnjem

iz daljine, dulji postmortalni interval može dovesti do takvog sasušenja rubova rane koje dovodi do toga da sasušeni rubovi rane nalikuju tragovima otiska usta cijevi oružja.

Ukoliko je koža prekrivena odjećom, odjeća na sebi može zadržati čađu i neizgorene barutne čestice [44], a sama ulazna rana će nalikovati onoj nastaloj pucnjem iz daljine. Hoće li neizgorene barutne čestice ostati na odjeći ili će probiti odjeću i dospjeti do kože ovisi o debljini odjeće, broju slojeva odjeće i o vrsti baruta koji je upotrijebljen. Barutne čestice u obliku kuglica lakše probijaju slojeve odjeće za razliku od diskoidnih barutnih čestica.

6.2. Atipična morfologija izlazne rane

Iako su uobičajeno rubovi izlazne strijelne rane adaptabilni, u određenim okolnostima može nastati i defekt kože nedaptabilnih rubova koji nalikuje ulaznoj rani. Ovo se obično može vidjeti kod upotrebe projektila velike brzine ili kada je koža u području izlazne rane pritisnuta o podlogu pa gnječenjem kože između projektila i čvrste podloge dio kože nestaje [16]. U takvim situacijama uz defekt kože u izlaznoj rani nastaje i tzv. ekstenzijski prsten [45] što dodatno može zakomplicirati zaključivanje o vrsti strijelne rane.

6.3. Atipični defekti na plosnatim kostima

Spomenuti obrazac na plosnatim kostima (lijevak koji se otvara u smjeru putanje projektila) također može pokazivati odstupanja. Ulaskom u lubanju projektil uobičajeno stvara lijevak na kosti čiji je uži rub smješten na vanjskoj ljusci, dok je na unutrašnjoj ljusci rub oštećenja veći – lijevak se otvara prema unutrašnjosti lubanje odnosno, u smjeru putanje projektila. Pojava lijevka koji se otvara prema van u slučaju ulazne strijelne rane dijeli se na dva tipa: defekt tipa "ključanice" (dio defekta na kosti je u obliku lijevka koji se otvara prema unutra, a dio defekta se otvara prema van) koji se javlja u slučajevima kada projektil na kožu pristupi tangencijalno [37, 46, 47] te simetrični tip (cijeli defekt kosti ulazne rane čini lijevak koji se otvara prema van) koji se

javlja u slučajevima kada projektil okomito pristupi na kožu [48-51] i koji se češće javlja u slučajevima opaljenja iz apsolutne blizine. I izlazna rana koja uobičajeno na plosnatoj kosti pokazuje lijevak koji se otvara prema van može pokazivati odstupanja od tipičnog izgleda pa u nekim slučajevima izlazni defekt na plosnatoj kosti može biti tipa "ključanice" [52] ili u obliku lijevka koji se otvara prema unutrašnjosti lubanje [53].

6.4. Postmortalno promijenjena strijelna rana

Nakon smrti u tijelu nastupa niz promjena koje na različite načine mijenjaju izgled tijela. U uznapredovalom stadiju postmortalne promjene mogu prikriti ili u potpunosti uništiti tragove na tijelu kao i zaživotno nastale ozljede.

U slučajevima uznapredovalih postmortalnih promjena ponekad je gotovo nemoguće na temelju morfoloških karakteristika zaključivati o ulaznoj i izlaznoj strijelnoj rani, kao i o udaljenosti iz kojih je izvršeno opaljenje. Postmortalne promjene mogu uzrokovati crno obojenje kože te na taj način prikrivaju ili pak oponašaju ogarenje od čađe. Ljuštenje gornjeg sloja, epidermisa, dovodi do gubitka područja na kojem se može vidjeti barutna tetovaža.

Krv i tkiva u području zaživotno nastalih ozljeda privlače insekte. Aktivnost insekata u ljudskom tkivu može dovesti do nastanka oštećenja koja oponašaju zaživotno nastale ozljede ili pak može uzrokovati oštećenja rubova ozljede koje otežava ili onemogućava zaključivanje o mehanizmu nastanka ozljeda. Prodiranjem u kožu, insekti mogu stvoriti defekte koji svojim oblikom nalikuju strijelnoj rani, a eventualno sasušenje rubova defekta može nalikovati otisku usta cijevi oružja [37].

Osim promjena na površini tijela, u postmortalnom razdoblju moguća su i oštećenja kosti u obliku defekata kosti koja mogu nalikovati zaživotno nastalim defektima [54].

Nadalje, postmortalne promjene tkiva mogu dovesti i do značajnih promjena na samom projektilu koji se nalazi u tkivu. Reakcija tkiva i projektila može dovesti do nastupa korozije na projektilu što oštećuje tragove cijevi oružja na vanjskoj površini projektila. Time je onemogućeno povezivanje projektila s oružjem iz kojeg je ispaljen [55].

7. MATERIJALNI TRAGOVI PUCANJA

U slučajevima upotrebe ili sumnje na upotrebu ručnog vatrenog oružja, otkrivanje i identifikacija čestica koje nastaju opaljenjem može dati informacije korisne za istragu.

Otkrivanje i identifikacija ovih tragova poduzima se s ciljem utvrđivanja [56, 57]:

- je li određena osoba izvršila opaljenje
- radi li se o ulaznoj ili izlaznoj rani [58, 59]
- iz koje udaljenosti je izvršeno opaljenje.

Čestice koje nastaju ispaljenjem projektila iz ručnog vatrenog oružja zovemo i materijalni tragovi pucanja (eng. gunshot residue, GSR), a čine ih:

- ostatci gareži, ulja i maziva
- neizgorene i djelomično izgorene barutne čestice
- čestice jezgre i košuljice projektila
- čestice čahure
- čestice punjenja inicijalne kapsule
- čestice samog oružja iz kojeg je izvršeno opaljenje.

7.1. Sastav materijalnih tragova pucanja

Povlačenjem obarača udarna igla udara u inicijalnu kapsulu i pali eksploziv, što uzrokuje paljenje barutne smjese uz razvoj velike količine plinova visoke temperature. Ovi plinovi potiskom na bazu projektila uzrokuju njegovo ispaljenje iz cijevi. Nakon projektila, iz cijevi izlazi oblak plamena, dima, neizgorenog baruta i čađe, kao i sitne čestice metala ostrugane s unutrašnjosti cijevi, s čahure i projektila prilikom njegovog prolaska kroz cijev.

Osnovni elementi koji čine inicijalnu smjesu su olovo (Pb), barij (Ba) i antimon (Sb) i obično su sva tri prisutna. Rjeđe se mogu naći i aluminij (Al), sumpor (S), kositar (Sn), kalcij (Ca), kalij (K), klor (Cl), bakar (Cu), stroncij (Sr), cink (Zn), titan (Ti) ili silicij (Si). Neka od streljiva koja se proizvode u istočnoj Europi sadrže i živu. Elemente iz inicijalne smjese lakše je detektirati jer se oni prilikom ispaljenja projektila manje zagrijavaju.

Bezolovno streljivo može sadržavati stroncij, cink, titan, bakar, antimon, aluminij ili kalij. Elementi iz inicijalne smjese mogu prilikom ispaljenja iz cijevi oružja prianjati uz projektil te na taj način mogu dospjeti i u unutrašnjost rane koja je nastala pucnjem iz daljine (i do 200 m).

Čahura i projektil (jezgra i omotač) također sadrže specifične elemente koje se može detektirati. Gotovo sve čahure su sačinjene od mjedi (legura sačinjena od 70% bakra i 30% cinka), a tek pojedine su obložene niklom. Inicijalne kapsule imaju sastav sličan čahurama (bakar i cink). Jezgre projektila najčešće su sačinjene od olova i antimona, a rijetko od željezne legure. Omotači jezgre obično se sastoje od mjedi (90% bakra i 10% cinka), moguće i od legure željeza, aluminija ili nikla.

Bezdimni barut može sadržavati i do 23 organska spoja. Nitroceluloza je uvijek prisutna, uz ostale spojeve koji sadrže nitrate i nitrogen. Jednobazne (nitroceluloza) i dvobazne (nitroceluloza uz dodatak 1-40% nitroglicerina) barutne smjese mogu se raspoznati primjenom masenog spektrometra [60].

7.2. Otkrivanje materijalnih tragova pucanja

Prilikom opaljenja, sve ove čestice bivaju izbačene velikom brzinom iz cijevi vatrenog oružja u obliku oblaka, a manji dio i iz ostalih otvora vatrenog oružja (spoj cijevi i bubnja na revolveru, otvor za izbacivanje čahura na automatskom i poluatomatskom vatrenom oružju). Dio izbačenih čestica završava u i oko strijelne rane, a dio na rukama osobe koja je pucala ili osobe čije su ruke bile u neposrednoj blizini za vrijeme opaljenja (npr. otimanje za vatreno oružje). Stoga se materijalni tragovi pucanja traže se na:

- rukama osobe osumnjičene za izvršenje opaljenja
- koži oko strijelne rane i u unutrašnjosti rane
- odjeći koja je eventualno prekivala kožu
- eventualnim preprekama kroz koje je projektil prošao prije nego je dosegnuo površinu kože.

Materijalni tragovi pucanja mogu su otkriti:

- vizualnim metodama
- kemijskim metodama
- instrumentalnim metodama.

Vizualna metoda podrazumijeva inspekciju strijelne rane i kože oko rubova rane. Tragovi čađe i barutnih čestica mogu se vidjeti golim okom, uz pomoć povećala ili pak na izuzetim uzorcima tkiva pod svjetlosnim mikroskopom.

Tijekom godina razvijen je niz kemijskih testova koji dokazuju prisutnost materijalnih tragova pucanja. Prvu takvu metoda koja je korištena za dokazivanje tragova pucanja predstavio je 1933. godine Teodoro Gonzales ("Gonzalesov test"). Ovaj test otkriva tragove neizgorenih i djelomično izgorenih barutnih čestica (danas poznatija i kao "parafinska rukavica"). Metoda se sastoji od nanošenja rastopljenog parafina na šake te naknadnog skidanja ohlađenog i stvrdnutog parafina. Barutne čestice dokazuju se u laboratoriju vještaka za balistiku, gdje se na komade stvrdnutog parafina nanosi difenilaminski reagens, odnosno difenilamin – kolorni reagens kojim se dokazuju nitrati. Nitrati su sastavni dio baruta kojim se puni moderno streljivo, te ukoliko difenilaminski reagens dođe u kontakt s nitratima iz baruta, nastaje karakteristično obojenje tamnoplave boje [61, 62]. Ovaj test pruža informacije o distribuciji barutnih čestica, međutim, u isto vrijeme je nedovoljno specifičan budući da se reakcija događa s nitratima koje možemo naći i u gnojivima, lijekovima, laku za nokte i drugim kozmetičkim proizvodima, u urinu, sredstvima za dezinfekciju te na rukama ljudi koji su upravo zapalili šibicu. Balistički vještak bi na osnovu iskustva, po obliku obojene čestice, trebao razlikovati radi li se o nitratu porijeklom iz baruta ili neke druge tvari – subjektivna interpretacija testa znači da postoji rizik pogreške [63]. Također, test je destruktivan i onemogućuje provođenje kontrolne analize.

Nešto kasnije, 1959. razvijen je test [64] koji je otkrivao olovo, barij i antimon koji su upotrebljavani u proizvodnji inicijalnog punjenja. S kože dlanova uzimani su brisevi pomoću vate natopljene razrijeđenom hidrokloričnom kiselinom. Nakon određenog tretiranja, dodavani su reagensi koji bi pokazivali određenu boju u prisutnosti

antimona (narančasto obojenje), barij (crveno obojenje), olovo (ljubičasto obojenje). Velika prednost pred Gonzalesovim testom je bila činjenica da je ovaj test pokazivao malo lažno pozitivnih rezultata. Osim ovih, razvijen je i cijeli niz kolorimetrijskih reakcija, koje na temelju specifičnih obojenja ukazuju na prisutnost pojedinih kemijskih elemenata ili spojeva specifičnih za pucanje. Prednosti kolorimetrijskih reakcija su jednostavnost korištenja, brzina izvođenja testa, niska cijena i mogućnost rada na terenu, a nedostatci su nespecifičnost, niska osjetljivost i toksičnost korištenih reagensa.

Instrumentalne metode dokazuju prisutnost antimona, barija i olova analizom neutronske aktivnosti (neutron activation analysis, NAA) [65], atomskom apsorpcijskom spektroskopijom (atomic absorbtion spectroscopy, AAS) [66], fotoluminiscencijom [67], anodnom voltametrijom (anodic stripping voltammetry, ASV) [68] i mikroanalizom rendgenskom fluorescencijom [69]. Sve ove metode usmjerene su na dokazivanje prisutnosti olova, barija i antimona na površini ispitivanog područja.

Danas se najpouzdanijom metodom smatra analiza tragova pucanja sa skenirajućim elektronskim mikroskopom i energodisperzivnim detektorom X-zraka (SEM/EDX). Metoda dokazivanja tragova pucanja pomoću SEM/EDX je standardna metoda propisana od strane Europske mreže forenzičnih instituta (ENFSI). Princip rada SEM-a jest skeniranje površine ispitivanog uzorka pomoću precizno fokusiranog snopa elektrona, a slika se oblikuje detekcijom elektrona koji se odbijaju od vanjske površine preparata. Osnovna prednost SEM-a jest detaljan prikaz površine ispitivanog uzorka čime se omogućuje usporedba s poznatim materijalnim tragovima pucanja i razlikovanje materijalnih tragova pucanja od kontaminirajućih čestica. Kada snop elektrona udari u analizirano područje, elektroni dio svoje energije predaju prisutnim elementima koja može biti reemitirana u obliku X-zraka točno određene valne duljine, ovisno o elementu. Energodisperzivni detektor X-zraka (EDX) analizira remitirane X-zrake i na taj način daje informacije o prisutnim elementima. Analizom tragova pucanja uz pomoć SEM/EDX uređaja pri dokazivanju GSR čestica, istovremeno se

utvrđuje i morfološki oblik i kemijski sastav svake pojedine analizirane GSR čestice. Metoda analize GSR čestica uz pomoć SEM/EDX uređaja ima znatne prednosti nad ostalim metodama za analizu tragova pucanja, jer istovremeno o određenoj čestici daje dvije, vrlo važne informacije: o njenom obliku ili izgledu te o kemijskom sastavu.

Kemijski sastav utvrđen SEM/EDX metodom koji se smatra karakterističnim za GRS česticu je [70]:

1. Pb-Sb-Ba
2. Ba-Ca-Si s tragovima S
3. Ba-Ca-Si s tragovima Pb ako su Cu i Zn odsutni
4. Sb-Ba.

Kemijski sastav utvrđen SEM/EDX metodom koji se smatra u skladu sa sastavom GSR čestice, ali nije potpuno specifičan je [70]:

1. Pb-Sb
2. Pb-Ba
3. Pb
4. Ba ako nema S ili je prisutan samo u tragovima
5. rijetko Sb

U obje skupine u tragovima mogu biti prisutni još samo Si, Ca, Al, Cu, Fe, S, P (rijetko), Zn (ako je prisutan i Cu), Ni (rijetko i samo ako su prisutni i Cu i Zn), K i Cl. Morfološki oblik GSR čestica je u više od 70% slučajeva sferoidan, površina je glatka, pahuljasta ili prekrivena malim ljuskama. Upravo taj morfološki oblik i kemijski sastav jedinstveni su i nepobitno potječu od procesa opaljenja vatrenim oružjem.

Nedostatak SEM/EDX analize bila je duljina trajanja analize. Ovaj problem je donekle riješen iznalaženjem boljih metoda uzorkovanja [71] i upotrebom automatiziranog pretraživanja uzoraka [72-75].

8. OBRADA STRIJELNE OZLJEDE

Prema Pravilniku o načinu pregleda umrlih te utvrđivanja vremena i uzroka smrti [76], prilikom ispitivanja i utvrđivanja okolnosti pod kojima je smrt nastupila, svaki se slučaj smrti dijeli prema načinu na koji je nastupila na: prirodnu smrt, nasilnu smrt (nesretni slučaj, samoubojstvo, ubojstvo, nerazjašnjeno) i nepoznati način smrti.

Zakon o zdravstvenoj zaštiti [77] u članku 193., kao i Zakon o kaznenom postupku [78] u članku 319., propisuju da je u slučajevima "kada postoji sumnja ili je očito da je smrt prouzročena kaznenim djelom ili je u vezi s izvršenjem kaznenog djela" nužno provesti obdukciju mrtvog tijela.

Smrt koja nastupi kao posljedica strijelne ozljede prema načinu smrti klasificira se u skupinu nasilnih smrti te je shodno tome nužno provesti sudskomedicinsku obdukciju, kao i sve istražne radnje koje će utvrditi postoji li mogućnost da je smrt prouzročena kaznenim djelom ili je u vezi s izvršenjem kaznenog djela.

Obdukcija tijela osobe smrtno stradale zbog strijelne ozljede treba utvrditi:

- je li ozljeda nanesena vatrenim oružjem
- koja je rana ulazna, a koja izlazna
- je li ozljeda nanesena iz blizine ili daljine
- koji je smjer projektila kroz tijelo
- koliko je projektila pogodilo tijelo
- kakva su oštećenja nastala od pojedinog projektila i koji je uzrok smrti
- ukazuju li karakteristike ozljeda na ubojstvo, samoubojstvo ili nesretni slučaj [79].

Prema algoritmu koji se odnosi na provođenje sudskomedicinskih obdukcija [80], a koji je 1999. usvojilo i Vijeće Europe, u slučajevima kada je smrt nastupila zbog strijelnih ozljeda nužno je provesti sljedeće:

- očevid na mjestu događaja: pregled upotrijebljenog oružja, streljiva, oštećenja nastalih na mjestu događaja, čahura, određivanje pozicije u prostoru svih osoba koje su sudjelovale u događaju
- detaljan pregled odjeće i oštećenja na odjeći te izuzimanje potrebnih uzoraka

- detaljan pregled i bilješke o mrljama krvi na tijelu (i na odjeći i rukama)
- detaljan opis ulaznih i izlaznih strijelnih rana i strijelnog kanala (zabilježiti točan smještaj rana u odnosu na određena anatomska područja i u odnosu na udaljenost od tabana)
- opis tragova usta cijevi oružja na koži ukoliko su vidljivi
- uzimanje uzorka tkiva iz područja strijelnih rana prije čišćenja kože
- rendgensko snimanje tijela (ukoliko je potrebno)
- odrediti strijelne kanale i njihove smjerove
- dati konačni zaključak o smjeru pucanja, utjecaju ozljede na mogućnost djelovanja osoba odnosno nastupa smrti, redoslijedu ozljeđivanja (u slučaju da je bilo više hitaca), o zaživotnosti nastupa ozljeda i položaju u kojem se nalazila osoba u trenutku zadobivanja ozljede.

Policijske radnje i postupci te provođenje sudskomedicinske obdukcije u slučajevima smrti zbog strijelnih ozljeda u prvom redu su usmjereni na utvrđivanje radi li se u konkretnom slučaju o samoubojstvu, ubojstvu ili nesretnom slučaju. Činjenice koje se u tu svrhu trebaju utvrditi sudskomedicinskom obdukcijom su određivanje smjera i udaljenosti pucanja te smjera strijelnog kanala.

Smjer pucanja daje važne informacije o vjerojatnosti samoozljeđivanja, odnosno ozljeđivanja od strane druge osobe. Kako bi se utvrdio smjer pucanja, nužno je utvrditi gdje se nalazi ulazna, a gdje izlazna strijelna rana odnosno, gdje je dno strijelnog kanala u kojem se nalazi projektil u slučaju ustrijela. U slučajevima samoubojstava, ulazna strijelna rana najčešće je smještena na glavi (u više od 80% slučajeva) i prsnom košu (16%), dok su vrat i prednja trbušna stijenka zastupljeni u vrlo malom broju slučajeva [81]. Ulazne rane nastale kao posljedica ozljeđivanja od strane druge osobe pokazuju veću raznolikost lokalizacija. Prema učestalosti, ulazne rane lokalizirane su na glavi, leđima i lateralnim stranama trupa, prsnom košu, ekstremitetima, prednjoj trbušnoj stijenci i vratu [81]. U slučajevima samoubojstava ulazna rana na glavi najčešće je smještena u desnom sljepoočnom području, zatim u ustima i u području čela dok je u slučajevima ubojstava najčešće smještena u

zatiljnom području i u području lica [81]. Usmjerenost strijelnog kanala, ovisno o dijelu tijela, također omogućuje zaključivanje o vjerojatnosti radi li se o samoubojstvu ili ubojstvu.

Osim utvrđivanja smjera pucanja, nužno je odrediti i udaljenost pucanja. U slučajevima samoubojstava opaljenje je najčešće izvršeno iz apsolutne blizine (u više od 90% slučajeva), a puno rjeđe iz relativne blizine (u manje od 10% slučajeva), dok je u slučajevima ubojstva opaljenje najčešće izvršeno iz daljine (gotovo 80%), a rjeđe iz relativne (oko 15%) ili apsolutne blizine [81]. Ukoliko se utvrdi da je opaljenje izvršeno iz daljine, mogućnost da je u pitanju samoubojstvo gotovo je u potpunosti isključena (osim ukoliko je na mjestu događaja pronađeno neko pomoćno sredstvo koje bi omogućilo opaljenje iz daljine).

8.1. Diferencijalna dijagnostika ulazne i izlazne rane i određivanje udaljenosti pucanja

Određivanje smjera i udaljenosti pucanja temelji se na izgledu strijelne rane i analizi materijalnih tragova pucanja oko rane uz pomoć različitih metoda.

U većini sudskomedicinske literature, za diferencijaciju između ulazne i izlazne strijelne rane i određivanje udaljenosti pucanja, navedene su vizualne metode golim okom ili upotrebom povećala i svjetlosnog mikroskopa [16, 22, 37, 47, 57, 82] čime se proučava izgled rane i materijalni tragovi pucanja oko rane. Morfološki izgled rana nastalih pucanjem iz apsolutne blizine smatra se dovoljno specifičnim u velikom broju slučajeva te omogućuje razlikovanje ulazne i izlazne rane i prepoznavanje udaljenosti pucanja. U slučajevima strijelne rane nastale pucanjem iz relativne blizine, koristi se inspekcija golim okom, kao i pregled tkiva svjetlosnim mikroskopom kako bi se dokazala prisutnost neizgorenih i djelomično izgorenih barutnih čestica. Ipak, u nizu ranije opisanih slučajeva, rutinski korištene metode nisu dostatne za zaključivanje.

U pojedinačnim slučajevima korištene su i kemijske metode pomoću adhezivnog materijala koji se nanosi na kožu oko rane te se prikupljeni uzorak analizira uz pomoć različitih kemijskih testova [76, 83, 84] kako bi se utvrdila prisutnost neizgorenih i djelomično izgorenih barutnih čestica.

Ranije opisane instrumentalne metode za otkrivanje materijalnih tragova pucanja omogućuju otkrivanje čestica na koži oko rane u slučajevima kada je opaljenje izvršeno s udaljenosti od 1 do 3 m, ovisno o vrsti oružja (duljini cijevi oružja) i vrsti upotrijebljenog streljiva (vrsta i količina korištenog baruta i eksploziva u inicijalnoj kapsuli).

9. UGLJIČNI MONOKSID

Ugljični monoksid (CO) je plin, bez boje, mirisa i okusa, otrovan za ljude i životinje. Molekula ugljičnog monoksida sastoji se od jednog atoma ugljika i kisika koji su povezani trostrukom kovalentnom vezom. Duljina te veze iznosi 112.8 pm. Molekulska masa ugljičnog monoksida je 28.01 daltona što ga čini lakšim od zraka – relativna specifična masa prema zraku iznosi 0.968. Nastaje kao produkt nepotpunog sagorijevanja organske tvari uz nedostatak kisika što onemogućuje oksidaciju u ugljični dioksid [85]. Spada u skupinu takozvanih zagušljivaca.

9.1. Patofiziologija

Ugljični monoksid iz udahnutog zraka u alveolama difuzijom prelazi u krv gdje se veže za hemoglobin [86, 87] pri čemu nastaje karboksihemoglobin (CO-Hb). Osim za hemoglobin, CO se veže i za druge molekule koje u svojoj strukturi imaju hem – mioglobin, citokrom-oksidaza, citokrom P450. Ostvarivanje veze s hemoglobinom moguće je samo s hemoglobinom s dvovalentnim željezom [88], to jest s reduciranim hemoglobinom (Hb) i oksihemoglobinom (HbO_2). Vezanje na dvovalentno željezo vrši se na istim mjestima gdje se inače veže kisik, ali je veza ugljičnog monoksida s hemoglobinom znatno stabilnija od veze hemoglobina s kisikom, tako da je afinitet CO za hemoglobin 200 - 250 puta veći u usporedbi s kisikom [89, 90]. Vezanjem za hemoglobin CO istiskuje kisik iz oksigeniranog hemoglobina i u isto vrijeme mijenja strukturu hemoglobina te pomiče krivulju disocijacije oksihemoglobina ulijevo. Ovo dovodi do povećanja afiniteta hemoglobina za preostali vezani kisik [91]. Na taj način smanjuje se kapacitet krvi za prijenos kisika, a u isto vrijeme i otpuštanje kisika tkivima, što dovodi do razvoja asfiksije. Oko 85% ugljičnog monoksida koji difuzijom prijeđe u krv veže se za hemoglobin dok se ostatak veže za mioglobin i, u znatno manjoj mjeri na citokrom-oksidazu i citokrom P450. Vezanje ugljičnog monoksida za citokrom-oksidazu i citokrom P450 može u znatnoj mjeri poremetiti fiziološke procese, osobito mitohondrijsku aktivnost [92, 93]. Vezanjem CO za mioglobin nastaje spoj zvan karboksimioglobin. Afinitet ugljičnog monoksida za mioglobin još je i veći od afiniteta

za hemoglobin. Vezanje CO s mioglobinom skeletnog mišića dovodi do slabosti mišića, a vezanje za srčani mioglobin uzrokuje nastanak hipotenzije i aritmija.

Eliminacija CO iz tijela odvija se preko plućnog krvotoka kompetitivnim vezanjem kisika na hemoglobin. Brzina eliminacije proporcionalna je oksigeniranosti udahnutog zraka i minutnim volumenom [94].

9.2. Izvori ugljičnog monoksida

Vanjski izvori ugljičnog monoksida su industrijska postrojenja, ispušni plinovi motora starijih vozila, sustavi za grijanje, cigaretni dim. Duhanski dim sadržava 0.5 do 1% ugljičnog monoksida, stoga pušenje duhana u različitim oblicima uzrokuje porast koncentracije CO-Hb u krvi na oko 4% [95]. Koncentracija CO u atmosferi je 0.001%. Gradski pin sadrži 3 do 4% ugljičnog monoksida. Vrlo visoke koncentracije ugljičnog monoksida u zagađenoj atmosferi velegrada mogu dovesti i do većih koncentracija CO-Hb u krvi stanovnika tih gradova.

Ugljični monoksid nastaje i u tijelu razgradnjom hema [94]. Razgradnju hema katalizira enzim hem oksigenaza, koji kida porfirinski prsten hema i oslobađa biliverdin, slobodno željezo i ugljični monoksid. Ovo dovodi do normalnih koncentracija karboksihemoglobina od 0.4 do 0.7% u ljudskom organizmu [96]. Tako nastali CO u organizmu djeluje kao neurotransmiter, ima vazodilatatorni učinak, a pokazuje i antiinflamatorni i citoprotektivni učinak. Osobe koje boluju od hemolitičkih bolesti imaju veće razine CO u krvi nego kontrolna skupina [97].

Karboksihemoglobin u ljudskom tijelu nastaje i razgradnjom metilen klorida (diklormetana) u jetri [98]. Metilen klorid je otapalo koje se može naći u odstranjivačima boja.

9.3. Otrovanje ugljičnim monoksidom

Akutno otrovanje ugljičnim monoksidom posljedica je udisanja zraka u kojem je povišena njegova koncentracija. Otrovanje ugljičnim monoksidom pokazuje širok spektar simptoma, od blagih, nespecifičnih simptoma do smrti. Kakva će biti klinička

slika osoba koje su se otrovale ugljičnim monoksidom, u prvom redu ovisi o koncentraciji ugljičnog monoksida u udahnutom zraku i o trajanju izlaganja ugljičnom monoksidu. Već i pri malim koncentracijama karboksihemoglobina u krvi, iznad 10%, javlja se glavobolja, mučnina, povraćanje i osjećaj slabosti. Kod djece je često prisutan nemir i slab apetit. Pri koncentracijama od oko 30% slabe cerebralne funkcije što rezultira letargijom, konfuzijom, dezorjentacijom, smetnjama vida i epileptičnim napadajima. Za otrovanje ugljičnim monoksidom je tipično otkazivanje mišićne snage, dublje i nepravilnije disanje, a smrt nastupa zbog paralize disanja ili zatajenje srca uz mogući razvoj plućnog edema. Koncentracija CO-Hb u krvi koja uzrokuje smrt kod zdravih osoba iznosi 50% i više. Kod starijih ljudi, ljudi sa srčanim bolestima i kod novorođenčadi smrt zbog trovanja može nastupiti i pri koncentraciji CO-Hb od 30 %.

Osobe smrtno stradale od otrovanja ugljičnim monoksidom karakteristično se prezentiraju s intenzivno crvenim mrtvačkim pjegama i crveno obojenim tkivima.

Simptomi kronične izloženost manjim koncentracijama ugljičnog monoksida su bezvoljnost, vrtoglavica, pospanost i motorički nemir. Moguće je oštećenje središnjeg živčanog sustava koje se očituje gubitkom pamćenja i drugim mentalnim promjenama te pogoršanjem ishemije srčanog mišića.

9.4. Kemijskotoksikološka analiza

U literaturi su opisane brojne metode za određivanje CO-Hb u krvi. Od jednostavnih semikvantitativnih i kvantitativnih do onih razvijenijih koje se temelje na kolorimetriji, infracrvenoj spektroskopiji ili UV-spektrofotometriji i plinskoj kromatografiji. Najraširenija metoda je spektrofotometrija koja se može izvesti uz konvencionalni spektrofotometar, te plinska kromatografija s različitim sustavima za detekciju.

Prije kvantitativne metode može se provesti kvalitativna proba sa zasićenom otopinom pirogalola u vodi. Pirogalol ili pirogalolna kiselina ($C_6H_3(OH)_3$) je kristalna tvar i snažan reducens. Pirogalol se otopi u vodi te se u tu otopinu dodaje jednaka količina krvi. Reakcija nastaje neposredno po dodavanju krvi u otopinu priogalola – ukoliko u uzorku krvi nema karboksihemoglobina, nastaje čokoladno smeđi talog, u

suprotnom, ukoliko u uzorku krvi ima karboksihemoglobina, nastaje crveno smeđi talog.

Spektrofotometrijske metode mogu se izvoditi na automatiziranom CO-oksimetru [99] ili manualno na spektrofotometru. Manualna spektrofotometrija se provodi konvencionalnim spektrofotometrom ili namjenskim spektrofotometrom koji mjeri više parametara istodobno [100, 101]. Spektrofotometrijske metode određivanja koncentracije karboksihemoglobina u krvi utvrđuju postotak hemoglobina koji vezan s ugljičnim monoksidom [102, 103], na temelju apsorpcije spektra od 572 do 538 nm [87]. Metoda je pouzdana, jeftina i dostupna budući da svaki analitički laboratorij ima bazični mjerni instrument [102]. Manualne spektrofotometrijske metode smatraju se metodom izbora za određivanje koncentracije CO-Hb u postmortalnim uzorcima krvi [102].

Plinska kromatografija je precizna metoda na koju ne utječe kvaliteta uzorka iz kojeg se određuje koncentracija pa se može primijeniti i na uzorke zahvaćene vrlo izraženim postmortalnim truležnim promjenama. Plinska kromatografija je metoda izbora za određivanje koncentracija karboksihemoglobina u krvi manjih od 1.5% [104].

CO-Hb je postmortalno stabilan spoj koji se može otkriti i u truležno promijenjenom tijelu [105]. Ukoliko je krv ili neko drugo tkivo izrazito truležno promijenjeno ili je prethodno obrađeno formalinom, određivanje je pouzdanije metodom plinske kromatografije-masene spektrometrije [106].

10. UGLJIČNI MONOKSID U STRIJELNOJ OZLJEDI – DOSADAŠNJE SPOZNAJE

Ovisno o vrsti korištenog baruta i gustoći sadržaja čahure, ugljični monoksid čini 30 do 60 posto barutnog plina koji nastaje prilikom opaljenja i zajedno s projektilom izlazi iz usta cijevi oružja [22]. U slučajevima pucanja iz blizine, pri kontaktu barutnih plinova s tankim slojem tkiva oko strijelnog kanala, nastaju karboksihemoglobin i karboksimioglobin. Ta se pojava morfološki prikazuje kao svijetlocrveno obojenje rubova strijelne rane.

Ovo je prvi puta opisao Patauf još 1890. godine [107], u doba kada je bio korišten crni barut. Godine 1908. Meyer je zabilježio da i, danas korišteni, bezdimni barut uzokuje jednaku reakciju [108]. Ovo crveno obojenje rubova rane bilo je intenzivnije naglašeno kod rana nastalih korištenjem crnog baruta nego prilikom korištenju bezdimnog baruta, kada u velikoj mjeri može i ne biti vidljivo [109].

Rezultate prvog istraživanja koje je mjerilo vrijednosti karboksihemoglobina u krvi iz strijelnih rana provedeno je na 6 osoba nastradalih od strijelnih ozljeda iz apsolutne blizine i 20 zečeva u koje je pucano iz različitog oružja i streljiva, s udaljenosti od 0, 5 i 10 cm, a objavio ga je Wojahn 1968. godine [110]. Ovo istraživanje bilo je usmjereno na dokazivanje prisutnosti karboksihemoglobina u strijelnim ranama, a ne na eventualno postojanje razlike u koncentracijama karboksihemoglobina u području ulazne i izlazne rane. Rezultati mjerenja izvršenih na smrtno stradalim osobama pokazali su vrijednosti karboksihemoglobina u strijelnim kalnalima od 4 do 28%. Ovi rezultati su prikazani samo sumarno, bez prikaza odnosa između pojedine ulazne strijelne rane i pripadajuće izlazne strijelne rane. Pucanje u zečeve vršeno je na način da je ulazna rana bila u abdominalniom području, a izlazna u području prsnog koša. Uzorak za analizu bila je krv koja je istjecala iz ulazne i izlazne rane te krv iz područja strjelnog kanala. Najveće vrijednosti karboksihemoglobina izmjerene su u uzorcima krvi iz rana nastalih iz apsolutne blizine. Uzimanje ovakvih uzokara krvi, kod kojih dolazi do miješanja krvi, odgovara ciljevima ovog istraživanja – dokazana je prisutnost karboksihemoglobina u strijelnim ranama nastalima iz apsolutne blizine i iz malih

udaljenosti – ali ne omogućuje zaključivanje o postojanju eventualnih razlika u koncentracijama u području ulazne i izlazne strijelne rane.

Nešto kasnije, 1970. godine, objavljeni su rezultati mjerenja koncentracije karboksihemoglobina u strijelnim ranama 6 smrtno stradalih osoba [111]. U tri prostrijelne ozljede nastale iz apsolutne blizine izmjerene su veće koncentracije karboksihemoglobina u ulaznim ranama od pripadajućih izlaznih rana. U uzorcima krvi iz strijelnih rana dviju osoba nastradalih od pucnjeva iz daljine karboksihemoglobin nije bio prisutan. Zaključno, autor je predložio četiri hipoteze za koje naglašava da zahtijevaju daljnje istraživanje: koncentracija karboksihemoglobina u ulaznoj rani veća je od vrijednosti u izlaznoj rani, koncentracija karboksihemoglobina se smanjuje kada se povećava udaljenost iz koje je izvršeno opaljenje, koncentracija karboksihemoglobina s protekom vremena opada, ali i dalje ostaje veća u ulaznoj nego u izlaznoj rani te razlika u koncentracijama ovisi o lokalizaciji rane na tijelu kao i vrsti upotrijebljenog streljiva.

U sklopu istraživanja o karakteristikama strijelnih rana nastalih pucanjem iz ručnog vatrenog oružja s prigušivačem [112], koje je bilo izvršeno na svinjama, dokazivana je i prisutnost karboksihemoglobina u tkivima oko strijelnog kanala. Pucanje je izvršeno iz pištolja različitih kalibara (6 mm, 8 mm i 9 mm), iz apsolutne blizine, i iz udaljenosti od 30.5 cm (12 inča) i 66 cm (26 inča). Uzorak za analizu bila je krvi iscijeđena iz mišićnog tkiva u području strijelnog kanala. Rezultati su prikazani samo u smislu prisutnosti ili odsutnosti CO-Hb u ispitivanom uzorku. U 20 uzoraka iz strijelnih kanala nastalih pucnjem iz apsolutne blizine, CO-Hb je detektiran u većini uzoraka (16), u 2 nije bio prisutan, a 2 uzorka nisu bila podobna za analizu. Autore je neprisutnost CO-Hb u dva uzorka krvi iz rana zadanih iz apsolutne blizine navela na zaključak da neprisutnost karboksihemoglobina u rani za koju se prema morfološkim obilježjima može reći da je nastala iz apsolutne blizine ukazuje na to da je opaljenje izvršeno iz ručnog vatrenog oružja s prigušivačem. Nadalje, zanimljiv je nalaz CO-Hb u 2 uzorka iz strijelnih rana nastalih pucanjem s 30.5 cm udaljenosti od kože – za ova dva uzorka prikazane su i vrijednosti CO-Hb koje su iznosile 16% i 12%. U ostalih 18 uzoraka s iste udaljenosti,

prisutnost CO-Hb nije dokazana (5 uzoraka nije bilo podobno za analizu). Pri pucanju iz udaljenosti od 66 cm nije dokazana prisutnost CO-Hb niti u jednom uzorku. Jednako kao i Wojahnov rezultati, i ovo istraživanje dokazalo je prisutnost CO-Hb u tkivima oko strijelnog kanala, a ne i eventualnu razliku u uzorcima iz ulazne i izlazne rane.

U novijoj literaturi [16, 22, 37, 47] se nalaz svijetlocrvenog obojenja rubova strijelne rane, to jest prisutnost CO-Hb, navodi kao mogući indikator ulazne strijelne rane koja je nastala pucanjem iz blizine. Pretpostavka o različitim koncentracijama karboksihemoglobina u području ulazne i izlazne strijelne rane nije detaljnije ispitivana, niti su objavljeni rezultati kakvih provedenih istraživanja. U udžbenicima koji spominju postojanje karbksihemoglobina u strijelnoj rani, navodi se potreba za opsežnijim proučavanjem ove pojave [22]. Pojedini autori [37] dovode u pitanje točnost ove pretpostavke temeljem rezultata pojedinih mjerenja koja su pokazala obrnutu povezanost. U određenim okolnostima moguća je pojava karboksihemoglobina i u krvnim žilama udaljenima od strijelnog kanala [82, 113].

Prema gore navedenom, vidi se da se prikazi ove pojave u dostupnoj literaturi svode na općenite navode u udžbenicima, nalaze pojedinačnih zapažanja ili radove provedene na malom uzorku. Nadalje, redovito se radi o opažanjima temeljenima na morfološkim karakteristikama strijelne rane ili, eventualno, pojedinačnim mjerenjima.

11. SVRHA RADA

Interpretacija strijelnih rana je važno i učestalo pitanje u sudskomedicinskoj kazuistici. Točna interpretacija strijelnih rana osigurava informacije bitne za policijsku, odnosno pravosudnu istragu, omogućuje zaključivanje o načinu smrti (ubojstvo, samoubojstvo ili nesretan slučaj) te je nužna za učinkovito provođenje eventualnog sudskog postupka. Obdukcija osobe smrtno stradale od strijelne ozljede mora odgovoriti na dva osnovna pitanja: iz koje je udaljenosti izvršeno opaljenje te koji je bio smjer pucanja. U slučaju prostrijelne ozljede, prvi preduvjet za točan odgovor na ova pitanja je utvrđivanje koja rana je ulazna. U većini slučajeva, već morfologija strijelne rane omogućuje razlikovanje ulazne od izlazne rane. Međutim, u posebnim, ranije spomenutim, slučajevima morfološke karakteristike nisu dostatne za zaključivanje o smjeru i udaljenosti pucanja. Danas je dostupan niz metoda analize materijalnih tragova pucanja koje daju odgovore na ova dva pitanja. Međutim, radi se o analizama koje se provode na skupoj opremi (npr. skenirajući elektronski mikroskop s različitim sustavima za detekciju) dostupnoj samo većim centrima. Provođenje tih analiza i interpretacija dobivenih rezultata ne mogu se napraviti u kratkom vremenskom roku, a može ih provoditi samo usko educirano osoblje. Dalje, radi se o metodama koje se obično provode u policijskim forenzičkim laboratorijima i na uzorcima koje na mjestu događaja izuzimaju članovi ekipe za očevid. Time liječnik-sudski medicinar koji provodi obdukciju, a kasnije i liječnik-vještak u sudskom postupku, potencijalno dolaze u položaj da svoje zaključke daju na temelju analiza provedenih u drugom laboratoriju i na uzorku koje je izuzela druga struka. Stoga smatramo da bi postojanje dodatne analize koja se provodi u sudskomedicinskom kemijskotoksikološkom laboratoriju i na uzorcima koje obducent sam izuzme u toku obdukcije, moglo u određenom broju slučajeva olakšati i ubrzati zaključivanje o smjeru i udaljenosti pucanja u slučaju smrti koja je nastupila zbog strijelnih ozljeda. Ovo istraživanje poduzeto je upravo u svrhu pronalaženja jedne takve metode.

U slučajevima pucanja iz blizine, pri kontaktu barutnih plinova s tankim slojem tkiva oko strijelnog kanala nastaju karboksihemoglobin (CO-Hb) i karboksimioglobin (CO-

Mb). Ta se pojava morfološki prikazuje kao svijetlocrveno obojenje rubova strijelne rane. U sudskomedicinskoj literaturi se nalaz svijetlocrvenog obojenja rubova strijelne rane, tj. prisutnost CO-Hb, navodi kao mogući dokaz ulazne strijelne rane koja je nastala pucanjem iz blizine [16, 22, 37, 47]. Jedini autor koji je istraživao ovu pojavu i koji je objavio svoje rezultate iznio je pretpostavku o različitim koncentracijama CO-Hb u ulaznoj i izlaznoj strijelnoj rani kao metodu raspoznavanja ulaza od izlaza, ali na temelju nalaza kod četiri proučena slučaja [111]. Neki autori dovode u pitanje točnost ove pretpostavke temeljem rezultata pojedinih mjerenja koja su pokazala obrnutu povezanost [37].

Ovim istraživanjem željeli smo sustavno obraditi pojavu karboksihemoglobina u krvi iz područja strijelnih rana kako bismo dobili uvid u odnos koncentracija CO-Hb u području ulaznih u odnosu na izlazne strijelne rane, posebice kod pucanja iz blizine. Također, dobiveni rezultati omogućili su evaluaciju može li razlika u koncentracijama CO-Hb pomoći u razlučivanju ulazne od izlazne rane. Pronalazak nove metode otvorio bi prostor za unaprjeđenje danas korištene metodologije identificiranja ulaznih strijelnih rana.

Dakle, ovim istraživanjem želimo vrednovati novu metodu prepoznavanja ulazne strijelne rane uspoređujući je sa zlatnim sudskomedicinskim standardom (morfološko prepoznavanje). Pored svoje znanstvene izvornosti, rezultati istraživanja imat će i potencijalnu praktičnu primjenu u sudskomedicinskom radu. Naime, uvođenje mogućeg novog biljega za razlikovanje ulaznih od izlaznih rana predstavlja poželjno oruđe za diferencijalnu dijagnostiku strijelnih rana.

Metoda kojom se dokazuje prisutnost i kvantificira karboksihemoglobin u krvi je pouzdana, jeftina i dostupna budući da svaki analitički laboratorij ima bazični mjerni istrument.

U slučajevima dvojbenog makoskopskog nalaza, jeftina, dostupna i brza metoda predviđena ovim istraživanjem mogla bi poslužiti u donošenju konačnog zaključka, tj. utvrđivanja radi li se doista o ulaznoj strijelnoj rani.

II. HIPOTEZA

Hipoteza ovog rada je:

Uzorci krvi iz područja ulaznih strijelnih rana nanesenih pucanjem iz blizine sadrže statistički značajno veću koncentraciju karboksihemoglobina od uzoraka krvi iz područja pripadajućih izlaznih strijelnih rana.

III. CILJEVI RADA

Opći cilj rada

- istražiti koncentracije karboksihemoglobina koje su prisutne u krvi iz područja strijelnih rana i utvrditi odnos ovih koncentracija kod ulaznih i izlaznih strijelnih rana.

Specifični ciljevi rada

- odrediti koncentraciju karboksihemoglobina kod svake ulazne i izlazne strijelne rane u ispitivanom uzorku
- utvrditi međusobni odnos koncentracija kod ulaza i kod izlaza
- ocijeniti ovisnost koncentracija o pojedinim parametrima pucanja (tip oružja i duljina strijelnog kanala)
- istražiti pojavnost i koncentraciju karboksihemoglobina kod ulaza ovisno o udaljenosti pucanja.

IV. UZORAK I METODE

1. UZORAK

Istraživanje obuhvaća 106 uzoraka krvi osoba smrtno stradalih od strijelnih ozljeda kod kojih je smrt nastupila neposredno nakon ozljeđivanja te na kojima nisu nastupile uznapredovale postmortalne promjene. Tijela smrtno stradalih osoba obducirana su na Zavodu za sudsku medicinu i kriminalistiku.

U slučajevima nasilnih smrti, kao što su smrti koje nastanu kao posljedica ozljeđivanja ručnim vatrenim oružjem, provođenje obdukcije je obavezno, a regulirano zakonskim propisima: Zakonom o kaznenom postupku [78], Zakonom o zdravstvenoj zaštiti [77] i Pravilnikom o načinu pregleda umrlih te utvrđivanja vremena i uzroka smrti [76]. Obdukcije osoba koje su bile dio istraživanja odredilo je Državno odvjetništvo RH ili sudac istrage, kao nastavak postupka očevida i u sklopu istražnih radnji. Obdukcije su provođene po službenoj dužnosti, a obducent je za rezultate i zaključke odgovoran državnom tijelu koje je naložilo obdukciju. Tijekom obdukcije, obducent autonomno odlučuje o potrebnim dodatnim radnjama i pretragama koje će mu pomoći u donošenju zaključaka i za ovo mu nisu potrebne dodatne privole. Među tim radnjama je i izuzimanje uzoraka krvi.

Tijekom obdukcije osoba stradalih od strijelnih ozljeda čija smrt je nastupila neposredno nakon ozljeđivanja, koje su bile obuhvaćene istraživanjem, izuzet je uzorak krvi iz područja ulazne strijelne rane i iz područja izlazne strijelne rane. U istraživanje su uključene osobe kod kojih je nesumnjivo utvrđeno (morfološkim prepoznavanjem i/ili analizom materijalnih tragova pucanja) koja rana je ulazna, a koja izlazna.

Uzorak krvi je izuzet na početku obdukcije, prije pranja tijela, uz pomoć štrcaljke volumena 20 mL i to usisavanjem (aspiriranjem) krvi iz područja rane. Po potrebi, ukoliko je rana bila suha, pritiskom na kožu oko rubova rane, do 1 cm od ruba rane, se nježno istiskivala krv iz okolnog područja. Minimalna potrebna količina uzorka je 1 kap (otprilike 50 mikrolitara).

U slučajevima prostrijela, krv je izuzeta iz područja ulazne i izlazne rane. U slučajevima ustrijela, krv je izuzeta s dna strijelnog kanala, odnosno s mjesta gdje je pronađen projektil. Ovo mjesto je prihvaćeno kao ekvivalent izlaznoj strijelnoj rani.

Iz svakog tijela, uz uzorke iz područja ulazne i izlazne strijelne rane, odnosno dna strijelnog kanala, izuzeti su i uzorci krvi iz sistemskog krvotoka. Krv za uzorak iz sistemskog krvotoka izuzimana je iz bedrene vene (*vena femoralis*) u skladu s pravilima o izuzimanju postmortalnih uzoraka za kemijskotoksikološku analizu [114]. Određivanjem koncentracije karboksihemoglobina u uzorku iz sistemskog krvotoka omogućili smo izračunavanje korigirane koncentracije karboksihemoglobina u uzorcima iz područja ulazne i izlazne strijelne rane. Korigirana koncentracije definirana je kao razlika koncentracije karboksihemoglobina u uzorcima iz područja strijelnih rana i koncentracije karboksihemoglobina u uzorcima iz sistemskog krvotoka. Uzorak iz sistemskog krvotoka služio je kao kontrolni uzorak te smo na taj način isključili mogućnost da su povećane vrijednost karboksihemoglobina u uzorcima krvi posljedica unošenja ugljičnog monoksida na druge načine (povećana koncentracija ugljičnog monoksida u udahnutom zraku – npr. pušenje, vanjsko zagađenje) osim djelovanjem barutnih plinova iz ručnog vatrenog oružja. U istraživanje su bile uključene osobe kod kojih postmortalno razdoblje nije bilo takvo da bi nastupile uznapredovale postmortalne (truležne) promjene – analiziran je samo svježi materijal s postmortalnim razdobljem kraćim od 72 sata.

Nakon izuzimanja uzoraka krvi, za vrijeme provođenja obdukcije, izmjerena je veličina potkožnog džepa ukoliko je bio prisutan, a potom je korištenjem sonde izmjerena duljina strijelnog kanala. Sonda se kroz ulaznu strijelnu ranu uvela u strijelni kanal, provukla do izlazne strijelne rane, u slučaju prostrijela, ili do dna strijelnog kanala, u slučaju ustrijela, mjesto na sondi koje se nalazi u ravnini kože oko rane je označeno te je potom očitana duljina.

2. KEMIJSKOTOKSIKOLOŠKA ANALIZA UZORAKA

Uzorci krvi su odmah po izuzimanju analizirani u toksikološkom laboratoriju Zavoda za sudsku medicinu i kriminalistiku. Uzorci krvi analizirani su kvantitativnom spektrofotometrijom prema Heilmeyerovoj metodi [115].

Kvantitativna spektrofotometrija prema Heilmeyerovoj metodi

U jednu epruvetu stavlja se 0.1% NH_4OH (4.3 mL 25%-tnog NH_4OH i destilirana voda do 100 mL) koji služi kao slijepa proba.

U drugu epruvetu za centrifugiranje stavlja se uzorak 0.02 mL krvi kojem se doda 5 mL reagensa. Reagens je 0.1% amonijev hidroksid (NH_4OH). Uzorak krvi s reagensom se kratko i oprezno promiješa te se oštro centrifugira i profiltrira kroz gusti filtar papir (Blueband). Bistri centrifugat prenese se u kivetu od 10 mm te snima spektrofotometrom kojim se očitava apsorbancija pri valnim duljinama 541, 560 i 576 nm. Prije epruvete s ispitivanim uzorkom odredi se nul-točka prema reagensu (0.1% amonijev hidroksid) kao slijepoj probi, a snima se područje od 700 do 500 nm. Nakon očitanja rezultata na spektrofotometru, izračunaju se omjeri apsorbancija A541/A560 i A576/A560 koji predstavljaju postotak karboksihemoglobina u odnosu na sav hemoglobin prisutan u ispitivanom uzorku. Kao konačna vrijednost postotka karboksihemoglobina u ispitivanom uzorku uzima se aritmetička sredina ova dva rezultata.

Spektrofotometrijska analiza provođena je na UV/Vis spektrofotometru Perkin Elmer, Lambda 25.

3. PRIBAVLJANJE I GRUPIRANJE PODATAKA

Opći podatci o stradaloj osobi (spol, dob) bez navođenja identiteta, podatci o okolnostima slučaja (vrsta nasilne smrti – ubojstvo, samoubojstvo, nesretni slučaj), kao i vrijeme smrti, dobiveni su pregledom popratnice koja se uz mrtvo tijelo dostavlja obducentu.

Podatci o upotrijebljenoj vrsti oružja i vrsti upotrijebljenog streljiva dobiveni su od policijskih službenika članova ekipe za očevid koji su u konkretnim slučajevima proveli očevid na mjestu događaja.

Podatci su uneseni u bazu koja je prethodno oblikovana u tu svrhu.

Prije statističke analize, podatci pojedinih ispitivanih obilježja su grupirani u skupine:

- udaljenost iz koje je izvršeno opaljenje:
  - apsolutna blizina
    - usta cijevi oružja čvrsto prislonjena uz kožu
    - usta cijevi oružja labavo prislonjena uz kožu
    - usta cijevi oružja od površine kože odmaknuta nekoliko milimetara
  - relativna blizina
  - pucanje u usta
- streljivo je prema kalibru kategorizirano u četiri skupine:
  - kalibar 1 – 5.6 mm, 6.35 mm
  - kalibar 2 – 7.62 - 7.65 mm
  - kalibar 3 – 8 - 9 mm
  - kalibar 4 – sačma
- ručno vatreno oružje je kategorizirano u skupine:
  - pištolji
  - revolveri
  - sačmarice i oružje kućne izrade na sačmu
  - puške

- duljina postmortalnog intervala kategorizirana je u skupine:
  - manje od 24 sata
  - 24 do 48 sati
  - 48 do 72 sata

4. STATISTIČKA ANALIZA

Statistička analiza provedena je na rezultatima dobivenima iz ukupno 97 uzoraka krvi iz područja ulazne strijelne rane i pripadajuće izlazne rane. Iz analize su isključeni uzorci i podatci o osobama čiji uzorci krvi su bili nepodobni za kemijskotoksikološku analizu (5 uzoraka) i uzorci krvi nastali pucanjem iz daljine (4 uzorka).

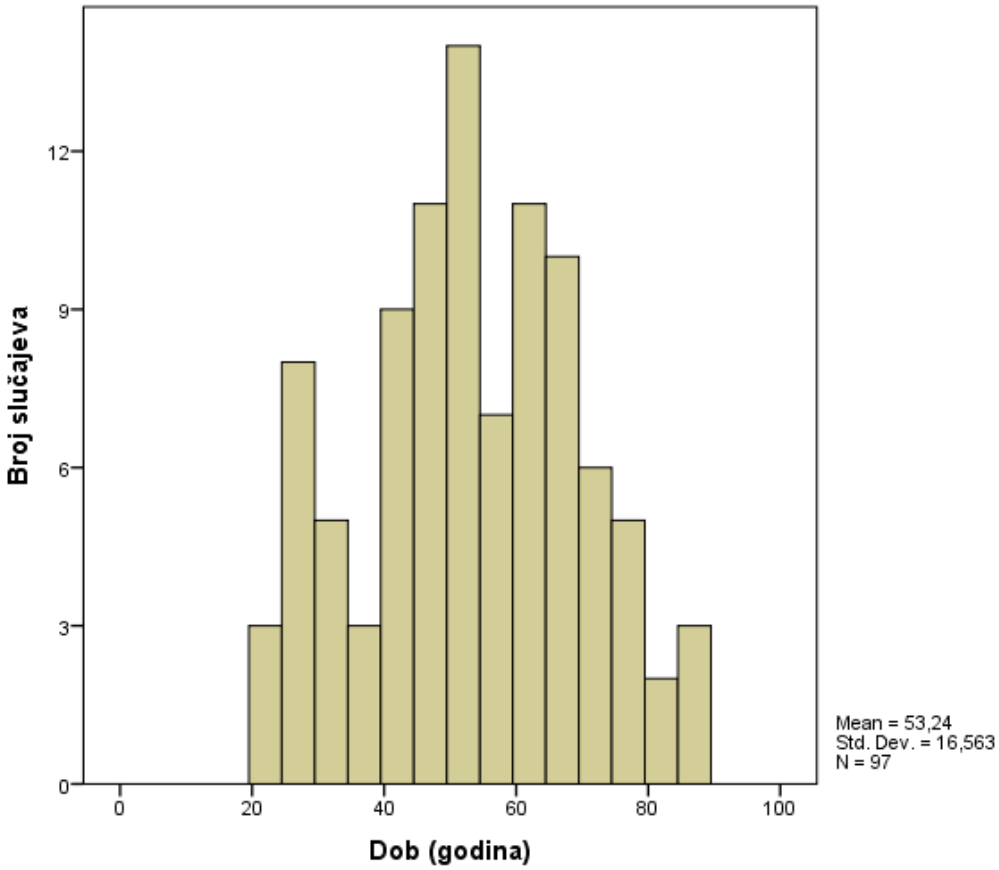
Analiza podataka provedena je odgovarajućim metodama opisne (deskriptivne) statistike te parametrijskim, odnosno neparametrijskim statističkim metodama za zavisne uzorke, ovisno o vrsti promatrane varijable i raspodjeli promatranih obilježja. U analizi je stoga korišten hi-kvadrat test za kategorijske varijable i Wilcoxonov test za numeričke varijable. Korelacija je analizirana Spearmanovim testom. U analizi su dodatno korišteni i linearno općenito modeliranje i logistička regresija. S obzirom da ovakva istraživanja prije nisu učinjena, odlučili smo se za konzervativnu procjenu veličine uzorka uz procijenjenu standardiziranu veličinu učinka (Cohenov *d*) od 0.35 i snagu testa od 90%. Iz navedenih parametara, prema određivanju veličine uzorka za t-test za zavisna mjerenja prema formuli:

$$N_{parovi} = 2 + 10.5/\Delta^2_{kont.}$$

proizlazi potrebna veličina uzorka od 88 ispitanika [116], što uz korekciju od 15% za potencijalno potrebne neparametrijske testove [117], iznosi 102 ispitanika. Analiza podataka provedena je korištenjem statističkog programa SPSS verzija 17 (SPSS Inc, Chicago, IL), s razinom statističke značajnosti postavljenom na $P<0,05$.

V. REZULTATI

U analizi su obrađeni podatci za ukupno 97 uzoraka za koje su postojali dostatni podatci. Inicijalni pregled ovog uzorka ukazao je da se uglavnom radi o muškarcima (n=94; 96.9%), dok je prosječna dob uzorka bila 53.24±16.56 godina. Podjela prema dobnim skupinama ukazala je na prevlast starijih dobnih skupina, uz izraženo mali broj slučajeva u dobi oko 60 godina (Slika 1).



Slika 1. Prikaz učestalosti prema dobi u analiziranom uzorku

Okolnosti u kojima je smrt nastupila su najčešće bile samoubojstvo (83; 85.6%), dok se u manjem broju slučajeva radilo o ubojstvu (11; 11.3%), dva su bila nesretni slučajevi, a jedan je bio nepoznat uzrok.

Najčešće se radilo o prostrijelu (73; 75.3%), a najčešća udaljenost od kože bila je apsolutna blizina uz usta cijevi čvrsto prislonjena o kožu (Tablica 1).

Tablica 1. Prikaz učestalosti procijenjenih udaljenosti od kože u trenutku opaljenja

Udaljenost	**N**	**%**
Apsolutna blizina	79	81.4
Usta cijevi čvrsto prislonjena o kožu	56	57.7
Usta cijevi labavo prislonjena o kožu	17	17.5
Usta cijevi od kože odmaknuta nekoliko mm	6	6.2
Relativna blizina	5	5.2
Pucanje u usta	13	13.4
Ukupno	97	100.0

Tablica 2. Prikaz učestalosti procijenjenih udaljenosti od kože u trenutku opaljenja u slučajevima samoubojstava

Udaljenost	**N**	**%**
Apsolutna blizina	51	84.3
Usta cijevi čvrsto prislonjena o kožu	51	61.4
Usta cijevi labavo prislonjena o kožu	15	18.1
Usta cijevi od kože odmaknuta nekoliko mm	4	4.8
Relativna blizina	0	0
Pucanje u usta	13	15.7
Ukupno	83	100.0

Strijelni kanal se najčešće u cijelosti protezao područjem glave (79; 81.4%), zatim područjem prsnog koša (13; 13.4%), a najrjeđe se protezao u području vrata i glave (5; 5.2%). Prema mjestu ulazne rane najčešće se radilo o desnom sljepoočnom području, a izlazna rana najčešće je bila smještena u sljepoočnom području druge strane (Tablica 3). Najčešća kombinacija ulazne i izlazne rane bila je ulazna rana desnog sljepoočnog područja s izlaznom ranom u lijevom sljepoočnom području.

Tablica 3. Prikaz učestalosti lokalizacije ulazne i izlazne rane

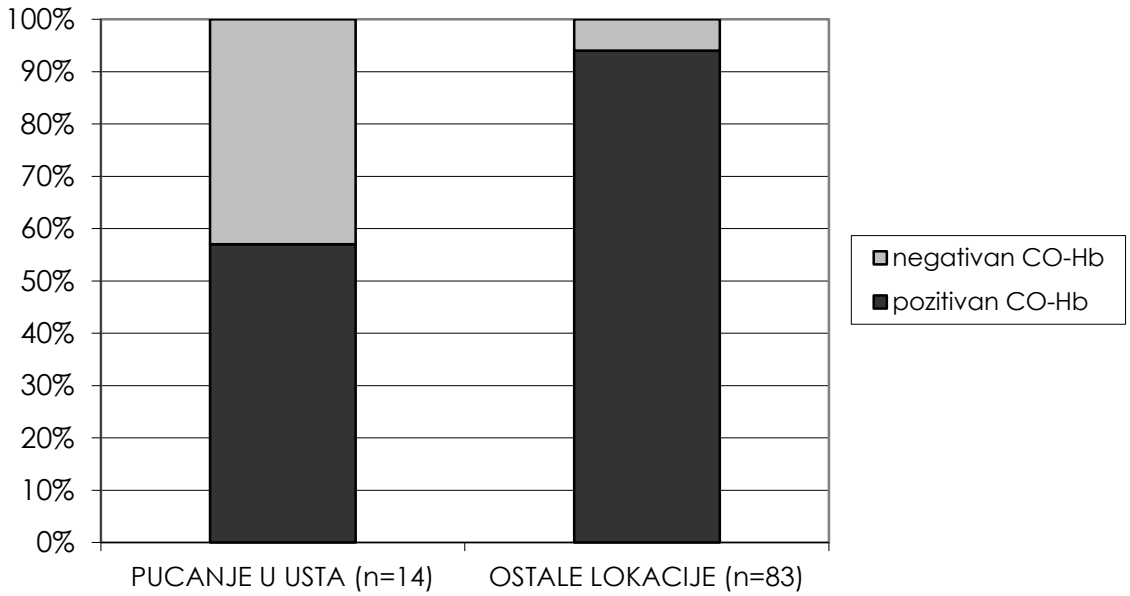
Ulazna rana		**Izlazna rana**	
Područje	**N (%)**	**Područje**	**N (%)**
Desno sljepoočno područje	49 (50.5)	Lijevo sljepoočno područje	31 (32.0)
Nepce	14 (14.4)	Lijevo tjemeno područje	10 (10.3)
Prednji dio prsnog koša	12 (12.4)	Leđa	10 (10.3)
Lijevo sljepoočno područje	6 (6.2)	Tjemeno područje	9 (9.3)
Čeono područje	4 (4.1)	Zatiljno područje	6 (6.2)
Prednja strana vrata	3 (3.1)	Ostalo	18 (18.5)
Vrat	3 (3.1)	Nema	13 (13.4)
Ostalo	6 (6.2)		

Tablica 4. Prikaz učestalosti lokalizacije ulazne i izlazne rane u slučajevima samoubojstava

Ulazna rana	
Područje	**N (%)**
Desno sljepoočno područje	44 (53.0)
Nepce	14 (16.9)
Prednji dio prsnog koša	7 (8.4)
Vrat	6 (7.2)
Čeono područje	6 (7.2)
Lijevo sljepoočno područje	4 (4.8)
Lijevi obraz	1 (1.2)
Lijevo tjemeno područje	1 (1.2)

Prema vrsti oružja korištenom za počinjenje samoubojstva najčešće se radilo o pištoljima (76; 78.4%), zatim sačmaricama i oružju kućne izrade koje ispaljuje sačmu (10; 10.3%), a rjeđe puškama (6; 6.2%) i revolverima (5; 5.2%). Prema vrsti proizvođača oružja najčešće je bilo korišteno oružje proizvođača Crvena zastava i HS 2000. Prema vrsti korištenog oružja nije zabilježena statistički značajna razlika u učestalosti samoubojstva ili ubojstva (podatci nisu prikazani).

Analiza prisutnosti CO-Hb u uzorcima pokazala je prisutnost CO-Hb u 88.7% slučajeva, bilo u ulaznoj, bilo u pripadajućoj izlaznoj strijelnoj rani. Prisutnost CO-Hb bila je rjeđe detektirana u strijelnim ranama nastalima pucanjem u usta (Slika 2). U strijelnim ranama nastalima pucanjem u usta (14), CO-Hb je detektiran u 57.1% (8) slučajeva; u strijelnim ozljedama na svim ostalim lokalizacijama (83) detektiran u 94% (78) slučajeva (Slika 2).



Slika 2. Prikaz učestalosti detekcije CO-Hb u ulaznoj i pripadajućoj izlaznoj strijelnoj rani nastaloj pucanjem u usta i na ostalim lokalizacijama

Analiza lokalne koncentracije CO-Hb u ulaznoj i izlaznoj rani ukazala je na obrazac većih koncentracija u ulaznoj rani (Tablica 5). U ukupno 77 uzoraka (79.4%) je postojala veća vrijednost CO-Hb u ulaznoj nego u izlaznoj rani. Parna usporedba ukazala je na postojanje statistički značajne razlike (P<0.001; Tablica 5).
U ukupno 5 (5.2%) slučajeva zabilježena je veća koncentracija CO-Hb u izlaznoj rani, kod 15 (15.5%) slučajeva nije uopće zabilježena promjena koncentracije CO-Hb.

Tablica 5. Usporedba koncentracije CO-Hb u ulaznoj i izlaznoj rani

Varijabla	**Prosjek ± standardna devijacija**	**Medijan (interkvartilni raspon)**	**Najmanja i najveća vrijednost**	**P***
Ulazna rana	11.74±10.04	10 (16)	0-47	<0.001
Izlazna rana	3.44±4.63	1 (5)	0-20	

*Wilcoxonov test

S obzirom na mogućnost da je osoba prije smrti imala povećanu koncentraciju CO-Hb u krvi, izračunata je i korigirana koncentracija na ulaznoj i izlaznoj rani, definirana kao razlika lokalne i centralne koncentracije (ukoliko je centralna koncentracija bila 0, vrijednost CO-Hb je bila ista). Analiza korigirane koncentracije ukazala je na vrlo sličan rezultat i postojanje statistički značajne razlike (Tablica 6). Jednaka analiza ponovljena je na uzorku kojem je ulazna rana bila na nepcu i uspoređena s onima kojima je ulazna rana bila na drugim lokalizacijama (Tablica 6).

Tablica 6. Usporedba korigirane koncentracije CO-Hb u ulaznoj i izlaznoj rani

Varijabla	Prosjek ± standardna devijacija	Medijan (interkvartilni raspon)	Najmanja i najveća vrijednost	P*
Cijeli uzorak				
Ulazna rana, korigirana koncentracija	11.68±10.06	11 (17)	0-47	<0.001
Izlazna rana, korigirana koncentracija	3.38±4.63	1(5)	0-20	
Ulazna rana na nepcu (N=14)				
Ulazna rana, korigirana koncentracija	5.86±7.83	1 (14)	0-20	<0.001
Izlazna rana, korigirana koncentracija	2.50±4.33	0 (4)	0-15	
Ulazna rana na drugim mjestima (N=83)				
Ulazna rana, korigirana koncentracija	12.66±10.10	11 (15)	0-47	<0.001
Izlazna rana, korigirana koncentracija	3,53±4,68	2 (5)	0-20	

*Wilcoxonov test

Napravljena je i analiza korigirane koncentracije CO-Hb u ulaznoj i izlaznoj rani ovisno o udaljenosti iz koje je izvršeno opaljenje (Tablica 7).

Tablica 7. Usporedba korigirane koncentracije CO-Hb u ulaznoj i izlaznoj rani ovisno o udaljenosti iz koje je izvršeno opaljenje

Varijabla	**Prosjek ± standardna devijacija**	**Medijan (interkvartilni raspon)**	**Najmanja i najveća vrijednost**	**P***
Ulazna rana korigirana koncentracija				
Apsolutna blizina Usta cijevi čvrsto prislonjena o kožu	13.52±9.97	11.5 (15)	0-35	
Apsolutna blizina Usta cijevi labavo prislonjena o kožu	10.76±11.58	7 (14)	0-47	
Apsolutna blizina Usta cijevi odmaknuta nekoliko mm	7.67±8.21	5.5 (16)	0-20	
Relativna blizina	13.4±8.33	14 (17)	5-23	
Pucanje u usta	6.15±8.07	0 (14)	0-20	0.040*****
Izlazna rana korigirana koncentracija				
Apsolutna blizina Usta cijevi čvrsto prislonjena o kožu	3.86±5.01	2 (5)	0-20	
Apsolutna blizina Usta cijevi labavo prislonjena o kožu	3.24±4.62	0 (6)	0-13	
Apsolutna blizina Usta cijevi odmaknuta nekoliko mm	2.83±2.32	3.5 (5)	0-5	
Relativna blizina	1±2.24	0 (3)	0-5	
Pucanje u usta	2.69±4.44	0 (5)	0-15	0.536

* usporedba: apsolutna blizina, usta cijevi čvrsto prislonjena o kožu i pucanje u usta; relativna blizina i pucanje u usta

Napravljena je usporedba razlike u koncentracijama CO-Hb u ulaznim i pripadajućima izlaznim ranama, ovisno o udaljenosti iz koje je izvršeno opaljenje (Tablica 8).

Tablica 8. Usporedba razlike korigirane koncentracije CO-Hb u ulaznoj i pripadajućoj izlaznoj rani ovisno o udaljenosti iz koje je izvršeno opaljenje

Varijabla	**Prosjek ± standardna devijacija**	**Medijan (interkvartilni raspon)**	**Najmanja i najveća vrijednost**	**P***
Razlika u korigiranim koncentracijama između ulazne i izlazne rane				
Apsolutna blizina Usta cijevi čvrsto prislonjena o kožu	9.66±9.82	6.5 (10.75)	0-35	
Apsolutna blizina Usta cijevi labavo prislonjena o kožu	7.53±11.41	3 (8)	0-47	
Apsolutna blizina Usta cijevi odmaknuta nekoliko mm	4.83±6.24	2 (11.25)	0-15	
Relativna blizina	12.4±7.09	14 (14)	5-20	
Pucanje u usta	3.46±6.29	0 (7)	0-16	0.032*

*usporedba: relativna blizina i sve ostale udaljenosti pucanja

U sljedećem koraku je korišteno općenito linearno modeliranje kako bi se ustanovilo koji od prediktora je povezan s ishodom.

Ulazni CO-Hb je bio povezan s lokalizacijom ozljede na nepcu i kalibrom upotrijebljenog streljiva, dok razine izlaznog CO-Hb nisu imale značajnih prediktora (Tablica 9). Konačno, razlika CO-Hb u ulaznoj i izlaznoj rani bila je povezana s lokalizacijom ozljede na nepcu (Tablica 9). Trajanje postmortalnog intervala nije bilo povezano ni s ulaznom (r=-0.15; P=0.135) ni izlaznom koncentracijom CO-Hb (r=-0.12; P=0.245).

Dodatno, za ukupno 5 uzoraka (5.2%) izlazna koncentracija CO-Hb bila je veća od ulazne. Kako se radilo o vrlo malom broju ovih slučajeva, detaljnija analiza nije provedena.

Za ukupno 15 (15.5%) uzoraka nije uopće zabilježeno povećanje koncentracije CO-Hb; ni u ovom slučaju također nije rađena detaljnija analiza zbog nedostatnog broja uzoraka.

Tablica 9. Općenito linearno modeliranje tri ciljne varijable, ulazne koncentracije CO-Hb, izlazne koncentracije CO-Hb i razlike ulaznog i izlaznog CO-Hb

Varijabla	**Ulazni CO-Hb**		**Izlazni CO-Hb**		**Razlika CO-Hb**	
	F	**P**	**F**	**P**	**F**	**P**
Spol	3.261	0.074	0.340	0.562	2.425	0.123
Dob	0.022	0.881	0.632	0.429	0.304	0.583
Ulaz - nepce	4.983	0.028	0.229	0.633	4.184	0.044
Prostrijel	1.271	0.263	2.581	0.112	0.123	0.727
Duljina kanala	1.331	0.252	0.017	0.898	1.247	0.267
Vrsta oružja	1.843	0.178	0.504	0.480	1.070	0.304
Kalibar	2.601	0.010	0.266	0.607	1.940	0.167
PM interval	0.703	0.404	0.352	0.554	0.315	0.576
Postotak varijance	4.3%		5.6%		0.5%	

Detaljnija analiza kalibra upotrijebljenog streljiva ukazala je na postojanje statistički značajnih razlika samo za ulazni CO-Hb (Tablica 10), pri čemu je najizraženija razlika među skupinama bila za srednje kalibre (7.62-7.65; Tablica 10).

Tablica 10. Usporedba medijana i prosjeka za ulazni i izlazni CO-Hb te duljinu kanala, ovisno o korištenom kalibru

Varijabla	**Kalibar 1 (5.6, 6.36)**	**Kalibar 2 (7.62 - 7.65)**	**Kalibar 3 (8, 9)**	**Sačma**	**P**	**Usporedbe ***
Ulazni CO-Hb						
Medijan (IKR)	7 (14)	14 (15)	7 (18)	4.5 (16)		1-2, 2-3, 2-4
Prosjek±SD	9.15±9.91	13.95±9.82	10.79±10.42	8.9±10.42	0.038	
Min-max	0-30	0-47	0-34	0-31		
Izlazni CO-Hb						
Medijan (IKR)	0 (5)	2 (6)	0 (5)	0 (4)		
Prosjek±SD	2±2.35	3.95±5.09	3.48±4.81	2.6±4.74	0.945	
Min-max	0-5	0-17	0-20	0-15		
Duljina kanala						
Medijan (IKR)	14 (2.5)	15 (3.5)	16 (2.5)	16.25 (9.1)		
Prosjek±SD	14.39±1.7	17.28±6.93	16.27±3.56	19.22±6.93	0.081	
Min-max	12-18	11-44	10-28	10-33		

Nastanak prostrijela je bio najčešće zabilježen kod velikih kalibara (kalibar 3), nakon kojih su slijedili srednji kalibri (kalibar 2) (Tablica 11). U skladu s očekivanjima, najmanje prostrijela zabilježeno je kod malih kalibara (kalibar 1) i sačme (Tablica 11).

Tablica 11. Učestalost prostrijela ovisno o kalibru oružja

Varijabla	**Kalibar 1**	**Kalibar 2**	**Kalibar 3**	**Sačma**	**P**
Ustrijel	6 (46.2)	11 (25.6)	2 (6.9)	5 (41.7)	
Prostrijel	7 (53.8)	32 (74.4)	27 (93.1)	7 (58.3)	0.018
Ukupno	13 (13.4)	43 (44.3)	29 (29.9)	12 (12.4)	

U ukupno 77 uzoraka (79.4%) je postojala veća vrijednost CO-Hb u ulaznoj nego u izlaznoj rani. Detaljnija analiza nije ukazala niti na jedan značajni prediktor (Tablica 12).

Tablica 12. Prediktori razlike ulaznog i izlaznog CO-Hb, logistička regresija

Varijabla	**B**	**S.E.**	**Wald**	**Sig.**	**Exp(B)**
Vrsta oružja	0.229	0.327	0.489	0.484	1.26
Kalibar streljiva	-0.485	0.392	1.533	0.216	0.62
Postmortalni interval	0.168	0.461	0.134	0.715	1.18
Prostrijel	-0.187	0.640	0.085	0.770	0.83

VI. RASPRAVA

Statistička analiza prikupljenih podataka pokazala je da postoji izrazita predominacija osoba muškog spola (gotovo 97%) u promatranom uzorku. Ovo je u skladu s mnogim objavljenim studijama [81, 118, 119] koje su zabilježile izrazito veći udio osoba muškog spola među smrtno stradalima od ručnog vatrenog oružja. Prosječna dob osoba zahvaćenih istraživanjem bila je 53.24±16.56 godina, s najvećim udjelom smrtno stradalih u dobi od 40 i 70 godina (Slika 1).

U 85.6% slučajeva riječ je bila o samoubojstvu, dok se u manjem broju slučajeva radilo o ubojstvu (11.3%), dva su bila nesretni slučajevi, a jednom slučaju okolnosti su ostale nerazjašnjene.

Istraživanja koja proučavaju razlike u lokalizaciji ulazne strijelne rane u slučajevima samoubojstava i ubojstava važna su u svakodnevnom radu liječnika sudskog medicinar i policijskih istražitelja budući da im daju elemente na temelju kojih mogu vršiti diferencijalnu dijagnostiku između ubojstva i samoubojstva, u slučajevima kada je to potrebno. Dosadašnja istraživanja [23, 37, 81, 120, 121] pokazala su vrlo veliku predominaciju desnog sljepoočnog područja, pucanja u usta i u područje prednje strane prsnog koša kao mjesta gdje se najčešće nalazi ulazna strijelna rana u slučaju samoubojstava. U ispitivanom uzorku ulazna rana bila je u 53% slučajeva samoubojstava smještena desno sljepoočno, u 16.9% slučajeva samoubojstvo je izvršeno pucanjem u usta, a u 8.4% pucanjem u prednju stranu prsnog koša (Tablica 4). Ostale lokalizacije ulazne rane bile su vrat i čeono područje, zastupljeni s jednakom učestalošću (po 7.2%), lijevo sljepoočno područje (4.8%) te po jedan slučaj (1.2%) ulazne rane na lijevom tjemenom području i na lijevom obrazu. Neuobičajene lokalizacije ulazne strijelne rane (npr. obraz, leđa [122], oči [123], rektum [124]) ne znače nužno da nije riječ o samoubojstvu, ali u svakom slučaju postavljaju sumnju koju policijska istraga treba razjasniti.

Ulazna rana koja je nastala pucanjem iz apsolutne blizine upućuje da je u konkretnom slučaju riječ o samoubojstvu, kao što je bio slučaj u svim samoubojstvima u promatranom uzorku (Tablica 2). Ovim su istraživanjem bile obuhvaćene samo

strijelne ozljede nastale pucnjem iz blizine (apsolutna i bliža relativna blizina), dok ozljede nastale pucanjem iz daljine nisu promatrane zbog njihove male zastupljenosti u uzorku koja nije bila dostatna za statističku obradu. Stoga ne možemo zaključivati o učestalosti pojedinih lokalizacija ulazne strijelne rane i opaljenja iz različitih udaljenosti u slučajevima ubojstava. Ipak, razlika u lokalizacijama ulazne rane i udaljenosti pucanja između samoubojstva i ubojstva vidljiva je i na ovom malom uzorku. Od devet ubojstava koja su bila obuhvaćena istraživanjem, u 5 slučajeva opaljenje je bilo izvršeno iz apsolutne blizine, a u 4 slučaja iz relativne blizine; kod 5 slučajeva ubojstava ulazna rana bila je smještena na prednjoj strani prsnog koša, a u 4 slučaja u području glave. Usprkos malom broju ubojstava u ispitivanom uzorku, ovo predstavlja značajnu razliku u lokalizaciji i udaljenosti pucanja u odnosu na rane nastale samoubojstvom [22, 23, 37, 47, 81, 82].

U ispitivanom uzorku najčešće korišteno ručno vatreno oružje bili su pištolji (78.4%), zatim sačmarice i oružje kućne izrade koje ispaljuje sačmu (10.3%), dok su puške i revolveri bili rjeđe upotrebljavani. Nije zabilježena statistički značajna razlika u korištenom oružju kod samoubojstava u odnosu na ubojstva.

Pojavnost i koncentracije CO-Hb u uzorcima

Ovim istraživanjem htjeli smo proučiti učestalost pojave karboksihemoglobina u strijelnim ranama i utvrditi odnos koncentracija CO-Hb kod ulaznih i izlaznih strijelnih rana nastalih pucanjem iz blizine. Izrazom "blizina" obuhvaćamo apsolutnu i bližu relativnu blizinu.

Analiza učestalosti pojave CO-Hb u strijelnim ranama pokazala je da je karboksihemoglobin detektiran u uzorku krvi u ukupno 88.7% slučajeva, bilo iz ulazne, bilo iz pripadajuće izlazne rane.

U prikupljenim uzorcima iz područja ulaznih strijelnih rana karboksihemoglobin je pronađen u 85.6% (83 uzorka), dok u 14.4% (14) uzoraka nije zabilježena njegova prisutnost. Prosjek koncentracija karboksihemoglobina u svim uzorcima krvi iz ulaznih rana iznosio je 11.74% uz standardnu devijaciju od 10.04 (Tablica 5). Zbog mogućnosti da je preminula osoba zaživotno imala povišenu koncentraciju karboksihemoglobina

u sistemskom krvotoku (zbog pušenja ili udisanja zraka u kojem je povišena koncentracija ugljičnog monoksida) učinili smo korekciju koncentracije iz uzorka u ulaznoj rani prema koncentraciji u uzorku krvi iz sistemskog krvotoka. Korigirana koncentracija karboksihemoglobina bila je jednaka razlici koncentracije u uzorku krvi iz ulazne rane i koncentracije u uzorku iz sistemskog krvotoka. Nakon provođenja korekcije, prosjek koncentracija karboksihemoglobina u uzorcima krvi iz ulaznih strijelnih rana iznosio je 11.68% uz standardnu devijaciju od 10.06 (Tablica 6). Raspon u kojem su se kretale koncentracije iznosio je od 0 do 47% (Tablica 6).

Za razliku od velike većine ulaznih rana, karboksihemoglobin je detektiran u samo 51.5% (50) uzoraka krvi iz izlaznih rana. Prosječna koncentracija karboksihemoglobina u uzorcima iz izlaznih rana iznosila je 3.44%, uz standardnu devijaciju od 4.63 (Tablica 5). Nakon provedene korekcije, prosječna koncentracija iznosila je 3.38%, sa standardnom devijacijom od 4.63 (Tablica 6). Koncentracije hemoglobina iznosile su od 0% do najviše 20% (Tablica 6).

Visoka učestalost pojave karboksihemoglobina u uzorcima krvi iz ulaznih strijelnih rana potvrđuje opažanja različitih autora [17, 22, 37, 47, 82, 107-109] da je u ulaznoj strijelnoj rani prisutan karboksihemoglobin. Do sada je ovo opažanje bilo temeljeno na morfološkom nalazu svijetlocrveno obojenog tkiva koje nastaje zbog razlike u apsorpciji valnih duljina spektra između oksigeniranog hemoglobina i karboksihemoglobina. Nalaz svjetlije crveno obojenog tkiva u ulaznoj strijelnoj rani prvi je zabilježio Patauf u doba kada se koristio crni barut [107]. Izgaranjem crnog baruta nastaju plinovi u kojima 12% mase zauzima ugljični monoksid, a veći dio ugljični dioksid i dušik [125]. Nakon uvođenja bezdimnog baruta u upotrebu, opaženo je da i on uzrokuje jednaki učinak na tkivo u ulaznim ranama nastalim pucanjem iz apsolutne blizine [108], međutim, nešto kasnije, zabilježeno je i kako prilikom korištenja bezdimnog baruta crveno obojenje ne mora nužno biti prisutno [109]. Sva navedena opažanja temeljena su samo na morfologiji rane. U provedenom istraživanju nismo bilježili postojanje svjetlije crveno obojenog tkiva u području ulazne strijelne rane

budući da je ovo zapažanje izrazito subjektivni dojam koji ovisi o promatraču i uvjetima osvjetljenja u obdukcijskoj sali.

Do danas su objavljena tri istraživanja koja su mjerila pojavu i/ili koncentracije CO-Hb u krvi iz strijelnih rana [110-112]. Istraživanja su rađena na životinjama [110, 112] i ljudima [111, 112]. Objavljeni rezultati mjerenja na osobama koje su preminule od strijelnih ozljeda temeljeni su na rezultatima analize samo nekoliko uzoraka.

Vrijednosti koje je objavio Bakony, izmjerene na 6 ulaznih rana nastalih pucanjem iz apsolutne blizine iznosile su od 11 do 60% [112]. U radu koji je objavio Wojhan [110], vrijednosti koncentracija izmjerenih na 6 ulaznih rana na osobama nastradalima od pucnja iz apsolutne blizine, imale su srednju vrijednost od 11.34% uz standardnu devijaciju od 7.41. Vrijednosti Bakonya i Wojhana slične su rezultatima našeg istraživanja, s razlikom da su u njihovim istraživanjima u svim uzorcima pronađene povišene koncentracije CO-Hb. Nije nam poznato jesu li autori prikazali samo pozitivne nalaze, ili je razlog mali broj uzoraka u kojem se jednostavnom slučajnošću nije pojavio slučaj negativnog CO-Hb. U "najmlađem" istraživanju [112] navode se slučajevi opaljenja iz apsolutne blizine kada je uzorak iz strijelnog kanala bio negativan na CO-Hb. U objavljenim rezultatima tog istraživanja navedena je samo pojavnost CO-Hb, ne i koncentracije. U 80% uzorka CO-Hb je bio prisutan u strijelnoj rani, u 10% CO-Hb je bio negativan, a jednaki broj uzoraka nije bio podoban za analizu.

Osim rezultata mjerenja na ljudima, Wojhan je objavio i rezultate istraživanja na 20 zečeva u koje je vršio opaljenje iz različitih udaljenosti (apsolutna blizina te 5 cm, 10 cm i 15 cm od površine kože) različitim vrstama oružja i streljiva. U ulaznim ranama izmjerene su slične prosječne koncentracije karboksihemoglobina kao u strijelnim ranama ljudi.

Koncentracije karboksihemoglobina u 3 uzorka krvi izlaznih rana, na koliko je Bakony izvršio mjerenje, iznosile su od 2.5 do 43.3% [111]. U drugom radu [110] prosječna koncentracija izmjerena na 6 izlaznih rana na ljudima iznosila je 5.81% uz standardnu devijaciju od 3.66, dok su u izlaznim ranama na zečevima je detektirane slične

vrijednosti (3.95%, SD±4.89). Ove vrijednosti vrlo su slične vrijednostima CO-Hb u izlaznim ranama iz našeg istraživanja (3.38±4.63).

U ovom istraživanju smo po prvi puta sistematično istražili koncentracije karboksihemoglobina prisutne u krvi iz područja strijelnih rana, i to u svakoj rani nastaloj iz apsolutne ili relativne blizine. Dobiveni rezultati pokazuju koliko često u ulaznim i izlazim ranama dolazi do stvaranja karboksihemoglobina, kolike su koncentracije te kakav je odnos između koncentracije CO-Hb u ulaznoj strijelnoj rani i pripadajućoj izlaznoj strijelnoj rani.

Koncentracije CO-Hb u uzorima iz ulaznih rana statistički su značajno veće ($P<0.001$) od onih izmjerenih u uzorcima iz izlaznih rana (Tablica 6). Usporedba koncentracija CO-Hb u uzorcima krvi u ulaznim ranama i pripadajućim izlaznim ranama pokazala je da su vrijednosti CO-Hb u ulaznoj rani u 79.4% slučajeva veće od koncentracija u pripadajućim izlaznim ranama. Analizom je utvrđeno da rezultati u slučajevima pucanja u usta odstupaju od rezultata rana na drugim lokalizacijama (Slika 2). Kada smo izuzeli slučajeve pucanja u usta, uzorak iz ulazne rane je u 85.5% slučajeva pokazivao veće vrijednosti CO-Hb od uzorka iz izlazne rane.

U ukupnom uzorku, u 15.5% slučajeva, nije postojala razlika u izmjerenoj koncentraciji CO-Hb u krvi iz ulazne i pripadajuće izlazne rane. I ovo je bilo učestalije u slučajevima pucanja u usta. Analiza bez uzoraka pucanja u usta pokazuje da u 9.6% slučajeva nema razlike u koncentracijama CO-Hb u ulaznoj i izlaznoj rani. Analiza ovih slučajeva nije ukazala na povezanost nepojavljivanja CO-Hb u strijelnoj rani niti s jednim od ispitivanih činitelja (udaljenost iz koje je izvršeno opaljenje, lokalizacija ozljede, vrsta oružja, kalibar, duljina postmortalnog intervala). Smatramo da bi najbolje odgovore na pitanje što utječe na formiranje CO-Hb u strijelnoj rani, dalo istraživanje na modelu tkiva ili uzorcima tkiva, u standardiziranim i kontroliranim uvjetima.

S obzirom na mehanizam nastanka karboksihemoglobina u strijelnoj rani, bilo bi za očekivati da koncentracije CO-Hb u ulaznoj rani budu beziznimno veće od koncentracija u izlaznoj rani. Međutim, u 5.2% slučajeva zabilježena je veća koncentracija CO-Hb u izlaznoj rani od koncentracije u ulaznoj rani. Pojedini autori

[37] već su naveli ovo kao mogućnost, uz napomenu da su to rezultati pojedinačnih mjerenja. Kao moguće objašnjenje ove pojave navodi se visoka temperatura koja se razvija prilikom opaljenja u području ulazne rane i brzina kojom plinovi prolaze kroz tkivo oko ulazne rane, a koji opadaju duž strijelnog kanala prema izlaznoj rani [22]. Prema ovom objašnjenju, visoka temperatura i brzina plinova u ulaznoj rani otežava nastanak karboksihemoglobina u ulaznoj rani, dok njihov pad prema kraju strijelnog kanala olakšava nastanak CO-Hb. Međutim, ukoliko bismo prihvatili ovo objašnjenje, nametnulo bi se pitanje zašto taj porast temperature i brzina prolaza plinova imaju utjecaj na veće formiranje karboksihemoglobina u izlaznoj rani u tako malom broju uzoraka, dok u velikoj većini ipak više koncentracije nalazimo u ulaznoj rani.

Ulazna strijelna rana na nepcu

Pojava karboksihemoglobina u ulaznim ranama na nepcu bila je značajno manja nego u ostalim ulaznim ranama (Slika 2). U ispitivanom uzorku bilo je 14 slučajeva kada je ulazna rana bila smještena na nepcu, to jest kada se radilo o pucanju u usta. U 42.9% tih slučajeva u ulaznoj rani nije detektirana prisutnost karboksihemoglobina. Kao što je ranije rečeno, u sveukupnom uzorku karboksihemoglobin u ulaznoj rani nije detektiran u 14.4% slučajeva. Velika razlika u rezultatima je jasno vidljiva. Također, srednje vrijednosti karboksihemoglobina u uzorcima krvi iz ulazne rane na nepcu su statistički značajno ($p = 0.04$) niže od srednjih vrijednosti u uzorcima iz ostalih lokalizacija. Prosječna vrijednost karboksihemoglobina u ulaznoj rani na nepcu iznosi 5.8% uz standardnu devijaciju 7.83, za razliku od srednje vrijednosti ostatka uzorka koja iznosi 12.66%, uz standardnu devijaciju od 10.10 (Tablica 6).

Moguće objašnjenje ovog nalaza dijelom vidimo u anatomskom smještaju nepca, odnosno rane na nepcu. Naime, zbog lokalizacije rane na nepcu teža je vizualizacija rane i područja iz kojeg se izuzima uzorak. Ovo je dodatno otežano zbog nastupa mrtvačke ukočenosti koja se najčešće najprije javlja upravo na mišićima donje čeljusti što još više otežava inspekciju samog ulaznog defekta iz kojeg se treba izuzeti uzorak. Također, izuzimanje uzorka je postupak koji zahtijeva "manevarski" prostor, odnosno mogućnost manipulacije štrcaljkom da bi se njezin vrh postavio na pravo mjesto za

aspiraciju te da bi se izvršila sama aspiracija, što kod ove lokalizacije zasigurno manjka.

Osim same lokalizacije rane, nepce je, u odnosu na druge lokalizacije, specifično po prisutnosti sline i sluzi u ustima. Prisutna slina i sluz mogu isprati područje defekta i uzrokovati razrjeđenje krvi u ulaznoj rani. Također, forsirana respiracija u agonalnom razdoblju može za vrijeme udaha uzrokovati aspiraciju krvi u dišne putove te tako ukloniti uzorak koji zapravo predstavlja pravi odraz koncentracije karboksihemoglobina.

Zanimljivo bi bilo istražiti pojavnost karboksimioglobina u mišićju oko ulazne rane na nepcu te usporediti te nalaze s rezultatima karboksihemoglobina u uzorcima krvi iz iste rane. Istraživački rad za ovakvu studiju je u izradi i planiramo da se nadoveže na ovo istraživanje.

Postmortalni interval

Statističkom obradom prikupljenih podataka analizirali smo i ovisnost koncentracija karboksihemoglobina u uzorcima krvi ovisno o duljini razdoblja proteklog od smrti do obdukcije i izuzimanja uzorka. U ovo istraživanje uključeni su uzorci krvi samo u slučajevima kada je postmortalno razdoblje bilo kraće od 72 sata. Uzorci su kategorizirani u tri skupine – postmortalno razdoblje kraće od 24 sata, postmortalno razdoblje od 24 do 48 sati i postmortalno razdoblje dulje od 48, ali kraće od 72 sata. Statistička obrada pokazala je da među uzorcima nema razlike u učestalosti pojave karboksihemoglobina, kao niti u vrijednostima koncentracija (Tablica 9).

Za karboksihemoglobin se navodi da je postmortalno stabilan spoj što omogućuje njegovu analizu i izvođenje zaključaka na temelju dobivenih rezultata i u slučajevima duljeg postmortalnog razdoblja. Metodologija određivanja koncentracija karboksihemoglobina u krvi ovisi o duljini trajanja postmortalnog razdoblja i nastupu truležnih promjena. Danas se manualna spektrofotometrija smatra metodom izbora za određivanje koncentracije CO-Hb u postmortalnim uzorcima krvi [102] u kojima nisu nastupile uznapredovale truležne promjene. Spektrofotometrijske metode mjere postotak karboksihemoglobina u odnosu na ukupni hemoglobin. Produljenjem

postmortalnog razdoblja u krvi dolazi do spontane proizvodnje spojeva koji u spektru interferiraju s karboksihemoglobinom – methemoglobina i sulfhemoglobina [126]. Zbog toga se u uzorcima s uznapredovalim postmortalnim promjenama koncentracije CO-Hb analiziraju plinskom kromatografijom [106].

Rezultati dobiveni ovim istraživanjem potvrđuju da je karboksihemoglobin postmortalno stabilan u razdoblju do 72 sata i pri nižim koncentracijama kakve su bile u analiziranim uzorcima. Također, ovi rezultati pokazuju da bi istraživana metoda mogla biti od velike koristi u diferencijalnoj dijagnostici ulazne i izlazne rane i udaljenosti pucanja (apsolutna i bliža relativna blizina nasuprot daljini) u slučajevima kada su nastupile truležne promjene. Uznapredovale postmortalne promjene mogu uvelike promijeniti morfološki izgled strijelne rane na kojem se uobičajeno temelji diferencijalna dijagnostika. U slučaju postmortalno promijenjenih tijela, od velike koristi bi bila mogućnost mjerenja karboksimioglobina u mišićnom tkivu oko strijelnih rana. Spektrofotometrijske metode koje mjere koncentracije karboksimioglobina rutinski se koriste u prehrambenoj industriji [127]. U tu svrhu potrebno je istražiti kako se ponaša mišić u uvjetima nastanka strijelnih rana, to jest nastaje li karboksimioglobin jednako često i kao i karboksihemoglobin te je li gradijent karboksimioglobina izražen u tolikoj mjeri da može koristiti u diferencijaciji ulazne i izlazne rane.

Vrsta oružja i streljiva

U velikom broju slučajeva, upotrijebljeno ručno vatreno oružje bio je pištolj, a znatno rjeđe sačmarice i oružje kućne izrade koje ispaljuje sačmu te puške i revolveri. Analiza rezultata nije pokazala povezanost vrste upotrijebljenog oružja niti s koncentracijama CO-Hb u krvi ulaznih i izlaznih rana (Tablica 9), niti s razlikom u koncentraciji između ulazne i pripadajuće izlazne rane (Tablica 12). Ovo je u suprotnosti sa zaključcima Wojhana [110] koji je na temelju rezultata svog istraživanja zaključio da su koncentracije karboksihemoglobina u strijelnoj rani to veće što je cijev oružja iz koje je izvršeno opaljenje dulja. Doduše, ovaj zaključak je izveden na temelju jednog rezultata pa svakako ne predstavlja metodološki ispravno donesen zaključak, nego pretpostavku čiju bi točnost vrijedilo ispitati na odgovarajućem uzorku.

Analiza ovisnosti kalibra upotrijebljenog streljiva i koncentracija CO-Hb ukazala je na postojanje statistički značajnih razlika u koncentracijama CO-Hb u ulaznoj rani (Tablica 9). Najviše koncentracije CO-Hb u ulaznoj rani, a ujedno i najveći raspon koncentracija zabilježen je za kalibre 7.62 - 7.65 (Tablica 10). Vezano na izlaznu ranu, koncentracije CO-Hb nisu pokazivale povezanost s kalibrom upotrijebljenog streljiva. O utjecaju kalibra streljiva na količinu karboksihemoglobina razmišljao je i Bakony. Kalibar streljiva određuje količinu baruta, a time i količinu proizvedenog ugljičnog monoksida prilikom opaljenja. Međutim, i jednaki kalibri oružja pokazali su vrlo velike raspone koncentracija CO-Hb. Svi kalibri proizveli su i rane u kojima nije bila zabilježena prisutnost CO-Hb (Tablica 10). Ovo nam ukazuje da moguće postoji drugo, to jest dodatno, objašnjenje. Udio ugljičnog monoksida u barutnim plinovima ima vrlo širok raspon [22]. U malokalibarskom streljivu koriste se jednobazni (nitroceluloza) i dvobazni (nitroceluloza i nitroglicerin) bezdimni baruti. Trenutno na tržištu postoji nekoliko stotina vrsta crnog i bezdimnog baruta koji imaju vrlo različite sastave, od količine nitroglicerina do svih ostalih tvari koje se dodaju kako bi se poboljšale performanse baruta [128]. Između ostalog, pri proizvodnji baruta dodaju se i tvari koje povećavaju količinu kisika u barutu čime je omogućeno bolje izgaranje. Nitroceluloza sadrži premalo kisika za potpuno izgaranje, dok nitroglicerin ima pozitivnu ravnotežu kisika, to jest sadrži dovoljno kisika za potpuno izgaranje [128]. Ovo je i jedan od razloga zbog kojeg se nitrocelulozi dodaje nitroglicerin. Prema ovome je vidljivo da izgaranjem različitih vrsta baruta nastaju plinovi koji imaju različite omjere ugljičnog monoksida i ugljičnog dioksida [125]. Količina ugljičnog monoksida ovisit će raspoloživom kisiku, odnosno u kojoj mjeri će, zbog nedostatka kisika, nastupiti nepotpuno izgaranje koje uzrokuje nastanak i određuje količinu ugljičnog monoksida. Ovo bi moglo biti jedno od objašnjenja velikog raspona koncentracija karboksihemoglobina u strijelnim ranama. Ukoliko prihvatimo ovo objašnjenje, kalibar streljiva bi bio manje važan faktor od vrste barutnog punjenja.

Diferencijalna dijagnostika udaljenosti pucanja

U ukupno 88.7% slučajeva karboksihemoglobin je detektiran u uzorku krvi bilo iz ulazne, bilo iz pripadajuće izlazne rane. Ukoliko iz uzorka izuzmemo strijelne ozljede nastale pucanjem u usta (koje pokazuju statistički značajno manju učestalost pojave karboksihemoglobina i manje koncentracije), onda je u 94.8% preostalih slučajeva potvrđena prisutnost karboksihemoglobina u strijelnoj ozljedi, bilo u ulaznoj (91.6%) bilo u izlaznoj (36.1%) rani. Ovime se analiza koncentracije CO-Hb u krvi strijelnih rana nameće kao dobra diferencijalno dijagnostička metoda za razlikovanje strijelnih ozljeda nastalih pucanjem iz daljine od onih nastalih pucanjem iz apsolutne blizine.

U pogledu relativne blizine, u analiziranom uzorku bio je mali broj takvih slučajeva (5), ali u svim ulaznim i jednoj izlaznoj rani bila je detektirana prisutnost karboksihemoglobina. Iako veličina uzorka onemogućuje statističku analizu, ipak poziva na daljnja istraživanja pojavnosti karboksihemoglobina u strijelnim ranama nastalim pucnjem iz relativne blizine. Na ovo su upozorili i rezultati Wojhana [110] koji je u pokusu pucanja u zečeve opaljenje vršio i iz udaljenosti od 5, 10 i 15 cm, a što spada u kategoriju relativne blizine. Analiza krvi iz rana nastalih na tim udaljenostima pokazala je da se i u njima može detektirati karboksihemoglobin. Menzies i ostali su u dva uzorka krvi iz strijelnih rana koje su nastale pucanjem s 30.5 cm dokazali prisutnost CO-Hb, dok niti jedan od uzorka krvi iz rana nastalih opaljenjem s 66 cm nije imao pozitivan CO-Hb[112].

Naši rezultati, kao i spomenuti rezultati drugih istraživanja, osim što ukazuju da mjerenje karboksihemoglobina može biti dobar pokazatelj da se ne radi o pucnju nastalom iz daljine, ukazuju na to da se ova metoda ne može koristiti za razlikovanje rana nastalih pucanjem iz apsolutne blizine od rana nastalih pucanjem iz relativne blizine. Osim što je karboksihemoglobin bio detektiran u svim ranama nastalima iz relativne blizine, i srednje vrijednosti karboksihemoglobina u ulaznim ranama bile su slične onima iz apsolutne blizine. Srednja vrijednost karboksihemoglobina u ulaznim ranama nastalima iz relativne blizine iznosila je 13.4%, uz standardnu devijaciju od 8.3 (Tablica 7).

Ova nemogućnost razlikovanja apsolutne i relativne blizine koja je potvrđena mjerenjima, je razumljiva kada se uzme u obzir definiranje relativne blizine. Naime, za strijelnu ranu kažemo da je nastala pucanjem iz relativne blizine ukoliko se na koži oko rane pojave i neizgorene barutne čestice. U grubo, na polovicu daljine do koje dopiru barutne čestice dopire i oblak dima koji izlazi iz usta cijevi oružja, a koji je izvor ugljičnog monoksida za nastanak karboksihemoglobina u krvi u strijelnoj rani, dok na još kraću udaljenost od usta cijevi dopire i plamen. Ovo znači da na dio rana koje su nastale iz "bliže" relativne blizine djeluju i plamen, i dim i neizgorene barutne čestice. Udaljavanjem usta cijevi oružja od kože, u određenom trenutku plamen više ne dopire do površine kože, a povećanjem ove udaljenosti, do kože više ne dopire niti dim iz usta cijevi oružja. Udaljenost na kojoj do površine kože ne dopire dim iz usta cijevi oružja zapravo je granica nakon koje i teoretska mogućnost nastanka karboksihemoglobina u rani prestaje postojati.

Zanimljiv je i prikaz razlike u koncentracijama CO-Hb u ulaznoj i izlaznoj rani ovisno o udaljenosti pucanja (Tablica 8). Naime, najviše srednje vrijednosti razlika prisutne su u ulaznim i izlaznim ranama nastalim pucanjem iz relativne blizine, koje su statistički značajno ($p = 0.032$) više od razlika koje se javljaju pri ostalim udaljenostima pucanja. Kod pucanja iz relativne blizine, oblak u kojem se nalaze plinovi dopire do ulazne strijelne rane. Međutim, tlak pod kojim plinovi ulaze u ranu je vjerojatno prenizak da bi plinovi prešli cijeli strijelni kanal i došli do izlazne rane. Dok, kod pucanja iz apsolutne blizine, plinovi u strijelnu ranu ulaze pod višim tlakom te tako imaju veću mogućnost uzrokovati porast CO-Hb i u izlaznoj rani.

U sklopu istraživanja, obradili smo i uzorke iz 4 strijelne rane nastale pucnjem iz daljine. Ove rezultate smo izuzeli iz statističke analize, budući su zapravo samo potvrda već poznate činjenice da CO-Hb ne možemo naći u strijelnim ranama nastalima opaljenjem iz daljine. Dakle, niti u jednom od uzoraka iz 4 strijelne rane nastale pucnjem iz daljine nije dokazana prisutnost CO-Hb. Menzies i ostali su također kontrolirali prisutnost CO-Hb u ranama nastalima pucanjem s 66 cm te niti u jednoj nisu utvrdili prisutnost CO-Hb.

Pucanje kroz prepreku

Izdvojeno ćemo prikazati dva rezultata mjerenja za koje, na temelju podataka iz policijske istrage, znamo da je opaljenje izvršeno pucanjem kroz prepreku. Pucanje kroz prepreku u mnogim slučajevima otežava zaključivanje o tome iz koje udaljenosti je izvršeno opaljenje. Naime, prepreka na sebi može zadržati sve materijalne tragove pucanja (čađu, neizgorene barutne čestice, čestice inicijalnog eksploziva, projektila i oružja) koji se također koriste za određivanje smjera i udaljenosti pucanja. Ulazna rana u tim slučajevima morfološki može nalikovati rani nastaloj pucanjem iz daljine. U takvim slučajevima bi mjerenje karboksihemoglobina u uzorcima krvi iz rana moglo dati naznake o smjeru i udaljenosti pucanja.

U jednom slučaju riječ je bila o pucanju kroz jastuk, a u drugom o pucanju kroz vrata. U oba ova slučaja u ulaznim ranama detektirana je prisutnost karboksihemoglobina. U slučaju pucanja kroz jastuk ulazna rana bila je smještena u desnom sljepoočnom području, opaljenje je izvršeno iz pištolja, kalibar upotrijebljenog projektila bio je 7.62, a izmjerena koncentracija karboksihemoglobina u ulaznoj rani bila je 3%. Riječ je bila o ustrijelu te je projektil pronađen u lubanjskoj šupljini. Na uzorku iz mjesta nalaza projektila karboksihemoglobin nije detektiran. U drugom slučaju radilo se o dvije ustrijelne rane nastale pucanjem kroz vrata. Prilikom opaljenja usta cijevi oružja bila su oslonjena o jednu stranu vrata, a s druge strane vrata bila je žrtva koja je na vrata bila čvrsto naslonjena pokušavajući ih držati zatvorenima. Ulazne strijelne rane bile su lokalizirane na prsnom košu. Karboksihemoglobin je u ulaznim ranama iznosio 20% i 14%. U uzorcima s mjesta pronalaska projektila nije detektirana prisutnost karboksihemoglobina. I u ovom slučaju oružje iz kojeg je izvršeno opaljenje bio je pištolj, a kalibar streljiva je bio 7.62.

Nalaz karboksihemoglobina u uzorcima krvi iz ova dva slučaja ukazuje na to da, usprkos postojanju prepreke, dio barutnih plinova dolazi do tkiva u području ulazne strijelne rane i uzrokuje formiranje karboksihemoglobina koji se kasnije može mjeriti i potencijalno koristiti kao indikator smjera pucanja, ali i udaljenosti iz koje je izvršeno pucanje. I, iako uzorak od tri strijelne rane nije dovoljan za donošenje zaključaka,

dovoljan je da ukaže na potrebu za daljnjim istraživanjem pojavnosti CO-Hb u ranama koje su nastale pucnjem kroz prepreku kada je prepreka bila oslonjena o kožu.

Problemi uzorkovanja

Od 106 strijelnih ozljeda iz kojih su izuzimani uzorci, u 6 slučajeva izuzeti uzorak nije bio podoban za kemijskotoksikolšku analizu. Manualna spektrofotometrija zahtijeva vrlo malu količinu krvi (jedna kap, oko 50 mikrolitara). Ponekad je međutim i tu količinu teško izuzeti te se prilikom izuzimanja uzokra umjesto krvi u štrcaljku aspirira tkivo iz područja rane, ili pak krv razrijeđena slinom i sluzi u slučajevima pucanja u usta. Problem nepostojanja dovoljne količine krvi za analizu mogla bi se izbjeći izuzimanjem tkiva mišića iz područja ulazne i izlazne rane te analizom količine karboksimioglobina u mišićnom vlaknima. Međutim, prethodno bi bilo potrebno istražiti odnos koncentracija karboksihemoglobina u krvi i karboksimioglobina u mišićnim vlaknima.

Također, od velike je važnosti strogo definirati uzorak koji se izuzima.

U svom istraživanju Menzies i ostali su krv za analizu dobivali cijeđem iz tkiva oko strijelnog kanala koje su prethodno izuzeli. Primjenjeno na izuzimanje uzorka iz ulazne i izlazne rane, ovo bi bio dobar način da se izbjegne izuzimanje krvi koja se cijedi iz strijelnog kanala. Također, jedno od riješenja je i izuzmanje dva ili tri uzorka krvi iz iste rane te zaključivanje o kvaliteti uzorka na temelju usporedbe svih rezultata.

Zaključno

Točna interpretacija strijelnih rana nužna je za provođenje kvalitetne policijske istrage i osigurava informacije nužna za učinkovito provođenje eventualnog sudskog postupka. Prvi preduvjet za ovo jest prepoznavanje ulazne rane. Iako je u velikoj većini slučajeva moroflogija strijelne rane dostatna za donošenje zaključka, u posebnim slučajevima morfološke karakteristike nisu dostatne za zaključivanje o smjeru i udaljenosti pucanja. Postoji niz okolnosti koje mogu uzrokovati nastanak strijelne rane atipičnog izgleda [16, 32, 37, 40 - 53] kada je poželjna svaka dodatna dostupna analiza koja će olakšati zaključivanje u konkretnom slučaju.

Upravo zbog toga, od sredine dvadesetog stoljeća došlo je do brzog razvoja metoda koje bi omogućile objektivno zaključivanje o smijeru i udaljenosti pucanja. Danas je dostupno mnogo takvih metoda koje se baziraju na analizi materijalnih tragova pucanja. Takve metode provode se u specijaliziranim laboratorijima opremljenima skupom opremom na kojoj rade usko specijalizirani stručnjaci, a često su i dugotrajne. Također, ovisno o organizaciji u pojedinoj državi, analize materijalnih tragova pucanja najčešće se provode u policijskim laboratorijima, a ne na zavodima za sudsku medicinu. Stoga smatramo da bi uvođenje novog, objektivnog biljega za razlikovanje ulaznih od izlaznih rana predstavljalo poželjno oruđe za diferencijalnu dijagnostiku strijelnih rana liječniku obducentu koji provodi obdukciju.

Ovim istraživanjem vrednovali smo mogućnost da koncentracije karboksihemoglobina u ulaznoj i izlaznoj rani posluže liječniku obducentu kao objektivni pokazatelj smjera i udaljenosti pucanja. Prednost analize karboksihemoglobina u krvi ulaznih i izlaznih strijelnih rana pred ostalim metodama koje analiziraju materijalne tragove pucanja jest u jednostavnosti izuzimanja uzorka, jednostavnosti provođenja kemijskotoksikološke analize uzorka i brzo dostupnim rezultatima. Nadalje, izuzimanje uzoraka za analizu provodio bi liječnik obducent, a analiza uzorka lako se može provesti u kemijskotoksikološkom laboratoriju s osnovnom opremom.

Pred sudske medicinare se od strane naručitelja sudskomedicinskih postupaka, ponajprije sudskomedicinske obdukcije, postavljaju brojna i raznolika pitanja koja traže što egzaktnije i decidiranije odgovore. S druge strane, zaključivanje u rutinskoj kazuistici i u današnje se doba oslanja na vizualno opažanje, koje u stvari predstavlja svojevrsnu sudskomedicinsku propedeutiku. Udio laboratorijskih i drugih dijagnostičkih metoda značajno je manji u odnosu na druge kliničke medicinske struke. Očigledno objašnjenje za ovo jest apsolutna ili, u najmanju ruku, relativna nepodobnost neživog biološkog materijala da pri laboratorijskim analizama ponudi valjane i primjenjive rezultate. Naime, autolitički i heterolitički procesi koji započinju odmah nakon smrti značajno mijenjaju zaživotni biokemijski sastav tkiva i organa tako da postmortalne

vrijednosti većine biokemijskih parametara ubrzo postaju bezvrijedne. Zbog ovog nesklada između ponude dostupne dijagnostike i potražnje za istom, svaka je novost u dijagnostičkom segmentu sudske medicine dobrodošla i vrijedna pozornosti. Upravo u tome vidimo i važnost ovog istraživanja. Naime, nije za očekivati da bi analiza CO-Hb zamijenila vizualnu ocjenu ulazne strijelne rane koja i dalje predstavlja zlatni standard. Međutim, uporaba jeftine, lako dostupne i brzo provedive pretrage mogla bi predstavljati dopunu u zaključivanju i poslužiti kao potvrda zaključka donesenog temeljem neposrednog opažanja prilikom obdukcije. Dakle, i nakon objave rezultata ove studije sudski će se medicinar očitovati o pitanju ulazne rane prvenstveno temeljem njezinih morfoloških parametara, ali će kao dodatni argument imati na raspolaganju i jedan lako čitljivi laboratorijski nalaz.

VII. ZAKLJUČCI

Zaključci provedenog istraživanja su:

- koncentracije karboksihemoglobina u području ulaznih strijelnih rana nastalih pucanjem iz blizine (apsolutna i bliža relativna blizina) (11.68±10.06) su značajno veće od koncentracija karboksihemoglobina u izlaznim strijelnim ranama (3.38±4.63)

- usporedba koncentracije karboksihemoglobina u krvi iz ulazne rane i u krvi iz izlazne rane nastale pucanjem iz blizine omogućuje točnu dijagnostiku ulazne i izlazne rane u velikoj većini slučajeva

- dokazivanje prisutnosti karboksihemoglobina u strijelnoj rani dobar je pokazatelj da su rane nastale pucanjem iz blizine

- u ulaznoj rani se može dokazati prisutnost karboksihemoglobina i u slučajevima pucanja kroz prepreku ukoliko su zadovoljena dva uvjeta: da su usta cijevi oružja čvrsto oslonjena o prepreku te da je prepreka čvrsto prislonjena na kožu

- koncentracije karboksihemoglobina u strijelnoj rani su stabilne kod postmortalnog razdoblja kraćeg od 72 sata

- koncentracije karboksihemoglobina u uzorcima rana nastalih pucanjem u usta značajno su niže od koncentracija u uzorcima ostalih rana nastalih pucanjem iz blizine

- koncentracije karboksihemoglobina u uzorcima iz ulaznih rana najviše su kod korištenja srednjih (7.62 - 7.65) kalibara streljiva

- koncentracija karboksihemoglobina u ulaznoj i izlaznoj rani ne ovisi o vrsti upotrijebljenog ručnog vatrenog oružja.

VIII. SAŽETAK

Utvrđivanje smjera i udaljenosti iz kojih je izvršeno pucanje dva su osnovna zadatka sudskomedicinske obdukcije osoba smrtno stradalih od strijelnih ozljeda. Prepoznavanje ulazne strijelne rane je prvi korak u zaključivanju o ta dva pitanja. Uobičajeno se procjena temelji na morfološkim obilježjima rane. Kako ona često nisu tipična, javlja se potreba za dodatnim, objektivnim metodama za određivanje smjera i udaljenosti pucanja.

U slučajevima pucanja iz blizine, djelovanjem barutnih plinova na tkiva oko strijelnog kanala nastaje karboksihemoglobin (CO-Hb).

Cilj ovog rada bio je istražiti koncentracije karboksihemoglobina koje su prisutne u krvi iz područja strijelnih rana i utvrditi odnos ovih koncentracija kod ulaznih i izlaznih strijelnih rana.

U tu svrhu prikupljeni su uzorci krvi osoba smrtno stradalih od strijelnih ozljeda kod kojih je smrt nastupila neposredno nakon ozljeđivanja te na kojima nisu nastupile uznapredovale postmortalne promjene. Uzorci su izuzimani iz područja ulaznih i izlaznih strijelnih rana nastalih pucanjem iz blizine, a izuzet je i kontrolni uzorak krvi iz femoralne vene. Prisutnost i koncentracije karboksihemoglobina u uzorcima krvi analizirani su kvantitativnom manualnom spektrofotometrijom prema Heilmeyerovoj metodi. Pribavljeni su i podatci o vrsti upotrijebljenog ručnog vatrenog oružja i streljiva te duljini postmortalnog intervala.

Prisutnost karboksihemoglobina detektirana je u ukupno 89% slučajeva, bilo u ulaznoj, bilo u pripadajućoj izlaznoj rani. Analiza koncentracije CO-Hb pokazala je prisutnost značajno većih koncentracija u ulaznoj rani (ulazna rana: 11.68±10.06; izlazna rana: 3.38±4.63), i to u 79% uzoraka. U uzorcima krvi izuzetima iz strijelnih rana nastalih pucanjem u usta učestalost pojave CO-Hb, kao i koncentracije CO-Hb, bile su niže. Nakon izdvajanja tih uzoraka, u preostalom općem uzorku u ukupno 86% slučajeva koncentracije CO-Hb bile su veće u ulaznoj od onih u izlaznoj rani. Koncentracije CO-Hb u ulaznoj rani bile su najveće pri korištenju kalibara 7.62 - 7.65 mm. Duljina postmortalnog intervala nije imala utjecaja na koncentracije CO-Hb. U 11% slučajeva

nije zabilježen gradijent koncentracije CO-Hb, dok je u 6% slučajeva koncentracija CO-Hb u izlaznoj rani bila veća od one u ulaznoj rani.

Rezultati podupiru zaključak da uzorci krvi iz područja ulaznih strijelnih rana nanesenih pucanjem iz male udaljenosti sadrže statistički značajno veću koncentraciju karboksihemoglobina od uzoraka krvi iz područja pripadajućih izlaznih strijelnih rana. Analiza koncentracije CO-Hb pokazala se kao dobar pokazatelj da je strijelna rana nanesena pucanjem iz blizine. Također, nije utvrđena povezanost koncentracija CO-Hb u uzorcima krvi i duljine postmortalnog intervala.

IX. SUMMARY

Evaluation of carboxyhemoglobin as an indicator of close range entrance wound

Marija Baković, 2013.

Determination of the direction and distance of shooting is one of the essential tasks of forensic autopsy of individuals with lethal firearm injuries. Establishing the entrance wound is the first step in the right direction. Generally, the assessment is based on the wound morphology, which is not always typical. This imposes the need for additional, objective methods for the identification of entry wound.

In close range shots, propellant gases are blown into the tissues around the bullet tract which causes formation of carboxyhemoglobin (CO-Hb).

We aimed to investigate the levels of CO-Hb in blood from close range wounds and determine the relationship of CO-Hb concentrations in entrance and in associated exit wound.

Blood samples from the entrance and exit wound and a control sample of femoral blood were collected from the fatally injured gunshot victims. Blood samples were collected only in cases of prompt death and in absence of developed postmortem changes. Blood samples were analyzed by quantitative spectrophotometry according to Heilmeyer. Additional information regarding the weapon and ammunition type and the postmortem interval were collected.

CO-Hb was detected in 89% of cases of close range shoots, either in entrance or associated exit wound. CO-Hb concentrations were significantly higher in entrance (11.68±10.06) than exit (3.38±4.63) wounds. In cases of shooting in oral cavity frequency of detection of CO-Hb as well as CO-Hb concentrations were lower. Excluding these cases, CO-Hb concentrations were higher in 86% of entrance wounds than in associated exit wounds. Highest concentrations of CO-Hb were detected in cases where 7.62 – 7.65 caliber bullet was used. The length of postmortem interval did not affect the CO-Hb concentrations. The gradient of CO-Hb was not detected in

11% of cases while in 5% of cases the concentration of CO-Hb was higher in exit wound than in associated entry wound.

These results support the conclusion that CO-Hb levels are significantly higher in blood samples collected from close range entry gunshot wounds than associated exit wounds. The observed difference of CO-Hb levels allows for determination of entrance versus exit wound. Presence of CO-Hb is very good indicator of close range shot. The postmortem stability of CO-Hb was verified.

X. POPIS LITERATURE

1. Karp A. Completing the Count: Civilian firearms. U: Small Arms Survey 2007. Cambridge: Cambridge University Press; 2007, str. 38-71.

2. Batchelor P. Small Arms, Big Business: Products and Producers. U: Small Arms Survey 2001. Oxford: Oxford University Press; 2001, str. 6-57.

3. Karp A. Estimating Civilian Owned Firearms. Small Arms Survey Research Notes 2011;9:1-4.

4. Tobias P, Edelmann R, Isikozlu E. SALW Survey of Croatia. Beograd: South Eastern and Eastern Europe Clearinghouse for the Control of Small Arms and Light Weapons; 2006, str. 3.

5. Vlada Republike Hrvatske. Nacionalna strategija i Akcijski plan za kontrolu malog i lakog oružja. Narodne novine 2009:113.

6. Karp A. Trickle and Torrent: State stockpiles. U: Small Arms Survey 2006. Unfinished Business. Oxford: Oxford University Press; 2006, str. 36-63.

7. Kofi AA. We the Peoples. New York City: United Nations Department of Public Information; 2000, str. 52.

8. Geneva Declaration Secretariat. Global Burden of Armed Violence. Geneva: Geneva Declaration Secretariat; 2008, str. 2.

9. International Action Network on Small Arms. 2006: Bringing the global gun crisis under control. London: International Action Network on Small Arms; 2006, str. 1. http://reliefweb.int/report/world/2006-bringing-global-gun-crisis-under-control

10. Villaveces A, Krug E, Butchart A, Sharma GK. Small Arms and Global Health. World Health Organization: Geneva; 2001, str. 4.

11. World Health Organization. European Detailed Mortality Database. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe. 2012. http://data.euro.who.int/dmdb/

12. Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control. Web-based Injury Statistics Query and Reporting System. 2009. http://www.cdc.gov/injury/wisqars/index.html

13. Hoyert DL. Jiaquan Xu MD. Deaths: Preliminary Data for 2011 - Selected Causes. Natl Vital Stat Rep 2012;61:40-2.

14. Sherry L, Murphy BS, Jiaquan Xu MD, Kenneth D, Kochanek MA. Deaths: Preliminary Data for 2010. Natl Vital Stat Rep 2012;60:1-8.

15. Odbor za zakonodavstvo Zastupničkog doma Sabora Republike Hrvatske. Zakon o oružju. Narodne Novine 1997;46.

16. Kneubuehl BP. Wound Ballistics. Basics and Applications. Berlin, Heidelberg: Springer; 2011, str. 3-65, 253-305.

17. Hartnik AE. Pištolji i revolver. Enciklopedija. Zagreb: Veble commerce; 1997, str.13-9.

18. Hartnik AE. Sačmarice i druge lovačke puške. Enciklopedija. Zagreb: Veble commerce; 1999, str.13-29.

19. Needham J, Lu GD, Wang L. Science and civilization in China. Cambridge: University Press; 1987, str. 47-50.

20. Davis TL. The Chemistry of Powder & Explosives. 2. izd. Hollywood: Angriff Press; 1943, str. 297-8.

21. DiMaio VJ, Copeland AR, Besant-Matthews PE, Fletcher LA, Jones A. Minimal velocities necessary for perforation of skin by air gun pellets and bullets. J Forensic Sci 1982;27:894-8.

22. Karger B. Schussverletzungen. U: Brinkman B, Madea B, ur. Handbuch greichtliche Medicin. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 2004, str. 593-683.

23. Škavić J. Specifične mehaničke ozljede. U: Zečević D, ur. Sudska medicina i deontologija. 4. izd. Zagreb, Medicinska naklada: 2004, str. 60-79.

24. Große Perdekamp M, Vennemann B, Mattern D, Serr A, Pollak S. Tissue defect at the gunshot entrance wound, what happens to the skin? Int J Legal Med 2005;119:217–22.

25. Strassmann F. Lehrbuch der Gerichtlichen Medicin. Stuttgart: Enke; 1885, str. 376-385.

26. Thali MJ, Kneubuehl BP, Zollinger U, Dirnhofer R. A study of the morphology of gunshot entrance wounds, in connection with their dynamic creation, utilizing the "skin-skull-brain model". Forensic Sci Int. 2002;18:125:190-4.

27. Elbel H. Experimentelle Unterschussungen über den Schmutzsaum bei Schussverletzungen. Dtsch Z ges Gerichtl Med 1937;28:359-65.

28. Sellier K. Einschusstudien an der Haut. Beitr Gerichtl Med 1969;25:265-270.

29. Sellier K. Schadigungen und Tod infolge Schussverletzungen. U: Mueller B, ur. Gerichtliche Medicin. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 1975, str. 563-608.

30. Sellier K. Experiments in the penetration power of various bullets. Z Rechtsmed 1979;83:163-8.

31. Pollak S. Schussverletzungen. U: Madea B, ur. Praxis Rechtsmedizin, Berlni, Heidelberg, New York: Springer; 2003, 132-47.

32. Rescheleit T, Rotschild MA, Schneider V. Zur Frage der Differezierung von Ein- und Ausschuss bei auf fester Unterlage anliegenden bekleideten Opfern. Rechtsmedizin 2001;11:212-6.

33. Breitenecker R, Senior W. Shotgun patterns. An experimental study on the influence of intermediate target. J Forensic Sci 1967;12:193-204.

34. Breitenecker R. Shotgun wound patterns. Am J Clin Pathol 1969;52:258-69.

35. Coe JI, Austin N. The effects of various intermediate targets on dispersion of shotgun patterns. Am J Forensic Med Path 1992;13:281-3.

36. Hatcher JS, Jury FJ, Weller J. Firearms investigation identification and evidence. Philadelphia: Ray Riling Arms Books Co; 1957, str. 424-5.

37. DiMiao VJ. Gunshot wounds. Practical aspects of Firearms, Ballistics, and Forensic Techniques. 2. izd. Boca Ranton, London, New York, Washington D.C.: CRC Press; 1999, str. 123-52.

38. Jones EG, Hawley DA, Thompson EJ. Atypical gunshot wound caused by cylinder index error. Am J Forensic Med Pathol 1991;14:226-9.

39. Molina DK, Rulon JJ, Wallace EI. The atypical entrance wound. Differential Diagnosis and Discussion of an unusual Case. Am J Forensic Med Pathol 2012;33:250-2.

40. Pollak S, Rophol D. Morphologische und morphometrische Aspekte des Kontusionsringes ("Schürfsaumes") an Einschusswunden. Beitr Gerichtl Med 1991;49:183-91.

41. Pollak S. Zur Morphologie der Einschusswunden im Palmar- und Plantarbereich. Z Rechtsmed 1980;86:41-7.

42. Sigrist T, Knüsel HP, Markwalder C, Rabl W. Der "innere Abstreifring" – ein Einschussmerkmal auf Leistenhaut. Arch Kriminol 1992;189:91-9.

43. Dixon DS. Characteristics of shored entry wounds and corresponding wounds with shoring material as an intermediate target. J Forenisc Sci 1980:25;750-9.

44. Prahlow JA, Allen SB, Spinder T, Poole RA. Pseudo-gunpowder stippling caused by fragmentation of a plated bullet. Am J Forensic Med Pathol 2003;24:243–7.

45. Rescheleit BD, Rotschild MA, Schneider V. Zur frage der differenzierung von Ein- und Ausschluss bei auf fester unterlage anliegenden bekleidet opfern. Rechtsmedizin 2001;11:212-6.

46. Dixon DS. Keyhole lesions in gunshot wounds of the skull and direction of fire. J of Forensic Sci 1982;27:555-66.

47. Spitz WU. Injury by gunfire. U: Spitz WU, ur. Spitz and Fisher's Medicolegal Investigation Of Death: Guidelines For The Application Of Pathology To Crime Investigation. 4. izd. Springfield: Charles C Thomas Pub Limited; 2006, str. 607-746.

48. Coe JI. External beveling of entrance wounds by handguns. Am J Forensic Med Pathol 1982;3:215-9.

49. Peterson BL. External beveling of cranial gunshot entrance wounds. J Forensic Sci 1991;36:1592-5.

50. Baik SO, Uku JM, Sikirica M. A case of external beveling with an entrance gunshot wound to the skull made by a small caliber rifle bullet. Am J Forensic Med Pathol 1991;12:334-6.

51. Lantz PL. An atypical, indeterminate-range, cranial gunshot wound of entrance resembling an exit wound. Am J Forensic Med Pathol 1994;15:5-9.

52. Dixon DS. Exit keyhole lesion and direction of fire in a gunshot wound of the skull. J Forensic Sci 1984;29:336-9.

53. Bhoopat T. A case of internal beveling with an exit gunshot wound to the skull. For Sci Int 1995;71:97-101.

54. Quatrehomme G, Iscan MY. Postmortem skeletal lesions. Forensic Sci Int 1997;89:155-65.

55. Smith OC, Jantz L, Berryman HE, Symes SA. Effects of human decomposition on bullet striations. J Forensic Sci 1993;38:593-8.

56. Lichtenberg W. Methods for the determination of shooting distance. Forensic Sci Rev 1990:37-62.

57. Sellier K. Shot range determination. U: Maehly A, Williams RL, ur. Forensic science progress. Berlin: Springer; 1991.

58. Stone IC, Petty CS. Interpretation of unusual wounds caused by firearms. J Forensic Sci 1991;36:736-74.

59. Saverio RF, Margot P. Identification of gunshot residue: a critical review. Forensic Sci Int 2001;119:195-211.

60. Hardy DR, Chera JJ. Differentiation between single-base and double-base gunpowders. J Forensic Sci 1979;24:618-26.

61. Feigl F. Spot tests in organic analysis. 7. izd., Amsterdam: Elsevier; 1966, str. 300-2.

62. Cowan PL, Purdon A. A study of the parafin test. J Forensic Sci 1967;12:19-36.

63. Mršić G, Žugaj S. Analiza GSR čestica upotrebom elektronskog mikroskopa (SEM/EDX). Polic sigur 2007;3-4:179-200.

64. Harrison HC, Gilroy R. Firearms discharge residues. J Forensic Sci 1954;4:184-99.

65. Ruch RR, Buchanan JD, Guinn VP, Bellanca SC, Pinker RH. Neutron activation analysis in scientific crime detection. J Forensic Sci 1964;9:119-32.

66. Krishnan SS. Rapid detection of firearms discharge residues by atomic absorption and neutron activation analysis. J Foresnic Sci 1971;16:144-51.

67. Nesbitt RS, Wessel JE, Wolten GM, Jones PF. Evaluation of a photoluminescence technique for the detection of gunshot residue. J Forensic Sci 1977;22:288-303.

68. Brihaye C, Machiroux R, Gillain G. Gunpowder residues Detection by Anodic Stripping Voltammetry. Forensic Sci Int 1982;20:269-76.

69. Brazeau J, Wong RK. Analysis of gunshot residues on human tissues and clothing by X-ray microfluorescence. J Forensic Sci 1982;33:35-41.

70. Wolten GM, Nesbitt RS, Calloway AR, Loper GL, Jones PF. Particle analysis for the detection of gunshot residue. Scanning electron microscopy/energy-dispersive X-ray characterization of hand deposit from firing. J Forensic Sci 1979;24:409-22.

71. Varetto L. The use of plasma ashing on samples for detection of gunshot residues with scanning electron microscope/micro-analysis system for the detection of firearm discharge particles. J Forensic Sci 1990;35:964-70.

72. Kee TG, Beck C. Casework assessment of an automated scanning electron microscope/micro-analysis system for the direction of firearms discharge particles. J Forensic Sci Soc 1987;27:321-30.

73. Tillman L. Automated gunshot residue particle search and characterization. J Forensic Sci 1987;32:62-71.

74. White RS, Owens DA. Automation of gunshot residue detection and analysis by scanning electron microscopy/energy dispersive X-ray analysis (SEM/EDX). J Forensic Sci 1987;32:1595-603.

75. Germani MS. Evaluation of instrumental parameters for automated scanning electron microscopy/gunshot residue particle analysis. J Forensic Sci 1991;36:331-42.

76. Narodne novine. Pravilnik o načinu pregleda umrlih te utvrđivanja vremena i uzroka smrti. NN 2011;46:čl.13.

77. Hrvatski sabor. Zakon o zdravstvenoj zaštiti. NN 2008;150: čl. 193.

78. Narodne novine. Zakon o kaznenom postupku. NN 2011;121:čl. 319.

79. Gorkič S. Medicinska kriminalistika Beograd: IRO Privredna štampa; 1981, str.150-1.

80. Brinkmann B. Harmonisation of medico-legal autopsy rules. Int J Legal Med 1999;113:1–14.

81. Karger B, Billeb E, Koops E, Brinkmann B. Autopsy features relevant for discrimination between suicidal and homicidal gunshot injuries. Int J Legal Med 2002;116:273–8.

82. Polson GJ, Gee DJ, Knight B. The essentials of Forensic Medicine, 4. izd. Oxford New York Toronto: Pergamon; 1985, str. 220-221.

83. Muller D, Levy A, Vinokurov A i sur. A novel method for the analysis of discharged smokeless powder residues. J Forensic Sci 2007;52:75-8.

84. Stahling S, Karlsson T. A method for collection of gunshot residues from skin and other surfaces. J Forensic Sci 2000;45:1299–302.

85. Goldsmith JR, Landaw SA. Carbon monoxide and human health. Science 1968;162:1352-9.

86. Blumenthal I. Carbon monoxide poisoning. J R Soc Med 2001; 94(6):270-2.

87. Wilkinson LJ. Carbon monoxide – the silent killer. U: Waring RH, Steventon GB, Mitchell SB. Molecules of death. 2. izd. London: Imperial College Press; 2007, str. 37-47.

88. Kaczorowski DJ, Zuckerbraun BS. Carbon monoxide: medicinal chemistry and biological effects. Curr Med Chem 2007;14:2720-5.

89. Rietbrock N, Kunkel S, Worner W, Eyer P. Oxygen-dissociation kinetics in the blood of smokers and non-smokers: interaction between oxygen and carbon monoxide at the hemoglobin molecule. Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol 1992;345:123-8.

90. Kales SN. Carbon monoxide intoxication. Am Fam Physician 1993;48:1100-4.

91. Walch SG, Lachenmeier DW, Sohnius EM, Madea B, Musshoff F. Rapid determination of carboxyhemoglobin in postmortem blood using fully-automated headspace gas chromatography with methaniser and FID. The Open Toxicology Journal 2010;4:21-5.

92. Hardy KR, Thom SR. Pathophysiology and treatment of carbon monoxide poisoning. J Toxicol Clin Toxicol 1994;32(6):613-29.

93. Cobern RF. The carbon monoxide body stores. Ann N Y Acad Sci 1970;174:11-22.

94. Wu L, Wang R. Carbon monoxide: endogenous production, physiological functions, and pharmacological applications. Pharmacol Rev 2005;57:585-630.

95. Stewart RD, Baretta ED, Platte LR i sur. Carboxy-haemoglobin levels in American blood donors. JAMA 1974;229:1187-95.

96. Widdop B. Analysis of carbon monoxide. Ann Clin Biochem 2002;39:378-91.

97. Wright GR, Shephard RJ. Physiological effects of carbon monoxide. Int Rev Physiol 1979;20:311-68.

98. Nager EC, O'Connor RE. Carbon monoxide poisoning from spray paint inhalation. Acad Emerg Med 1998;5:84-6.

99. Mahoney, JJ, Vreman, HJ, Stevenson DK, Van Kessel AL. Measurement of carboxihemoglobin and total hemoglobin by five specialized spectrophotometers (CO-oximeters) in comparison with reference methods. Clin Chem 1993;39:1693-700.

100. Brown LJ. A new instrument for the simultaneous measurement of total hemoglobin, oxyhemoglobin, carboxyhemoglobin, methemoglobin and oxygen content in whole blood. IEEE Trans Biomed Eng 1980;27:132-8.

101. Anderson EW, Andelman RJ, Strauch JM, Fortuin NJ, Knelson JH. Effect of low level of carbonmonoxide exposure on onset and duration of angina pectoris. Ann Intern Med 1973;79:46-50.

102. Boumba VA, Vougiouklakis T. Evaluation of the metods used for carboxyhemoglobin analysis in postmortem blood. Int J Toxicol 2005;24:275-81.

103. Luchini PD, Leyton JF, Strombech Mde L, Ponce JC, Jesus Md, Leyton V. Validation of a spectrophotometric method for quantification of carboxyhemoglobin. J Anal Toxicol 2009; 33:540-4.

104. Vreman HJ, Stevenson DK, Zwart A. Analysis for carboxyhemoglobin by gas chromatographyand multicomponent spectrophotometry compared. Clin Chem 1987;33:694-7.

105. McBay AJ. Toxicological findings in fatal poisonings. Clin Chem1973;19:361-5.

106. Keiko S, Li Q, Masaki QF, Hitoshi M. Automated determination of carboxyhemoglobin contents in autopsy materials using headspace gas chromatography/mass spectrometry. Forensic Sci Int 2000;113:375-9.

107. Patauf A. Űber die Einwirkung von Pulvergasen auf das Blut und einen neuen Befund beim Nahschuss. Wien Klin Wochenschr 1890;3:984-91, 1015-7.

108. Meyer W. Die Kriterien des Nachschusses bei Verwendung rauchschwacher Pulver. Vierteljahres schr Gerichtl Med 1908;35:22-37.

109. Prokop O. Lehrbuch der gerichtlichen Medizin. Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit; 1960.

110. Wojahn H. CO-Hb-Konzentration im Schusskanal als Zeichen des Nachschusses. Beitr Gerichtl Med 1968;24:190-3.

111. Bakonyi F, Faragó E, Tomcsány R. Lassen die unterschiedlichen CO-Hämoglobin-Konzentrationen im Bereich von Ein- und Ausschuss Aussagen über die Schussrichtung und die Schussentfernung zu? Arch Kriminol 1970;145:35-41.

112. Menzies RC, Serragie RJ, Labowitz D. Characteristics of silenced firearms and their wounding effects. J Forensic Sci 1981;26:239-62.

113. Pollak S, Reiter C. CO-Hämoglobin in Gefäßbezirken abseits des Schusskanals. U: Eisenmenger W, Liebhart E, Schuck M, ur. Medicin und Recht: Festschrift für Wolfgang Spann. Berlin Heidelberg New York: Springer; 1986, str. 261-7.

114. Sutlović D, ur. Osnove forenzične toksikologije Split: Redak; 2011, str. 315.

115. Heilmeyer L. Medizinische Spektrophotometrie. Jena: Gustav Fischer; 1933, str. 86.

116. Machin D, Campbell MJ, Tan SB, Tan SH. Sample Size Tables for Clinical Studies. 3. izd. Chicherster: Wiley-Blackwell; 2008.

117. Lehmann EL. Nonparametrics: Statistical Methods Based on Ranks. Revised. New York: Springer Science; 2006.

118. Druid H. Site of entrance wound and direction of bullet path in firearm fatalities as indicators of homicide versus suicide. Forensic Sci Int 1997;88:147–62.

119. Karlsson T, Isaksson B, Ormstad K. Gunshot fatalities in Stockholm, Sweden with special reference to the use of illegal weapons. J Forensic Sci 1993;38:1409–21.

120. Karlsson T. Multivariate analysis ("Forensiometrics") – a new tool in forensic medicine. Differentiation between firearm-related homicides and suicides. Forensic Sci Int 1999;101:131–40.

121. Moug SJ, Lyle JA, Black M (2001) A review of gunshot deaths in Strathclyde – 1989 to 1998. Med Sci Law 2011;41:260–5.

122. Hirsch CS, Adelson L. A suicidal gunshot wound of the back. J Forensic Sci 1979;21:659–66.

123. Schyma C, Schyma P. Schuss ins Auge. Arch Kriminol 1996;197:155–64.

124. Prahlow JA. Suicide by intrarectal gunshot wound. Am J Forensic Med Pathol 1998;19:356–61.

125. Kirchner DB, Gaydos JC, Battigelli MC. Combustion products of propellants and ammunition. U: Deeter DP, Gaydos JC., ur. Occupational health: the soldier and the industrial base. Falls Church: Office of the Surgeon General, Department of the Army; 1993, str. 359-96.

126. Bernal E. Determination of Volatile Substances in Forensic Samples by Static Headspace Gas Chromatography. U: Salih B, Çelikbıçak O, ur. Gas Chromatography in Plant Science, Wine Technology, Toxicology and Some Specific Applications. InTech; 2012, str. 214.

127. Droghetti E, Focardi C, Nocentini M, Smulevich G. A spectrophotometric method for the detection of carboxymyoglobin in beef drip. Int J Food Sci Technol 2013;48:429-36.

128. Committee on Smokeless and Black Powder, National Research Council. Black and Smokeless Powders: Technologies for Finding Bombs and the Bomb Makers. Washington D.C.: National Academy Press; 1998, str. 14-37.

XI. ŽIVOTOPIS

Marija Baković, dr.med.
Zavod za sudsku medicinu i kriminalistiku
Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
Šalata 11, 10000 Zagreb
E-mail: mbakovic@mef.hr

ŽIVOTOPIS

Školovanje:

2010	početak specijalizacije iz sudske medicine na Zavodu za sudsku medicinu i kriminalistiku u Zagrebu
2008 – 2013	znanstveni poslijediplomski studij "Biomedicina i zdravstvo" na Medicinskom fakultetu u Zagrebu
2007	državni ispit pri Ministarstvu zdravstva
2000 – 2006	Medicinski fakultet u Zagrebu stečeni naslov: *doktor medicine*

Zaposlenje:

2008	znanstveni novak/asistent na Zavodu za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na projektu "Forenzička i antropološka obilježja stradalih u Domovinskom ratu", nositelj projekta prof. dr. sc. Davor Strinović
2006 – 2007	pripravnički staž u Klinici za dječje bolesti Zagreb

Jezici: engleski, njemački

Ostalo:

- predavač na kolegijima "Sudska medicina" i "Medicinska kriminalistika" na Pravnom fakultetu, Policijskoj akademiji i Stomatološkom fakultetu
- aktivna znanstvena djelatnost - sudjelovanje na projektu MZOS, sudjelovanja na znanstvenim skupovima
- član strukovnih udruga

Osobni podaci:

Datum rođenja: 15. rujna 1981., u Zagrebu