

EMISIONA SPEKTRALNA ANALIZA TRAGOVA METALA NA STRIJELNIM OTVORIMA

ZORA ŠTAJDUHAR

*Zavod za sudsku medicinu i kriminalistiku Medicinskog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu*

(Primljeno 20. VIII 1962)

Predložena je metoda za razlikovanje ulaznih i izlaznih strijelnih otvora pomoću spektrografskog određivanja bakra. Tragovi bakra na ulaznim strijelnim otvorima mogu poslužiti kao indikacija udaljenosti iz koje je metak ispaljen. Najveće količine bakra nađene su oko strijelnih otvora kad je metak bio ispaljen iz udaljenosti od 10 cm. Čim je udaljenost veća, manja je količina bakra oko strijelnog otvora, tako da pri pucanju iz udaljenosti od 40 cm gotovo i nema više tragova bakra oko otvora. To, dakako, ovisi i o vrsti materijala na koji se puca.

UVOD

Emisiona spektralna analiza primjenjuje se u sudskoj medicini i kriminalistici za ispitivanje različitih tragova metala na otvorima i ranama prouzrokovanim vatrenim oružjem. Takvi tragovi mogu nastati na ljudskom tijelu ili na određenim predmetima kao posljedica nekog inkriminiranog čina, pa dokazivanje, a eventualno i kvantitativno određivanje tih tragova može predstavljati značajan dio sudsko-medicinskog vještačenja. Spektralna emisiona analiza kao metoda za ispitivanje tragova metala zato je veoma korisna, jer razmjerno brzo daje sigurne rezultate s malenim količinama upotrebljenog analiznog materijala.

Sudsko-medicinski su najznačajniji tragovi metala na strijelnim otvorima, dakle na strijelnim ranama na tijelu ubijene osobe, te na strijelnim rupama na odijelu ili na drugim predmetima. Govori se o ulaznim i izlaznim strijelnim otvorima koji se redovito bitno razlikuju u pogledu onih kovinskih tragova koji se nađu na njima. Na ulaznim strijelnim otvorima mogu se taložiti kovine koje se nalaze u bilo kojem obliku u dimnim plinovima pri ispaljivanju metka (1-8). Ove čestice kovina ili njihovih oksida potječu: 1. iz eksploziva upaljača metka, 2. sa ruba čahure, gdje se otkidaju dijelovi metala pod utjecajem visoke

temperature pri izgaranju baruta, 3. nadalje iz ulja za čišćenje cijevi oružja, koje može sadržavati kovinske nečistoće, te konačno 4. sa površine zrna direktnim kontaktom zrna i tkiva.

Prvi puta je kemijskom metodom dokazano prisustvo metala i to olova godine 1912. na strijelnim otvorima na odjeći. Kasnije su i drugi autori na razne kemijske načine uspjeli dokazati razne metale na koži, odjeći i na različitim drugim materijama. Godine 1928. su prvi *Bayle* i *Amy* primijenili spektrografsku analizu u sudsko-medicinske svrhe (1).

METODE RADA

Spektrografsko određivanje metala na strijelnim otvorima vršeno je univerzalnim kvarcnim spektrografom tvrtke Zeiss. Kod toga su upotrebljene spektralno čiste ugljene elektrode tvrtke Ruhstrat-Göttingen i ugljene elektrode poljske proizvodnje kemijske tvornice u Gliwicama, a kao fotomaterijal upotrebljen je pankromatski negativni kinofilm tvrtke Ferrania osjetljivosti 19/10⁰ Din. Film je razvijen s rapidnim hidrokinnometolskim razvijanjem.

Ekspozicija pri spektrografskim snimkama bila je uvijek 2 minute za svaki spektar. Na jednu traku filma može se snimiti 6 spektara, pored skale za dužinu vala. Kod snimanja je kao orijentaciona linija uzeta linija ugljika i duolet bora. Fotometriiranje je izvršeno fotoelektričnim fotometrom tvrtke Zeiss, iznad mreže i iznad spektralne podloge.

U prvom nizu izvršeni su eksperimenti ispaljivanjem iz automatskih pištolja marke Parabellum kalibra 9 mm njemačke proizvodnje i TT kalibra 7,62 mm sovjetske proizvodnje.

Za pištolj TT upotrebljena je originalna sovjetska municija i municija domaće proizvodnje tvornice »Prvi partizan«, a za pištolj Parabellum samo ova posljednja.

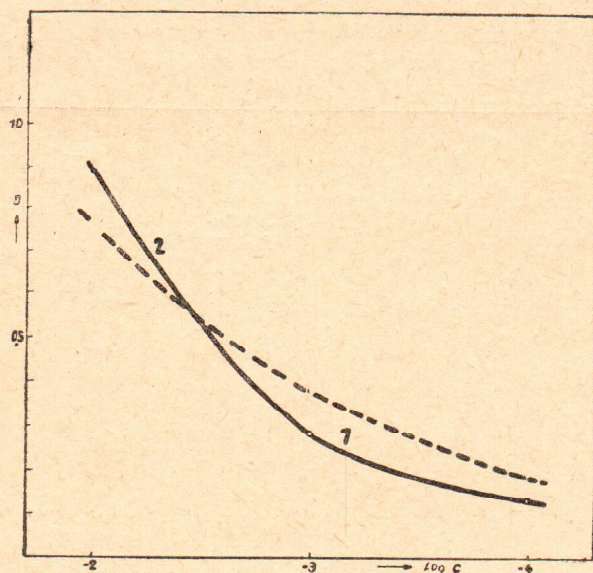
Naiprije su izvršena pokusna ispaljivanja samo s čahurama odnosno upaljačem na nekoliko puta složeni kancelarijski papir, a zatim na iste objekte sa čahurama iz koje je odstranjeno zrno, a ostao je samo barut, dok je čahura čvrsto začepljena nabijenim komadićem kancelarijskog papira i konačno oštrim mecima. Ova ispaljivanja vršena su iz neposredne blizine, iz udaljenosti od 5 cm, 10 cm i 20 cm. Na većim udaljenostima nisu ostajali nikakvi tragovi. Na taj je način ustanovljeno da se u strijelnom području nalazi najviše bakra, pa su dalja istraživanja bila usmjerena u pravcu tog metala, te je izvršen čitav niz kvantitativnih određivanja bakra. Za spektrografsku analizu upotrebljavani su solno-kiseli ekstrakti macerata materijala u koji se pucalo. Emisiona spektralna analiza vršena je uz upotrebu standardnih otopina bakrenog sulfata. Određena količina ove otopine je na donjoj elektrodi isparena utjecajem infracrvenog zračenja specijalne žarulje. Ova snimanja su vršena nakon ispaljivanja oštrog metaka iz spomenutih pištolja na papir, platno, tkaninu i ljudsku kožu iz neposredne blizine, udaljenosti

10, 20, 30 i 40 cm. Kod djelovanja sovjetskog pištolja TT nastajali su, bez obzira na materijal, mnogo jači tragovi zacrnjenja, nego kod pištolja Parabellum, a najjače zacrnjenje je nastajalo uvijek kod pucanja iz udaljenosti od 10 cm, dok su karakteristični izgled imali strijelni otvori nakon eksperimentiranja na polivinilu s vrlo slabim ogarenjem.

REZULTATI RADA

Pri izvedbi kvantitativnih spektrografskih određivanja tragova metala na ulaznim strijelnim otvorima postupilo se tako, da su se otopine snimale uvijek na iste filmove uz standardne otopine bakra. Na taj način dobivene su na snimkama jasno vidljive spektralne linije bakra u poznatim valnim dužinama (324,75 i 327,40 m μ), a kod fotometriiranja tih linija dobivene su gustoće zacrnjenja u granicama od $D = 0,1$ do $D = 1,0$.

Učinjene su snimke koje su pokazale da su linije bakra najjače izražene kod ispaljivanja metka iz udaljenosti od 10 cm, a njihov intenzitet smanjuje se povećanjem udaljenosti iz koje se puca. Ovo se uglavnom odnosi na oba pištolja.



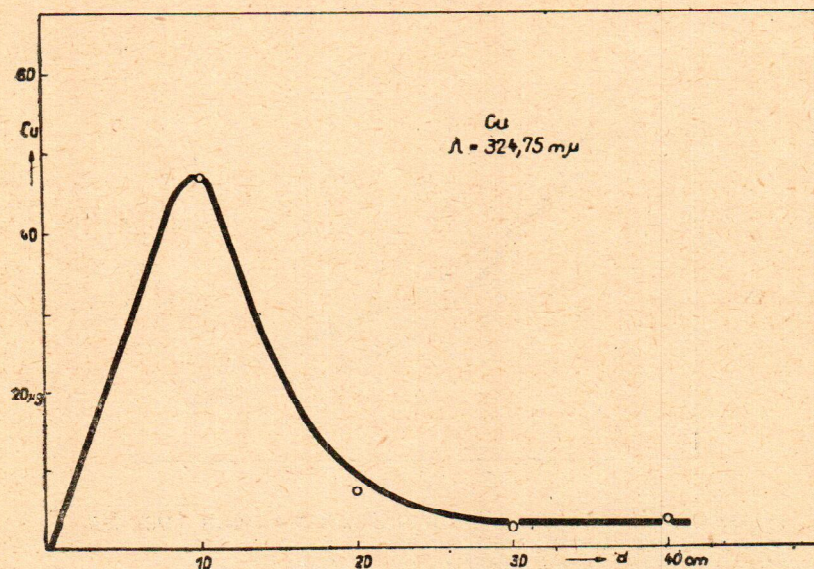
Sl. 1. Ovisnost gustoće zacrnjenja (D) o logaritmu koncentracije bakra (c).
 Krivulja 1, fotometriirano iznad mrene;
 Krivulja 2, fotometriirano iznad spektralne podloge.
 Vrijednosti D predstavljaju srednje vrijednosti od većeg broja određivanja.
 $\lambda = 327,40 \text{ m}\mu$.

Za dobivanje baždarnih fotometrijskih krivulja postojale su razne mogućnosti, ali je izabrana metoda rada fotometriiranja iznad mreže i iznad spektralne podloge.

Pri fotometriiranju iznad mreže služila je kao nultočka (G_0) gustoća zacrtnjenja neosvijetljenog dijela filma, a pri fotometriiranju iznad spektralne podloge gustoća zacrtnjenja samog spektra pokraj spektralne linije koja se fotometriira.

Slika 1 pokazuje krivulje koje se odnose na dužinu vala $\lambda = 327,40 \text{ m}\mu$. Krivulje s oznakama 1 dobivene su fotometriranjem iznad mreže, a krivulje s oznakama 2 fotometriranjem iznad spektralne podloge. Navedene baždarne krivulje služe za određivanje bakra na ulaznom strijelnom otvoru. Na baždarnoj krivulji određuje se grafičkom intrapolicijom vrijednost za logaritam koncentracije bakrenog sulfata, koja vrijednost odgovara, pri fotometriiranju spektralne linije, dobivenoj gustoći zacrtnjenja (D).

U prvoj seriji pokusa ispaljivani su metci na karton iz oba pištolja i iz navedenih udaljenosti. Budući da je u svim pokusima ustanovljeno da se pri ispaljivanju metka iz neposredne blizine ne talože na ulaznom strijelnom otvoru nikakvi tragovi kovina, može se na temelju ovih rezultata smatrati da se količina bakra na strijelnom otvoru porastom udaljenosti naglo povećava, a onda postepeno opada. Najveća količina elementarnog bakra dobivena je iz udaljenosti od 10 cm, a njezina apsolutna vrijednost iznosi skoro u svim slučajevima oko $60 \mu\text{g}$. Ovim pokusima je ustanovljeno, da se bakar upravo još može ustanoviti kada



Sl. 2. Ovisnost količine elementarnog bakra na strijelnom otvoru u mikrogramima o udaljenosti (d u cm) iz koje je pucano na karton.

su puca iz udaljenosti od 40 cm. Količina bakra iznosi u svim vokusima kad je pucano iz ove udaljenosti svega nekoliko mikrograma na cijelom strijelnom području (Sl. 2).

Kao drugi objekt na koji je pucano uzeta je gusta tamna tkanina, a rezultati koji su dobiveni odgovaraju otprilike rezultatima dobivenim na kartonu. Maksimalne količine bakra kreću se u granicama od 40 i 80 mikrograma, a pri pucanju iz udaljenosti od 40 cm ta se količina smanjuje na veoma niske vrijednosti od svega nekoliko mikrograma.

Izgleda da se količina bakra nešto povećava kad se puca na bijelo platno, a maksimalne količine elementarnog bakra kreću se pri izvedbi ovih pokusa u granicama od 90 do 150 μ g. Nakon pucanja iz udaljenosti od 40 cm, količina bakra se i ovdje smanjuje na svega nekoliko mikrograma.

Konačno je izveden veći broj eksperimenata na ljudskoj koži, koji, međutim, nisu dali tako pouzdane rezultate kao pokusi na drugim objektima. Ustanovljeno je, prije svega, da koža može sadržavati manje ili veće količine bakra, što ovisi o faktorima koji do sada još nisu potpuno razjašnjeni. Vidi se, na temelju eksperimenata, da količina bakra na ulaznom strijelnom otvoru varira u većem rasponu, a osim toga i pri ispaljivanju metka iz udaljenosti od 40 cm dobiju se razmjerno visoke vrijednosti za elementarni bakar na ulaznom strijelnom otvoru.

ZAKLJUČAK

Na temelju izvršenih spektrografskih snimaka i fotometrijskog određivanja gustoće zacrnjenja utvrđeno je da najviše bakra nalazimo na strijelnim otvorima, ako je pucano iz udaljenosti od 10 cm. Količina bakra nije bila svuda jednaka s obzirom na materijal na koji je puca- no, što ovisi o glatkoći, odnosno hrapavosti i vlažnosti materijala na kome se zadržavaju dijelci metala. Budući da ljudska koža ne može nikada biti potpuno suha, to se na njoj zadržava uvijek dosta tragova, pa i još nakon pucanja iz udaljenosti od 40 cm.

Opisani način rada može poslužiti za razlikovanje ulaznih od izlaznih strijelnih otvora, te za utvrđivanje približne udaljenosti iz koje je puca- no.

Literatura

1. Bayle, Amy: Ann. de Med. leg. 8 (1928) 525.
2. Schwarzacher, W.: Deut. Zeit. f. d. ges. ger. Med., 13 (1929) 226.
3. Kustanović, S. D.: Sudebnaja balistika. Gosjurisdad, Maskva 1956.
4. Buchtz: Deut. Zeit. f. d. ges. ger. Med., 18 (1932) 609.

5. Gerlach, W.: Deut. Zeit. f. d. ges. ger. Med., 22 (1933) 438.
6. Sannié, C.: Ann. de Med. leg., 19 (1939) 91.
7. Werner, O.: Angewandte Chemie, 65 (1953) 69.
8. Walker, J. T.: Am. J. Pol. Sc., 31 (1950) 497.

Summary

EMISSION SPECTRAL ANALYSIS OF TRACES OF METAL AT SHOT HOLES

A method for differentiating between the entrance and exit of shot holes is suggested on the basis of spectrographic determination of copper. It is shown that the amount of copper at the shot hole entrance can serve as an indication of the distance from which the shot was fired. The highest amount of copper around the hole is found when the shot is fired from a distance of 10 cm. The amount decreases as the firing distance increases, so that at a distance of 40 cm hardly any copper is found. This, however, depends upon the material at which the shot is fired.

*Institute of Forensic Medicine,
Medical Faculty, University of Zagreb,
Zagreb*

*Received for publication
August 20, 1962*