

Zapaljivo oružje

Vladimir Trkulja, Aleksandra Carić,
Ivica Matoš* i Zdravko Lacković

UDK 616.5-001.17:623.454.7

Prispjelo: 14. studenog 1991.

Zavod za farmakologiju Medicinskog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu i * Medicinski centar Vukovar

Ratna primjena zapaljivih sredstava u svrhu ubijanja i ranjavanja ljudi i uništenja materijalnih dobara bila je poznata još u drevnoj Kini. Tijekom I. svjetskog rata započeo je posebno intenzivan razvitak novog zapaljivog oružja i sredstava njihove primjene. Tvari poput napalma i bijelog fosfora imaju fizikalno-kemijske osobine koje im omogućuju spontanu zapaljivost (bijeli fosfor), dugo gorenje, oslobađanje velikih količina topline i otrovnih plinova pri sagorijevanju i sl. Izazivaju teške opekline, visok rizik

otrovanja i nastanak šoka. Specifičnosti u njezi ranjenika proizlaze iz potrebe prevencije i liječenja intoksikacije, te iz teškog općeg stanja ozlijeđenih. Intenzivnija uporaba zapaljivih ratnih sredstava redovito izaziva i masovna stradanja civilnog pučanstva.

U tekstu su iznesena i neka iskustva iz rada Medicinskog centra u Vukovaru vezana za ozljede nanosene zapaljivim oružjem.

Ključne riječi: zapaljivo oružje, opekline, otrovanja

»Prvi andeo zatrubi...Pojavi se tuča i oganj, smiješani s krvlju, i to bi bačeno na zemlju. Tad izgorje trećina zemlje, izgorje trećina stabala, izgorje sva zelena trava.«

(Otkrivenje, Novi Zavjet)

Protiv Hrvatske vodi se rat. Rat Davida i Golijata. Za razliku od Hrvatske, okupacijska vojska raspolaže širokim rasponom ubojitih sredstava uključivo i suvremeno zapaljivo oružje.

U izvještaju »Napalm i ostala zapaljiva sredstva, te aspekti njihove moguće primjene«, što ga je 1973. god. podnio generalni sekretar UN, zapaljiva ratna sredstva definirana su kao ona čiji se učinak zasniva na toplini i/ili plamenu oslobođenom u egzotermnim kemijskim reakcijama (15,16). Neka od njih sagorijevanjem oslobađaju i otrovne sastojke, a neka su i sama otrovi. Upotrebljavaju se za uništavanje ljudi i materijalnih dobara (19).

Vojna uporaba zapaljivih smjesa različitih smola bila je poznata još u drevnoj Kini (tzv. kineska vatra), Indiji i Egiptu, odakle se proširila u Europu. Stari Grci su

koristili zapaljive smjese katrana, sumpora i tamjana, a srednjovjekovni ratnici različite smjese sumpora, ulja, salitre i živog vapna. U 19. st. sačinjena je smjesa ugljena, parafina i asfalta, a 20.st. donosi ubrzani razvitak i novog zapaljivog oružja poput termita, elektrona, bijelog fosfora, i, najpoznatijeg, napalma. Istodobno su usavršavana i sredstva njihove primjene – zapaljivi meci, topovske, tenkovske i minobacačke granate, avionske bombe i bacači plamena. Zapaljivo oružje je široko korišteno tijekom I. i II. svjetskog rata, a napalm posebno u ratovima u Koreji i Vijetnamu. Uz veliku ubojitu moć pritom su se očitovale i druga bitna obilježja takvog oružja – neselektivnost prema civilnim ciljevima i potencijalne nesagledive ekološke posljedice njihove primjene (15, 16, 19).

U ovom preglednom članku pokušavamo prikazati osnovne osobine suvremenog zapaljivog oružja, navlastito njihov učinak na ljudski organizam i mjere prve pomoći.

BIJELI FOSFOR

Fizičko-kemijska svojstva. Bijeli se fosfor proizvodi grijanjem fosforita (fosforne rude), silicijeva dioksida (kremenog pijeska) i koksa u električnim pećima. Silicijev dioksid je izvor kisika za oksidaciju fosfora koji se u rudi nalazi u obliku apatita. Nastaje fosforni pentoksid kojega koks reducira u plinoviti elementarni fosfor, a taj se hlađenjem kondenzira u bijeli fosfor (elementarni fosfor). Od njega se dalje proizvodi crveni fosfor, fosforne kiseline i druge tvari (3, 14).

Bijeli fosfor je mekan poput voska i gotovo proziran. Pri 44,25 °C tali se u uljevitu tekućinu, a ključa pri 287 °C. No, već pri sobnoj temperaturi jako isparava. Burno reagira sa svim elementima osim ugljika, bora, silicija i plemenitih plinova. Na zraku se, pri 30 °C, spontano zapaljuje i gori bijelim plamenom.

Usitnjen, zapaljuje se već pri sobnoj temperaturi. Temeljem tog svojstva ubraja se u pirofore (spontano zapaljive tvari). Stoga se čuva u vodi u kojoj je netopljiv. Slabo se otapa u alkoholu, nešto bolje u eteru a najbolje u sumporougljiku. Topljiv je u mastima. Spora oksidacija bijelog fosfora izaziva svjetlucanje, a sagorijevanje povećava temperaturu zraka na oko 1300 °C. Pritom nastaje fosforni pentoksid koji izrazito navlači vodu (koristi se, inače, za sušenje plinova) i u toj reakciji nastaju ortofosforna i metafosforna kiselina. Sagorijevanjem nastaje gusti bijeli dim s mirisom na bijeli luk (3, 14, 19).

Vojna uporaba. Bijeli fosfor se rabi za zadimljavanje ili zapaljivanje, sam ili u kombinaciji s drugim zapaljivim sredstvima. Tako su npr. artiljerijske zapaljive granate punjene bijelim fosforom i termitom (3, 14, 19). Dodaje se i napalmu u svrhu poboljšanja zapaljivih svojstava (12, 19).

Učinci. Toplinska energija oslobođena sagorijevanjem bijelog fosfora izaziva teške opekline (redovito su zahvaćeni dublji slojevi), posebno kad, u mastima topljiv, raspršeni bijeli fosfor prodre u tkiva (3, 12, 14, 19). Takve je čestice gotovo nemoguće u potpunosti kirurški odstraniti (12). Stanje opekline pogoršava lokalno toksično djelovanje fosfora (nekada se primjenjivao za uništavanje glodavaca) i produkata njegova sagorijevanja (kiseline). Rana je bolna, dimi uz specifičan miris i svjetluca u mraku. Podložnija je infekcijama od opekline drugog uzroka te teže cijeli (3, 14, 19). Udisanje vrućeg zraka i dima pri gorenju bijelog fosfora može izazvati opekline gornjih dišnih putova, pa čak i akutni respiratorni distress sindrom (ARDS). No, na taj se način, kao i lokalnom resorpcijom kroz kožu, može izazvati opće otrovanje fosforom s akutnom jetrenom nekrozom. Opasno je udisati i pare nezapaljenog bijelog fosfora (3, 19).

Endokrinološke promjene (pojačano lučenje ACTH, GH, ADH, glukagona, mobilizacija katekolamina iz srži nadbubrežne žlijezde te aktivacija renin-angiotenzin-

skog sustava), metaboličke promjene (utrošak glukoze i negativna bilanca dušika uz gubitak težine), te hipovolemijski opeklini šok, razvijaju se kao i kod drugih opekline (8). Razlika je u tome što kod fosfornih opekline šok nastaje već pri zahvaćenosti 10% površine tijela odrasla čovjeka (12, 19). Toplinom uzrokovana hemoliza s hemoglobinurijom prati teže opekline. Opisani su slučajevi teških hemoliza s hemoglobinurijom i hematurijom (8, 19). Pritom je određenu ulogu imao i bakar. Bakreni sulfat se, naime, koristi u lokalnom liječenju fosfornih opekline u cilju neutralizacije fosfornih kiselina, a zna se da može oštetiti eritrocitnu membranu (7, 19). Hematurija ukazuje na pojavu oštećenja bubrega. Patofiziološki mehanizmi pri tome su višestruki. Hipovolemija s hipoperfuzijom uzrokuje akutno prerenalno zatajivanje bubrega sa oligurijom. Akutno intrarenalno zatajivanje bubrega uzrokuje akutna tubularna nekroza ili cirkulacijski poremećaj. Akutnu tubularnu nekrozu obilježava nekroza epitelnih stanica proksimalnih tubula, dok bazalna membrana ostaje neoštećena (4). Hemoglobin iz liziranih eritrocita i mioglobin iz ozlijeđene muskulature koji, kada se zasiti kapacitet vezanja za haptoglobin, bivaju izlučeni bubrezima, nemaju izravno toksično djelovanje, ali stvaraju intratubularne nakupine i izazivaju nekrozu, vjerojatno potpomognuti hipoksijom (4, 8). Pitanje je imaju li bakar i fosfor izravne toksične učinke (17). Dugotrajnija hipoperfuzija dovodi do tzv. cirkulacijskog intrarenalnog zatajivanja uz masivnu nekrozu epitela i bazalne membrane duž cijelog nefrona, posebno u distalnim tubulima. Diseminirana intravaskularna koagulacija pridonosi hipoksiji i mehaničkoj lizi eritrocita (4, 8).

Smanjeno izlučivanje fosfata bubrezima, oslobađanje fosfata iz liziranih stanica i izloženost organizma neoraganskom fosforu, izazivaju hiperfosfatemiju, povišenje ionskog umnoška ($Ca^{++} \times Pan$) s pojačanim odlaganjem $Ca_3(PO_4)_2$ u kosti i meka tkiva, posebno perivaskularne prostore bazalnih ganglija. Nastaje hipokalcijemija (18). U eksperimentalnim su modelima opisani slučajevi nagle smrti uslijed kardijalnog aresta nakon fosfornih opekline (1). Hipokalcijemija, povećavajući podražljivost živčanog sustava, izaziva tetaniju (karpopedalni spazam, laringospazam i bronhospazam, konvulzije), a rijetko je tako izrazita da bi izazvala kardijalni arrest. Čovjek, naime, prije umre od tetanije (18). No, u kombinaciji s hiperkalijemijom i acidozom takav je učinak moguć. Hipokalcijemija uzrokuje produženje električne sistole (Q – T intervala), a hiperkalijemija hiperpolarizaciju membrane s usporenim provođenjem (produžen QRS) (18). Acidoza djeluje negativno inotropno jer H^+ kompetira sa Ca^{++} za vezno mjesto na troponinu C (10). Hiperkalijemija nastaje zbog smanjenog izlučivanja K^+ bubrezima, oslobađanja iz liziranih stanica i acidoze (istiskivanje kalija iz stanica). Može izazvati kljenut poprečno-prugaste

muskulature i ileus. Acidoza je posljedica smanjenog izlučivanja H^+ bubrezima te hipoksije (metabolička). Izaziva plućnu hipoperfuziju (vazokonstrikcija), te vodi poremećaju svijesti sve do kome (11).

Bijeli fosfor, dakle, osim teških opekline u stradalnika izaziva i metaboličke i elektrolitske poremećaje koji su ponešto drugačiji od onih pri opeklinama druge etiologije.

Prva pomoć. Vatra izazvana bijelim fosforom gasi se ometanjem dovoda kisika vodom, pijeskom, zemljom, zamatanjem u tkanine i sl. (3, 14, 19). Radi li se o mješavini s termitom, ti su postupci neuspješni. Termit je, naime, smjesa raznih metalnih oksida (vidjeti kasnije) koji sagorijevaju i bez nazočnosti kisika. U njegovu gašenju voda se ne smije upotrebljavati jer rasplamsava vatru. Pri temperaturama nastalim gorenjem termita (oko 2500 °C), sagorijeva, naime, i vodik (19).

Mjere prve pomoći i kasnijeg liječenja slične su kao pri opeklinama druge etiologije, i to prelazi okvire ovog članka. Treba samo istaknuti specifičnosti. Nužno je ukloniti vidljive krhotine, a u transportu opeklinu stalno vlažiti da ne bi došlo do novog samozapaljivanja fosfora. Treba što prije započeti s ispiranjem opeklina 5%-tnom otopinom natrijeva bikarbonata ili 3% bakrenog sulfata koji neutraliziraju fosforne kiseline i sprečavaju intoksikaciju. U reakciji s bakrenim sulfatom nastaje plavocrni bakreni fosfid koji sprečava daljnju oksidaciju i lako je vidljiv (što olakšava kiruršku obradu). Nakon ispiranja bakrenim sulfatom opeklinu treba dodatno isprati fiziološkom otopinom i nipošto se, zbog mogućnosti otrovanja bakrenim sulfatom, ne smije vlažiti zavoj. Ako prijevoz traje duže od 12 sati, preporučuje se opeklinu obilno pokriti lokalnim antimikrobnim lijekovima radi sprečavanja proliferacije mikroba (9). Dobro je usta ispirati vodom (19).

Pri odstranjivanju krhotina tijekom prve pomoći, a i tijekom kirurške obrade koju je potrebno učiniti što prije, treba voditi računa o samozapaljivosti bijelog fosfora. Izvadene komadiće treba staviti u vodu i nipošto se ne smiju rabiti zapaljivi anestetici.

Veći rizik infekcije i nastanka šoka poremećaja elektrolita i sl. zahtijevaju odgovarajuće postupke.

NAPALM

Fizičko-kemijska svojstva. Od suvremenih oružja za primjenu zapaljivih sredstava među prvima su se, u tijeku I. svjetskog rata, pojavili bacači plamena (19). Kao gorivo je korištena nafta, petrolej, motorno ulje, i, posebno, benzin (12, 19). Prednost je njegova mala molekulska masa i stoga bolja zapaljivost. Benzin je smjesa ugljikovodika s različitim brojem C atoma, pa se, s obzirom na sastav, razlikuju tzv. laki, srednji i teški benzin. Talište im, shodno tome, koleba od 0 do 200 °C. Pri visokim temperaturama dolazi do lomljenja većih

molekula u hlapljivije i zapaljivije, s manjim brojem C atoma. Tako pri temperaturama višim od 1000 °C najviše nastaje plinoviti, zapaljivi i eksplozivni metan (CH_4), te atomi ugljika i vodika (9). Loše je svojstvo benzina to da je hlapljiv, te gori kratko, uz bljesak plamena (12, 15, 16). Benzin je, kao i nafta i spomenuta naftna ulja, njutnovska tekućina (12). Ponaša se, naime, u skladu s Poiseuilleovim zakonom o protoku tekućina kroz cijev. Zato je izbacivanjem iz bacača plamena ostvaren domet od samo dvadestak metara uz izrazitu nepreciznost (rasap) (12).

Fieser je 1942. god. pokušao poboljšati svojstva benzina za ovu namjenu (12). Dodao mu je aluminijeve soli naftenskih i viših masnih kiselina, palmitinske i oleinske (tzv. monokarbonske kiseline) (2, 12, 13, 19).

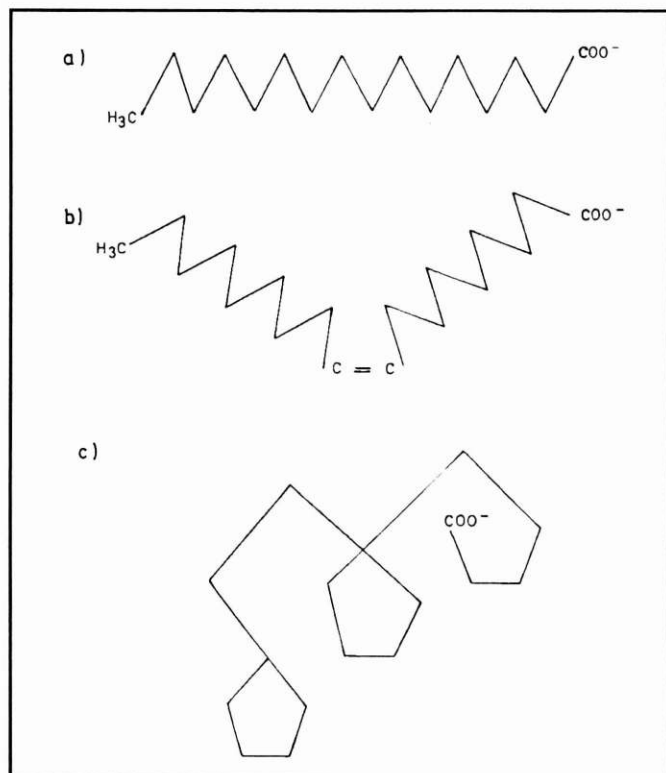
Palmitinska kiselina $/CH_3(CH_2)_{14}COOH/$ je zasićena masna kiselina, široko rasprostranjena, posebno u životinjskim mastima (9, 12). Kruta je, prozirna i goriva tvar. Njezine soli s alkalnim metalima (npr. aluminijem) su, zapravo, lužnati sapuni. Imaju sikativno djelovanje, tj. ubrzavaju oksidativnu polimerizaciju sušivih ulja, pa od njih nastaju elastične i otporne prijanjajuće smjese. Zbog izrazite ioniziranosti molekula, i kiselina i soli su nehlapljive (10). Oleinska (uljna) kiselina $/CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7CH_3/$ je najrasprostranjenija od masnih kiselina, te lako dostupna, prije svega iz biljnih ulja.

Ona je nezasićena (dvostruka veza), a njezine metalne soli su također lužnati sapuni sa sikativnim djelovanjem (10).

Naziv naftenske kiseline koristi se za kompleksne smjese sačinjene od karbonskih kiselina, ravnih i razgranatih alifatskih kiselina, alkil-derivata ciklopetana i cikloheksana i derivata alifatskih kiselina. Dobivaju se alkalnim ispiranjem naftnih frakcija, te su dostupne u velikim količinama. Soli s alkalnim metalima su nehlapljivi lužnati sapuni sa sikativnim djelovanjem (10).

Kako su sve ove soli netopljive u benzinu, Fieser je, dodajući ih, zapravo od čiste tekućine (benzin) načinio disperzijski koloid. Naime, u disperzijskom sredstvu (benzin) raspršio je čestice disperzne faze (soli). Da bi u tome uspio, morao ih je prethodno usitniti (6). Na taj je način povećao viskoznost benzina, a smanjio mu površinsku napetost. U dinamičkom smislu, od njutnovske tekućine je načinio nenjutnovsku koloidnu suspenziju soli (sapuna) u benzinu. Ova je suspenzija pokazala svojstva koja imaju i mnogi drugi koloidni sistemi (6). Naime, uz lagano miješanje na sobnoj temperaturi ubrzo je prešla u gel-stanje (12, 19). Stvaranju gela posebno su skloni koloidi koji sadrže nitaste makromolekule, a tvari koje je upotrijebio Fieser sadrže u određenom omjeru i razgranate i nerazgranate, te zasićene i nezasićene ugljikovodike, čime se omogućilo prostorno organiziranje koje je dovelo do stvaranja mrežaste strukture gela (6, 12). Disperzno sredstvo (benzin) je uklopljeno

u slobodne međuprostore (6). Shematski prikaz lanaca primijenjenih ugljikovodika prikazuje sl.1.



SLIKA 1.

Shematski prikaz razmjesta ugljikovih atoma u lancima kiselina upotrijebljenih u spravljanju napalma, a) ravni lanac palmitinske kiseline, b) oleinska kiselina – cis oblik, c) model ciklopentanske kiseline, u sastavu naftenskih kiselina, sa spiralnim razmještajem ugljikovih atoma.

FIGURE 1.

Schematic representation of carbon atom distribution in the chains of acids used in the formulation of napalm, a) straight chain of palmitic acid, b) oleic acid – cis form, c) model of cyclopentane acid contained in naphthenic acids with helical distribution of carbon atoms.

Fieser je, dakle, upotrijebivši široko rasprostranjene i dostupne tvari, aluminij palmitat ($C_{15}H_{35}COO$) $3Al$, aluminij oleat $/CH_3(CH_2)_7CH = CH(CH_2)_7CH_3COO/3Al$, i aluminij naftenat, koji se i inače koriste u industriji sapuna, boja, za zgušnjavanje mazivih ulja itd., i dodavši ih benzinu u količini od 5 do 12% ukupne mase gotovog produkta, načinio gelatinizirani benzin (9, 2, 12, 13, 19). Nazvao ga je napalm (od Naftenat – PALMitat) (12). Postupak je jednostavan, a dobivena bjelkasta smjesa je vrlo stabilna (desetljećima ne mijenja svojstva), otporna na tlak, te visoke i niske temperature (12). S obzirom na ioniziranost molekule i strukturu gela, onemogućeno je hlapljenje (10). Povećana ioniziranost i molekulska masa su, doduše, povisili talište (toplinska postojanost), ali je s druge strane postignuto duže gorenje (veće molekule) i prijanjanje za

podlogu (10, 12). Gel je pokazao zanimljivo svojstvo da pri djelovanju sila smicanja postaje manje viskoznan, pa pri potisku iz bacača plamena dobiva veliku početnu brzinu (12). Kada se te sile smanje, kao pri otvoru cijevi, viskoznost napalma se poveća i on ponovo poprima oblik gela, tako da iz cijevi velikom brzinom izlazi goruća nit što omogućuje precizno pogađanje i na odstojanju od 130 – 150 metara (12).

Naziv napalm se uvriježio i za druge oblike gelatiniziranog benzina. Jednostavniji se oblici mogu prirediti na terenu, od gotovog praha aluminij naftenata i palmitata i benzina u omjeru 1:1:18 (19). Takav je napalm nestabilan i mora se upotrijebiti u roku dva dana (19). Dodati se može, npr. piljevina, razne smole ili asfalt (dugi ugljikovodični lanci), da bi se produžilo vrijeme gorenja (2, 13, 19). U nekim oblicima napalma za stabilizaciju se, umjesto oleata primjenjuje aluminij stearat. Neki oblici sadrže i natrijev palmitat (13). Ako se sapuni prirede s inkorporiranim zrakom, bivaju lakši (rjeđi) od vode (tzv. plivajući sapuni), pa se može postići sposobnost gorenja na vodi (10). Suvremeniji je pripravak tzv. napalm B koji se sastoji od polistirena, benzena i benzina, a ima svojstva posve slična Fieserovom napalmu (2, 12). Gorenjem napalma povisuje se temperatura zraka na oko $2000^{\circ}C$, a to dijelom ovisi i o temperaturi okoliša. Pritom nastaju velike količine ugljičnog monoksida i dioksida, kao uostalom i pri gorenju benzina (2, 12, 13, 18).

Vojna uporaba. Osim bacača plamena, napalm se koristi u raznim oblicima avionskih bombi i artiljerijskih projektila. U takvim sustavima potrebno je osigurati izvor topline koji će napalm zapaliti te ga raspršiti na veće područje. Obično se radi o eksplozivnom punjenju TNT-om, uz dodatak bijelog fosfora. Eksplozijom raspršeni i zapaljeni napalm nosi sa sobom i čestice zapaljivog fosfora. U neke se projekte napalmu dodaje hiperoksid koji izaziva jaku detonaciju (2, 12, 13, 19).

Učinci. Ljepljivi zapaljeni napalm izaziva opekline koje redovito zahvaćaju i dublje slojeve, fascije, mišiće, čak i kost (2, 13). Ako je nazočan i bijeli fosfor, to komplicira opeklinu (vidjeti prije). U korejskom ratu je 41% ozlijeđenih imalo opekline lica, 33,3% šaka, a 61,3% i lica i šaka, dakle otkrivenih dijelova tijela (19). Opasnost opeklina dišnog sustava, te sistemske endokrinološke, metaboličke, elektrolitske i cirkulatorne promjene istovjetne su onima kod bijelog fosfora. Zahvaćenost 2-3% površine tijela, ako je opeklina na licu ili na vratu, odnosno 10% površine tijela ako je opeklina na trupu, izaziva šok s akutnim zatajenjem bubrega (2, 12, 19). Moguće je otrovanje fosforom, no značajnija je opasnost otrovanja sa CO i CO₂. Ugljični monoksid, zbog većeg afiniteta (oko 200 puta), zauzima mjesto kisika na hemoglobinu, smanjujući sposobnost prijenosa kisika na periferiju, a smanjuje i njegovo otpuštanje u tkiva (povećani afinitet Hb – O veze, pomak disocijacijske krivu-

lje ulijevo). Ugljični monoksid oštećuje i funkciju citokrom oksidaza, ali samo u velikim koncentracijama, pa čovjek prije umre od ostalih učinaka (5). Kada 40 – 50% Hb prijeđe u karboksi-oblik (HbCO), nastupa smrt zbog paralize disanja i/ili zatajenja srca (5). Znaci početnog otrovanja su pospanost, zujanje u ušima, gubitak mišićne snage, tahikardija, a zatim mučnina, povraćanje i gubitak svijesti. Udisanje CO₂ izaziva hiperkapniju s hipoksijom. Razvija se acidoza i centralna depresija disanja (visok pCO₂), te intracerebralna vazodilatacija s rizikom moždanog edema (11). Javlja se glavobolja, vrtoglavica, tahikardija, povišenje tlaka, zatim dispneja, cijanoza, te konvulzije i gubitak svijesti. Zračni blast od detonacije također može izazvati ozljede, no upravo ovi plinovi i toplinsko zračenje predstavljaju glavnu opasnost u naseljenim mjestima (12, 13). Potencijalno, uporaba napalma u sustavnim bombardiranjima može biti ubojitija od atomskog oružja (12). Mogu se izazvati vatrene oluje pune dima i CO i CO₂ uz jak toplinski val. Drži se da je u takvim bombardiranjima Japana u II. svjetskom ratu poginulo više ljudi nego od atomskih bombi (12). U njemačkim je gradovima u takvim napadima 70 – 83% poginulih stradalo upravo od asfiksije, a koncentracija CO u zatvorenim prostorima, posebno skloništima, dosezala je čak i do 95% (12). Toplinska iscrpljenost, toplinski udar i dehidracija, redovita su pojava u takvim situacijama (8, 12). Opisan je i fenomen tzv. Bombenbrandschrumpfleichen – tijela smanjenih uslijed ekstremne dehidracije (12). U medicinskom smislu, radi se o katastrofi koju je gotovo nemoguće nadvladati. Prema svjedočenjima američkih pilota iz korejskog i vijetnamskog rata, napalm je izazivao veća materijalna razaranja i psihološke učinke na neprijateljske vojnike i civile nego bilo koje drugo oružje (15, 16).

Prva pomoć. Napalm za sagorijevanje treba kisik iz atmosfere, pa se može gasiti kao i bijeli fosfor (19). Zbrinjavanje i liječenje stradalih od opekline, blasta ili toplinskog udara obavlja se na uobičajen način, a specifičnost je u tome da je otrovanje plinovima redovito, u većoj ili manjoj mjeri, pa na disanje treba posebno obratiti pozornost (12). Goreći napalm se ne smije mehanički skidati s opeklina, jer se tako može povećati njezina površina (19). Postoje li znaci da je opekline kontaminirana fosforom, treba primijeniti odgovarajuće postupke (vidjeti prije).

TERMIT, ELEKTRON I DRUGA ZAPALJIVA SREDSTVA

Termit je smjesa raznih metalnih oksida (Al, Mg, Zn, Fe) pa sadrži kisik potreban za sagorijevanje. Ubraja se u tzv. pirotehnička sredstva, a prvi put je primijenjen u I. svjetskom ratu. Upotrebljava se za punjenje avionskih bombi ili artiljerijskih projektila, sam ili u kombi-

naciji s npr. bijelim fosforom. Gorenjem se temperatura zraka povisuje na oko 2500 °C, te dolazi i do raspršivanja metalnih čestica.

Vrlo mu je sličan elektron, legura aluminija i magnezija u prahu koja također gori neovisno o kisiku iz atmosfere, uz podizanje temperature zraka na oko 3000 °C (19).

Neki metali, poput **barija** i **magnezija** u obliku nitrata, spontano su zapaljivi na zraku (pirofori), pa se koriste u zapaljivim mecima. Takva se sredstva koriste za izazivanje požara, jer sama ne gore dugo poput napalma, pa su stradanja ljudi, uglavnom, indirektna (19).

NEKA ISKUSTVA SA ZAPALJIVIM ORUŽJEM U RATU PROTIV HRVATSKE

U dosadašnjem tijeku rata protiv Hrvatske federalna armija razmjerno je često koristila pojedine vrste zapaljivog oružja, npr. svjetleće i zapaljive metke. Razornija zapaljiva sredstva, kao što su granate i bombe punjene napalmom i sl., korištena su, prema izvješćima Hrvatske televizije i drugih sredstava javnog priopćavanja, u okolici Zadra, u Osijeku i u Vukovaru. No, koliko je nama poznato, jedino su u Bolnici u Vukovaru do sada zabilježeni i obrađivani ranjenici u kojih su ozljede bile izazvane zapaljivim sredstvima. Međutim, ta je bolnica razrušena i okupirana od strane srpskih snaga koje su zaplijenile i cjelokupnu medicinsku dokumentaciju. Stoga neka iskustva sa zapaljivim oružjem iz te Bolnice iznosimo na osnovi sjećanja.

Svi ranjenici s opeklinama, primljeni u Vukovarsku bolnicu, mogli bi se podijeliti u dvije skupine:

1. ranjenici stradali u požaru izazvanom zapaljivim oružjem. U Bolnicu je primljeno desetak takvih ranjenika, koji su i zadržani na liječenju. Većina ranjenika bila je iz dijela grada zvanog Olajnica. Prema njihovim iskazima, ili iskazima očevidaca, radilo se o granatama koje su dolazile u stanove ili skloništa i odjednom izazivale vrlo intenzivan požar za koji na tim mjestima inače nije bilo razloga (zalihe benzina ili drugih naglo izgarajućih tvari). Pri padu ovih projektila topio se asfalt a gorjeli su čak i betonski zidovi. Na osnovi toga držimo da se vjerojatno radilo o napalmu. Dio stradalnika je izgorio, te nisu niti primljeni u Bolnicu. U primljenih bolesnika radilo se o opeklinama uglavnom po otkrivenim dijelovima tijela. Opeklina su bile od prvog do trećeg stupnja. Samo u dva bolesnika radilo se o opeklinama trećeg stupnja, i to uglavnom na šakama.

Jedan od najtežih slučajeva i jedini s fatalnim ishodom bio je bolesnik V.L., star 72 godine. Granata mu je zapalila kuću početkom listopada. Izvukli su ga susjedi, te je prebačen u Bolnicu. Pri prijemu je bio pri svijesti sa znacima šoka. Opečeno mu je bilo lice, tako da se vidjelo hrskavično tkivo na uskama. Opečen je bio i vrat, prsište, obje ruke u cijelosti, a najviše šake (3. stupanj),

s kojih se koža skinula poput rukavice. Zadržan je na liječenju do 19. listopada kada je, uz infuziju, transportiran konvojem Liječnika bez granica. Umro je pri transportu koji je trebao trajati nekoliko sati, a trajao je više od 24 sata.

2. Ranjenici u kojih je nedvojbeno da su rane izazvane izravnim djelovanjem zapaljivog oružja. U tih bolesnika opekline su bile smještene primarno na otkrivenim dijelovima tijela: licu, vratu i rukama. U pojedinih ranjenika radilo se o vrlo sitnim ali multiplim opeklinama 2. do 3. stupnja. U civilnoj, mirnodopskoj Bolnici u Vukovaru, bez prijašnjih sličnih iskustava i s oskudnim anamnestičkim podacima, nije bilo moguće točno utvrditi o kojem se zapaljivom sredstvu radi. Na osnovi izgleda ovih opeklina mislimo da se u većini slučajeva nije radilo o napalmu, već o sitnim česticama bijelog fosfora ili o nekom drugom sredstvu koje je bilo eksplozijom raspršeno u sitne čestice koje su do primitka u Bolnicu posve izgorjele. Sjećamo se tri takva tipična bolesnika:

B.D., 17 godina; kolima hitne pomoći dovezen je u bolnicu u listopadu. Opekline je zadobio u blizini benzinske crpke na Mitnici, gdje je pala zapaljiva granata. Bolesnik je imao brojne točkaste opekline (do 4 milimetra promjera, crne boje s okolnim crvenilom kao u opekline 1. stupnja) po licu, vratu i rukama, te je izgledao kao da je posut paprom. Uz to, osjećao je bol u očima i nije vidio. Zadržan je u Bolnici dva tjedna.

I.S., bolesnica od oko 20 godina. Primljena je u bolnicu početkom listopada, kada je zapaljiva granata pala kraj njezinog skloništa. Imala je opekline lica, vrata, prsišta, te znakove opeklina dišnih putova: otežano disanje, promukao govor, bol u dušniku. Radilo se, kao i u prethodnom slučaju, o multiplim točakstim opeklinama, koje su, međutim, više konfluirale, posebice na licu. Smještena je u šok-sobi i zadržana u Bolnici 5 – 6 tjedana.

K.Ž., 22 godine, ranjen početkom listopada, na položaju, nakon eksplozije zapaljive granate. Zadobio je kombiniranu termičku i mehaničku ozljedu. Uz krhotinu granate koja je probila prsište, bolesnik je imao otvoreni prijelom nadlaktice u visini anatomskog vrata humerusa, zatvorni prijelom lijeve podlaktice, te opekline lica, desnog ramena i većeg dijela strane prsišta. Opekline su bile multiple, promjera od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara, tamnosmeđe, gotovo crne boje, neravne površine, nepravilnog, često kapljastog oblika. Rubovi su bili izrazito crvene boje. Kapljasti oblici ukazuju na to da se možda radilo o ozljedama napalmom. U trenutku prijema bio je pri svijesti, a u Bolnici je zadržan oko 2 tjedna. Konvojem Liječnika bez granica evakuiran je na slobodni teritorij Republike Hrvatske.

U uvjetima rada u skloništima, u neprijateljskom okruženju, bez mogućnosti evakuacije, nije bilo mo-

gućnosti izolacije i pune sterilnosti, a i mogućnosti laboratorijskih analiza bile su vrlo ograničene. Radi potrebe nadoknade tekućine, u opečenih je bolesnika svakodnevno mjerena diureza i određivana specifična težina mokraće, te su brojani eritrociti i određivan hematokrit. Ovisno o navedenim pokazateljima, veličini opečene površine i općem stanju, bolesnici su dobivali infuzije glukoze i elektrolita. Svi su dobivali antibiotike (najčešće garamicin i penicilin) i analgetike (od acetilsalicilne kiseline do pentazocina) po potrebi. Lokalno, nakon nekrektomije, primjenjivana je vazelinska gaza i antibiotici /Stanicid gaza (fucidinska kiselina) i sl./ . Na kožu lica stavljana je Dermazin mast (srebrni sulfadiazin), dok su postojale zalihe. Ozljede očiju obrađivali su okulisti, ispiranjem, lokalnim anestetima i antibioticima i sl. U Bolnici nije nijedan Bolesnik s opeklinama preminuo.

RASPRAVA I ZAKLJUČAK

Kako je prikazano u ovom preglednom članku, suvremeno zapaljivo oružje zasniva se na fizičko-kemijskim svojstvima raznovrsnih tvari i djeluje vrlo razorno. Dubina i težina nastalih opeklina povezana je s koncentracijom i s dužinom izloženosti tkiva zapaljivom sredstvu. Stoga je hitno pružanje prve pomoći, navlastito hitno propisno gašenje, od presudne važnosti. Smatra se da su to jedine opekline koje zahtijevaju neodgodivu njegu rane (9).

Pri uporabi zapaljivog oružja gotovo je nemoguće izbjeći stradanja civila. S obzirom na to, i na težinu ozljeda koje izazivaju, potpuna zabrana njihova korištenja bila je predložena još na Ženevskoj konvenciji 1932./33.g.(15, 16). Nakon toga je pitanje potpune ili djelomične zabrane raspravljano u više navrata u raznim međudržavnim i ekspertnim komisijama pri UN. Nažalost, unatoč brojnim inicijativama Međunarodnog crvenog križa, UN i raznih mirovnih pokreta, taj problem ni do danas nije u potpunosti razriješen (15, 16).

Objektivne spoznaje o mehanizmima nastanka bolesti, ozljeda i sl. osnova su današnje znanstvene medicine, racionalno polazište liječenja itd. Pancirna zrna, projektili mekog vrha, VX bojni otrov ili zapaljivo oružje u normalno vrijeme mira pojmovi su većini liječnika jedva razumljivi. Nažalost, hrvatski liječnici danas rade u vrijeme kad su i takva znanja postala važna. Iskustva liječnika iz Vukovarske bolnice potvrđuju da primjena zapaljivog oružja predstavlja izuzetan rizik za civile, navlastito u zatvorenim prostorima (stanovi, skloništa), te složenost i težinu lokalnih ozljeda i sistemskih poremećaja u stradalih osoba. No, još izrazitije potvrđuju činjenicu da požrtvovni i racionalni postupci i u najtežim uvjetima rada donose povoljan ishod liječenja.

LITERATURA

1. Bowen TE, Whelan TJ, Nelson TV. Sudden death afther phosphorus burns: experimental observations and hypocalcaemia, hyperphosphataemia and ECG abnormalities following production of a standard white phosphorus burn (Abstract). *Ann Surg* 1971; 174: 779 – 84.
2. Brophy LP. Napalm. U: *Encyclopaedia Britannica*. Chicago: W. Benton (Encyclopaedia Britannica Inc.) 1963; 16: 72.
3. Curtis HA. Phosphorus. U: *Encyclopaedia Britannica*. Chicago: W. Brnton (Encyclopaedia Britannica Inc.) 1963; 17: 780.
4. Duraković Z, Gašparović V, Ivanović V, Gjurašin M. Bubrežna insuficijencija. U: Gamulin S, Marušić M, Krvavica S, urednici: *Patofiziologija*. Zagreb: JUMENA, 1988; 932 – 42.
5. Gamulin S. Stečene hemoglobinopatije. U: Gamulin S, Marušić M, Krvavica S, urednici: *Patofiziologija*. Zagreb: JUMENA, 1988; 115 – 16.
6. Hankonyi V, Ondrušek V. Izabrana poglavlja fizikalne kemije. Zagreb: Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1990; 91 – 105.
7. Labar B, Jakšić B. Stečene hemolitičke anemije zbog ekstrakorpuskularnih poremećaja. U: Jakšić B, Labar B, Grgičević D, urednici: *Hematologija i transfuziologija*. Zagreb: JUMENA, 1989; 371 – 2.
8. Montani Đ. Patofiziološke posljedice opekotina. U: Gamulin S, Marušić M, Krvavica S, urednici: *Patofiziologija*. Zagreb: JUMENA, 1988; 649 – 50.
9. NATO. Hitna ratna kirurgija. Glavni stožer saniteta Republike Hrvatske, Zagreb 1991.
10. Noller RC. *Chemistry of organic compounds*. New York : WB Saunders Company, 1961; 33 – 4; 147 – 67; 179 – 92; 355 – 6; 553 – 95; 839 – 97.
11. Popović S. Poremećaji acidobazne ravnoteže. U: Gamulin S; Marušić M, Krvavica S, urednici: *Patofiziologija*. Zagreb: JUMENA, 1988; 317 – 19.
12. Reich P, Sidel VW. Current concepts. Napalm. *N Engl J Med* 1967; 227: 86 – 8.
13. Sindelić S. Napalm. U: *Vojna enciklopedija*. Beograd: Vojnoizdavački zavod, 1973; 5: 709.
14. Smole F. Bijeli fosfor. U: *Vojna enciklopedija*. Beograd: Vojnoizdavački zavod, 1973; 3: 30.
15. Stockholm International Peace Research Institut. The law of war and Dubious weapons. Stockholm: SIPRI Yearbook 1973; 133 – 64.
16. Stockholm International Peace Research Institut. World Armaments and Disarmament. Stockholm: SIPRI, 1976; 63 – 70. phosphorus burns and massive hemolysis (Abstract). *J Traum* 1967; 7: 476 – 84.
18. Vukičević S, Marušić A. Poremećaji prometa kalcija, fosfata i magnezija. U: Gamulin S, Marušić M, Krvavica S, urednici: *Patofiziologija*. Zagreb: JUMENA, 1988; 267 – 83. 19. Žeželj S. Zapaljiva sredstva. U: *Vojna enciklopedija*. Beograd: Vojnoizdavački zavod, 1973; 10: 656.

Abstract

INCENDIARY WEAPONS

Vladimir Trkulja, Aleksandra Carić, Ivica Matoš*
i Zdravko Lacković

Department of Pharmacology, Medical School University of Zagreb, Zagreb, *Medical center Vukovar

Incendiary weapons have been known and used since the ancient China, and their intensive development began during World War I. The new substances, such as napalm and white phosphorus, have physical and

chemical properties phosphorus), allow prolonged burning and release of great amounts of heat and toxic gases. They cause severe burns with a high risk of intoxication and circulatory collapse (shock). The particularities of tending the wounded arise, therefore, from the need to prevent and cure such complications. Incendiary weapons, especially when used as tactical weapons cause mass casualties in the civilian population. In this article we present some of the experiences from Medical center Vukovar concerning injuries inflicted by incendiary weapons.

Key words: incendiary weapons, burns, intoxication

Received: 14th November, 1991