

Dr. László Imre orvos alezredes,  
Dr. Novák János orvos ezredes, az orvostudományok doktora

## A napalm sérülés patológiai és klinikai sajátosságai

Érkezett: 1985. 12. 05.

Kulcsszavak: napalm

A napalm, magas égési hőmérsékleténél fogva az esetek zömében mélyreható termikus traumát okoz. Más tényezőkkel együtt ez a sokk magas előfordulási arányához vezet. Jellemző még az eszméletvesztés, valamint a szövődmények gyakorisága. A napalmégések kedvezőtlen prognózisa nemcsak az előbbi tényezőkben, hanem a marandó károsodások súlyosságában is megnyilvánul.

Az égő napalm a testfelszínre jutva súlyos elváltozásokat idéz elő. Elpusztítja a bőr valamennyi rétegét, a bőr alatti kötőszövetet és az izmokat is.

*Dolonyin* (4) munkájában idézi Csu Miu Szun koreai szerző 1955-ből származó közlését, mely szerint az általa megfigyelt napalm-sérültek 93,7%-a III. és IV. fokú, 0,7%-a pedig I. fokú égési sérülést szenvedett.

A kialakuló égési sérülés súlyosságát és ezzel párhuzamosan a sérülés kimenetelét két tényező határozza meg:

1. a napalm égési időtartama a bőrön (az égési sérülés mélységét, fokát határozza meg),

2. az égési sérülés felszíni kiterjedése.

### *A napalm-égés mélysége, kiterjedése és testtáji lokalizációja*

Ismeretes, hogy a napalm égése során a hőmérséklet maximuma elérheti az 1100 °C-t is. Minthogy azonban az égés folyamata a napalm felszínén kezdődik meg, az égés első 3–5 másodpercében a bőr felszínén csupán 60–70 °C-ig emelkedik (fokozatosan) a hőmérséklet. További egy másodperc múlva a bőr felszínén már 130–140 °C is mérhető. Így fordulhat elő, hogy napalm-égetteknél igen ritkán felületes égési sérülés is előfordul (ha a napalm 1–2 másodperc alatt eltávolítható).

A napalm-égésekhez gyorsan társul a környező szövetek vizenyője. Azon napalm-égetteknél, akiknél a sérülés az arc területére (is) lokalizálódott, már 30–40 perc múlva olyan fokú vizenyő fejlődött ki, mely meggátolta a szemrések nyitását. További 1,5–2,5 órával később a vizenyő olyan mértékűvé vált, hogy az arc — a sérültek kifejezésével élve — valósággal öntöttvas maszkká vált, vagy úgy érezték, mintha

cementtel öntötték volna le. Az arc égési sérüléseihez gyakran társult az ujjak disztális részének súlyos károsodása, akár teljes elhalása is. Az anamnézis részletes felderítése során kitűnt, hogy ez azért következett be, mert a sérült ujjjaival kísérte meg eltávolítani arcáról az égő napalmot.

A kialakuló égési sérülés foka és a napalm égésének időtartama között szoros összefüggés állapítható meg. A testfelszínre került napalm égési idejének növekedésével párhuzamosan növekszik az égési sérülés mélysége is. Az is érthető, hogy a napalm-sérültek nem tudták pontosan meghatározni a testfelszínre került gyújtóanyag égésének időtartamát. Ennek megfelelően a napalm hatásidejét sem lehetett megállapítani a keletkezett égési sérülés mélységéből. E probléma áthidalására állatkísérleteket végeztek, melynek során a napalm égési idejének változtatásával tanulmányozták a létrejött sérülés jellegét. Az így kapott adatok révén már lehetségessé vált a napalm hatásidejének meghatározása a termikus trauma mélységéből.

A kísérletek során az állat bőrének meghatározott nagyságú területére, egyenletesen elosztva, azonos mennyiségű napalmot vittek fel. *Usakov* (11) kísérleteiben 0,6 g napalm 2×2 cm-nyi területen 75—80 másodpercig égett. Más adatok szerint (2) 8—20 perc, sőt akár 30 perc az égési időtartama, ha a keverék kellő mennyiségű oxigén jelenlétében ég el.

Egy percnél rövidebb idő is elég ahhoz, hogy a napalm égése folytán — a magas égési hő miatt — igen mélyre ható szövethárosodás következék be (3). Az USA csapatainak adatai szerint Koreában a napalm-égetések 15%-a a csontot is elérte (5). *Mihajlov* (7) is hangsúlyozza, hogy a napalm-égés minden esetben mélyreható szövethárosodással jár.

A koreai háború napalm-égetteinek és a második világháború egyéb okból keletkezett égési sérültjeinek kórtörténeti adatait feldolgozva, szembeötlő volt, hogy a napalm-égetések felszíni kiterjedése nagyobb volt (1. táblázat).

1. táblázat  
A második világháború és a koreai háború során keletkezett égési sérülések kiterjedtségének összehasonlítása (4)

Az égési sérülés kiterjedése a testfelszín %-ában	A második világháború hagyományos égetteinek megoszlása %-ban	A koreai háború napalm-sérültjeinek megoszlása %-ban
10 alatt	89,9	77,7
10—20	5,8	10,8
21—30	1,9	3,2
31—50	1,5	5,5
50 felett	0,9	2,8

A táblázat adatai világosan mutatják, hogy míg a második világháború során keletkezett égési sérüléseknek csupán 10,1%-a haladta meg a testfelszín 10%-át, addig a koreai háborúban ugyanez az érték a napalm esetében elérte a 22,3%-ot.

A napalm-sérülések testtájak szerinti megoszlását vizsgálva (2. táblázat) kitűnik, hogy az esetek 78,9%-ában szerepelt a fej izolált vagy más testtájakkal kombinált sérülése. Ugyanakkor a második világháború időszakában az égetteknek csupán 32,3%-ánál regisztráltak a fej égési traumáját.

A leggyakoribb kombináció a koreai napalm-égetteknél, 38,7%-os előfordulási gyakorisággal, a fej és az ujjak együttes sérülése volt. Ha figyelembe veszünk minden olyan kombinációt, amelyben a fej és az ujjak sérülése is előfordult, ezen testtájak

A napalm-sérülések	
testtájak szerinti lokalizációja	előfordulásának gyakorisága % -ban
A. Izolált	
Fej	8,6
Mellkas	2,3
Felső végtagok	7,9
Alsó végtagok	4,7
Összesen	23,5
B. Kombinált	
Fej + nyak	1,7
Fej + törzs	2,0
Fej + ujjak	38,7
Fej + felső végtag + alsó végtag	10,9
Fej + törzs + végtagok	17,0
Egyéb kombinációk	6,2
Összesen	76,5

egyidejű sérülése az égések 66,6%-át tette ki. A koreai háború tapasztalatai eléggé egyértelműen utalnak arra, hogy elsősorban a fedetlen testrészeket éri a sérülés. *Kolesznyikov és Vihriev* (6) adatai szerint az egyik kórház napalm-sérültjeinek csaknem fele az arcán, harmada pedig felső végtagján, elsősorban kezén sérült. E beteganyagban az arc, a nyak és a felső végtag sérülésének együttes előfordulása csak 60%-ot tett ki. *Usakov* (11) viszont a fej napalm-égéseit adja meg 60%-os gyakoriságúnak.

A felső végtagok égési sérülésénél az esetek 80,9%-ában egyidejűleg mindkét végtag károsodott, míg az alsó végtagok esetében éppen ellenkezőleg, 61,6%-ban csupán az egyik oldali végtag égési traumája volt tapasztalható. Ez a különbség minden bizonnyal a felső végtagoknak az oltásban játszott aktívabb szerepével is összefügg.

### Általános hatások

*Dolonyin* (4), utalva *Csu Min Szun* koreai szerzőre, megállapítja, hogy a koreai háború időszakában a kórházban ápolt égettek 8%-a *vesztette el az eszméletét* a sérülést követően rövidebb vagy hosszabb idő múlva, rövidebb illetve hosszabb időtartamra. Ugyanakkor rámutat arra is, hogy a valós értékek minden bizonnyal magasabbak, mivel a 8% nem tartalmazta azon sérültek adatait, akik a kórházba történő beérkezésig meghaltak.

A kórtörténeti adatok tanulmányozásakor — később — megállapították, hogy a koreai háborúban a napalm-sérültek 11,7%-a *vesztette el eszméletét*, leggyakrabbar az égési trauma után 20—30 perccel, különböző időtartamra (4).

A 3. táblázatból kitűnik, hogy különböző időtartamú eszméletvesztések alakultak ki, de az esetek több mint felében (csak az ismert időtartamú eszméletvesztések adatai alapján) az nem haladta meg a 3 napot.

## Az eszméletvesztések megoszlása időtartamuk alapján a koreai háború során

Az eszméletvesztések	
időtartama	megoszlása %-ban
—3 óráig	11,4
—3 óráig	5,7
—24 óráig	11,3
—3 napig	17,0
—7 napig	21,6
3 naptól 1 hónapig	11,4
Az eszméletvesztés időtartama nem ismert	21,6

Említésre méltó, hogy a Westermündét a II. világháborúban ért légitámadások során, bár akkor napalmot nem alkalmaztak, a halálokok között 83%-kal szerepelt CO-mérgezés. Hamburg bombázásakor az elsődlegesen nem halálos sérülésekben a halál 70%-ban a CO-mérgezésre volt visszavezethető (9). Az amerikai szakirodalomban az eszméletvesztések kialakulásának szempontjából komoly jelentőséget tulajdonítanak annak, hogy az égés körzetében csökken a levegő oxigén- és jelentősen megemelkedik a szénmonoxid-tartalma (4). E két tényező a szerzők véleménye szerint heveny hipoxiás állapot alapján okoz eszméletvesztést. Más szerzők, elismerve ezen tények fontosságát, azt hangsúlyozzák, hogy az eszméletvesztések létrejöttében egy sor kedvezőtlen tényező együttesen játszik szerepet, kiemelve közülük a fájdalom és a pszichés sokk elsődleges jelentőségét.

A magas égési hőfok következtében nagyobb területet ért napalm-támadáskor a *döguta* veszélye is fenyeget. A levegő hőmérséklete olyan magas lehet, hogy a mentésre érkezőket is harcképtelenné (munkaképtelenné) teheti. A CO-mérgezés, párosulva a hógutával, halálhoz is vezethet.

Az eszméletvesztéseknek, az égési sérülés elhelyezkedése alapján történő tanulmányozásakor kitűnt, hogy az esetek 93,1%-a (4. táblázat) abban az esetben jött létre, ha a trauma izoláltan a fejre vagy kombinációban egyéb testtájakkal a fejre is lokalizálódott (4).

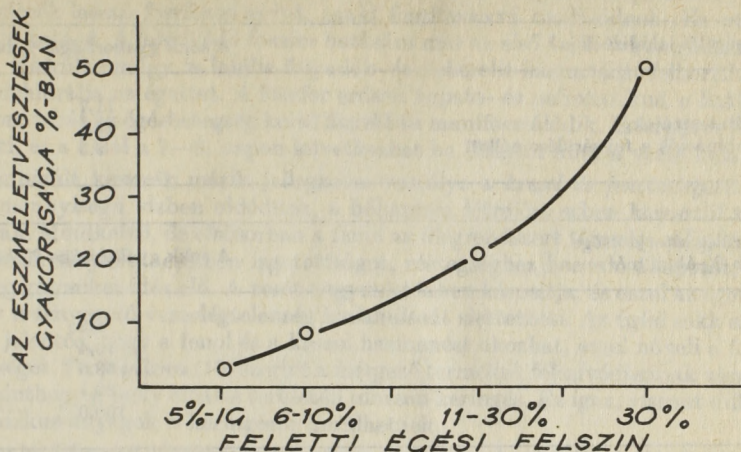
4. táblázat

## Az eszméletvesztések megoszlása az égési sérülés lokalizációja alapján

Az égési sérülés lokalizációja	Az eszméletvesztések gyakorisága %-ban
Fej	5,6
Fej, kombinációjában más testtájakkal	87,5
Egyéb testrész izolált sérülése	—
Néhány testrész együttes sérülése, a fej sérülése nélkül	6,9

Az eszméletvesztések gyakorisága és az égési sérülést szenvedett testfelület %-os nagysága között is meghatározott összefüggés állapítható meg (1. ábra), nevezetesen az égett felület növekedésével párhuzamosan nő az eszméletvesztések gyakorisága is. Ez a megállapítás nemcsak a kialakuló eszméletvesztésekre, de azok időtartamára is

## ESZMÉLETVESZTÉSEK GYAKORISÁGA NAPALMÉGETTEKNÉL



1. ábra

érvényes. Míg 10% alatti kiterjedésű égési sérülések következtében kialakult eszméletvesztések 56,6%-ának időtartama nem haladta meg a 24 órát, addig 10% feletti égéseknél az eszméletvesztések 60,7%-a túlhaladta a 7 napot.

A napalm-sérülés következtében *sokk* lényegesen gyakrabban alakult ki, mint az a hagyományos égési traumák esetén tapasztalható.

*Dolonyin* (4) könyvében idézi Cse Ton Cselja koreai szerzőt, aki 57 napalm-sérült adatait dolgozta fel, és közülük 11-nél regisztrálta sokkos állapot kialakulását. Ugyanakkor *Mihajlov* 1967-ben megjelent munkájára (7) hivatkozva kifejti azt is, hogy a koreai háború valamennyi napalm-sérültjénél a sokk 21,1%-os gyakorisággal fordult elő.

Az 5. táblázat adatai alapján világosan kitűnik, hogy izoláltan a fejre vagy kombinációban a fejre is lokalizálódó napalm-sérülések esetén szignifikánsan gyakrabban alakul ki sokkos állapot, mint más esetekben. A napalm-sérülés felszíni kiterjedése és a sokk gyakorisága között — a kórtörténeti adatok alapján — szoros összefüggés volt megállapítható. A testfelszín 6%-ánál kisebb kiterjedésű napalm-sérülések esetén 5,8%-ban alakult ki sokkos állapot. Ugyanakkor a testfelszín 40%-át meghaladó napalm-égéseknél ez az érték — akár a hagyományos égéseknél — elérte a 100%-ot.

Az égési sérülés kiterjedése mellett meghatározó tényezőként jelentkezett a sokkos állapot kialakulása gyakoriságának szempontjából a létrejött termikus trauma mélysége.

A *szeptikus* időszakban a sérülteknél a zavartság, izgalmi állapot és nyugtalanság tünetei voltak megfigyelhetők. Idegrendszeri tünetek az égésbetegség ezen fázisában szenvedő napalm-égettek között 43,6%-os gyakorisággal jelentkeztek (6. táblázat).

Az idegrendszeri tünetek időtartama jelentős mértékben az időben és adekvátan végrehajtott gyógyító beavatkozástól függött. A megfelelő volumenpótlás és célirányos táplálás, továbbá az antibiotikumok alkalmazása több esetben lehetővé tette

A sok gyakoriságának összefüggése a napalm-sérülés lokalizációjával és felszíni kiterjedésével

5. táblázat

A napalm-sérülés lokalizációja	A sok gyakorisága %-ban
Fej	11,7
Fej + egyéb testtájak	23,1
Egyéb kombinációk a fej sérülése nélkül	9,3

Az égési sérülés kiterjedtsége a testfelszín %-ában mérve	A sok gyakorisága %-ban
0 alatt	5,8
1—10	10,4
11—20	53,5
21—40	89,1
40 fölött	100,0

Az idegrendszeri tünetek időtartama szerinti megoszlása a napalm-sérülteknél

6. táblázat

Az idegrendszeri tünetek időtartama napokban	Sérültek idegrendszeri tünetekkel (megoszlás %-ban)
—7	42,4
8—30	28,3
30 fölött	2,2
Adatok hiányában nem ismert	27,1

zen tünetek gyors felszámolását (7). Ebből arra lehet következtetni, hogy az idegrendszeri tünetek nem a napalm-égés sajátos következményei, hanem a súlyos fokú gésbetegség részjelenségeként alakultak ki.

A koreai háborúban a napalm-sérültek 4,7%-ánál alakult ki szepszis, míg a második világháború időszakában a szovjet hadsereg (nem napalm-) égési sérültjeinél 1%-os gyakorisággal volt megfigyelhető (6). Ezen sérültek állapota gyorsan romlott, és gyakran elkerülhetetlenné vált a fatális kimenetel. A 4,7%-os arányt alacsonynak kell minősítenünk. Feltételezhető, hogy a súlyos napalm-égésekkel a sérültek nem éltek túl a sokk időszakát, és a szepszis előfordulásának — általunk *viszonylag* alacsonynak tartott — aránya a túlélő sérültek relatíve könnyebb sérüléséből ered.

A forró levegő belégzése *felső légúti sérülést* okozhat, de akár az *alsó* légutak yákhártyáját is károsíthatja. Ezt gyorsan követheti az ödéma és a bronchus-pazmus (5).

Az ún. kombinált keverékekben alkalmazott *foszfor* önállóan is károsító szerepet jut. A napalm-égéseket kísérő kezdeti nagymértékű fájdalom jórészt ennek tulajdonítható (1). A keverék tüzeinek eloltása után a szövetek között maradt foszfor-

szemcsék progrediáló szövetelhalást okoznak. A mentés és kihordás nehezített, a sebészi ellátás (ideértve a foszfor-szemcsék eltávolítását is) tehát késedelmet szenved.

A foszforégés általában felületesebbnek tűnik, mint amilyen valójában. A bőrbe került szemcsék lassan foszforos savvá, majd foszforsavvá oxidálódnak. Ez utóbbi erősen maró hatású. A felszívódó foszfor hatására már az első 4—5. órában hasmenés léphet fel, a sérült amúgy is labilis folyadék- és elektrolit-háztartását felboríthatja, és hamar dehidrálja az égettet. A foszfor erősen hepato- és nefrotoxikus, e hatása a 4—5. napon, tehát az égésbetegség korai fázisában manifesztálódik. Ikterusz és kóma fejlődhet ki, és a halál a 7—8. napon következhet be. Máskor anuria vezet halálhoz.

A kombinált keverék másik jellegzetes veszélye a *krezol* és *fenolmérgezés* (8). 15-szörös mennyiségű vízben oldódnak, a hőhatásra létrejött seben keresztül tehát felszívódnak. Mindkettő, de elsősorban a fenol az idegrendszeret támadja meg, légzésbénító hatású. Enyhébb esetben izgatottságot, részegséghez hasonló állapotot, ájulást, esetleg görcsöket idéz elő. A vesét nagymértékben károsítja, és ezzel az égetteknél amúgy is fenyegető veseelégtelenség kialakulását siettetheti. Az égési sokk szempontjából jelentős, hogy a fenol és a krezol hasmenést okozhat, ezzel növeli a folyadékvesztésüket. *Trojnyikova* (10) szerint a mérgező termékek felszívódásának veszélye csekély, minthogy a mély elhalás területén nincsen keringés. Ez igaz, viszont diffúzió útján a toxikus anyagok a keringésbe kerülhetnek.

A napalm károsító tényezői tehát végeredményben *kombinált sérülések* előidézésére alkalmasak. Első helyen áll és minden sérültnél jelen lesz az égési sérülés. Ez az esetek egy részében hógutával (hőpangással), mérgezési tényezőkkel (CO, krezol, fenol) szövődhet.

### *Prognózis*

A napalm-égések az égés mélysége (és a kísérő ártalmak) miatt már elsődlegesen is magasabb halálozással járnak, mint a hagyományos gyújtófegyverek vagy akár az atombomba által okozott termikus sérülések. A másodlagos (félkésői és késői) halálozás az égés mélységéből eredő szövődmények, illetve a légúti károsodás miatt magas.

Vietnami adatok (5) alapján a napalm-sérültek több mint 30%-a a csapást követő 15—20. percben a helyszínen meghalt. A napalm-égettek további 21,8%-a a sérülést követő napokban, illetve hetekben vesztette életét. Ez annyit jelent, hogy viszonylag rövid idő alatt a sérülések mintegy 60%-a letális kimenetelűvé vált. *Gestewitz* (5) a napalm-sérültek halálozási arányszámát a 40. poszttraumás napra az előző adatoknál magasabbra, 62—70%-ra becsülte.

A kórházakban kezelt napalm-sérültek jelentős része a traumát követő első két hétben halt meg korai, elsődleges szövődmények kialakulása következtében. Gyakoriság szempontjából első helyen szerepelt a sokk, ezt követte 13,2%-kal, mint másodlagos szövődmény, a szepszis. A halálesetek 15,4%-ában egyéb ok szerepelt, melyek közül ki kell emelni a pneumoniát (4,9%) és a tetanuszt (2,1%).

A vietnami háború során a vietnami fél sérültjei közül a túlélők 67,1%-a hagyta el a kórházakat a sérülést követő 90 napon belül, 19,8%-a 3 és 6. hónap között, míg 13,1%-a 6 hónapot meghaladó ápolás után. A rendelkezésre álló adatok alapján (5) megállapítható volt, hogy a napalm-égettek jelentős része katonai szolgálatra alkalmatlanná vált. Ennél a csoportnál alapvető fontosságú volt a munkaképességet valamilyen fokban helyreállító rehabilitáció biztosítása.

A múlt háborúiban keletkezett tüzeket méreteikben és hatásaikban össze sem lehet hasonlítani azokkal a tüzekkel, melyek egy elkövetkező háború során keletkezhetnek. Ismert tény, hogy napjaink hadműveleti harcászataiban a tűz fontos tényezővé vált. A nukleáris fegyverek és a napalm az égett sérültek olyan tömegét képesek létrehozni, hogy az egészségügyi ellátás megszervezése igen komoly nehézségekbe ütközik.

#### IRODALOM

1. *Bailey, H.*: Surgery of modern warfare. Livingstone, 1944, Edinburgh. IV. kötet.
2. *Bourrel, G.*: Les brulures par bombes at liquide incendiaires. Med. Rés. 59: 174 (1963).
3. *Bull J. P.*: Burns. Postgraduate Med. J. 39: 717 (1963).
4. *Dolonyin V. A.*: Parazsájuscije gyejsztvija napalma i lecsenyije pasztradavsih. Kirov Akadémia, 1975, Leningrád.
5. *Gestewitz H.-R.*: Der Einsatz von Brandbomben. Zschr. Milit. Med. 9: 275 (1968).
6. *Kolesznyikov Ny. J., Vihriev B. Sz.*: Napalm. Vojen. Med. Zsurn. 1957 (8. szám): 3.
7. *Mihajlov P.*: Kam vavrosza sa kazmita posledici ot napalmovi isgarnija. Voen. Med. Delo. 22: 13 (1967).
8. *Moeschlin S.*: Toxikologische Probleme. Schw. Zschr. Milit. Med. 44: 289 (1967).
9. *Reich P., Sidel V. W.*: Napalm. New England J. Med. 277: 86 (1967).
10. *Trojnyikova*: cit. Kolesznyikov és Vihriev.
11. *Vsakov L. J.*: Problemi pavrezszenij ot napalma. Vojen. Med. Zsurn. 1960 (8. szám): 50.

Подполковник м/с И. Ласло, полковник м/с Я. Новак:

#### ОСОБЕННОСТИ ПОРАЖЕНИЯ НАПАЛМОМ

Ввиду высокой температуры сгорания, напалм в большинстве случаев вызывает глубокие термические поражения. В сочетании с другими факторами, это приводит к высокой частоте шоковых состояний. Кроме того, при этих поражениях нередко возникают состояния с потерей сознания и осложнения. Неблагоприятный исход этих поражений определяется не только перечисленными факторами, но и тяжестью остающихся нарушений.

Lt. col. I. László M. D. M. C., col. J. Novák M. D. M. C.:

#### NAPALM INJURIES

Because of its high ignition temperature, the napalm usually causes deep thermal injuries. Combined with other factors, this results in a high incidence of shock. Loss of consciousness and complications are often seen, too. Unfavourable prognosis is determined not only by the enumerated factors, but by the severity of irreversible changes.