

## Robbanásos sérülések sebészeti ellátásának kérdései

Dr. Várhelyi Levente orvosőrnagy

*Kulcsszavak: robbanásos sérülés, barotrauma, repeszhatás, halasztott sebzés*

Napjainkban Magyarországon a robbanásos sérülések viszonylag ritkák, de meghatározott szakmai elvek szerinti ellátásukra valamennyi baleseti és sürgősségi osztálynak készen kell állnia. Kombinált sérülések, amelyek ellátása több szakma képviselőinek bevonásával team-munka keretein belül történik. Az ellátás szempontjai kissé eltérőek béke- illetve katasztrófa és háborús körülmények között. A szerző ismerteti a robbanások emberi szervezetre kifejtett hatásait, az egyidejű mechanikai és hőkárosodás jellegét, bemutatja az egyes sérüléscsoportokat. Az üregi sérülések mellett igen gyakran a kéz illetve a felső végtag is érintett. Az ellátásban elsődleges a sokktalanítás és az üregi sérülések sebészi ellátása, a végtag-sérüléseké ezt követően vagy ezzel egyidejűleg zajlik. A szerző saját esetek bemutatásán keresztül ismerteti az ellátás taktikai lépéseit és a sebészeti beavatkozások sorrendjét és jellegét.

A robbanás okozta sérülések száma és jelentősége a helyi háborús konfliktusok és terrortámadások növekvő számának köszönhetően egyre növekszik [6]. A második világháború óta Európa területén nem voltak széleskörű háborús cselekmények, de helyi forradalmak, polgárháborúk és etnikai konfliktusok során sok lövési és robbanásos sérülés keletkezett. Legutóbbi és közeli példa erre a boszniai, a koszovói vagy a macedóniai háború. A helyi konfliktusok robbanásos sérülések keletkezése tekintetében legnagyobb veszélyforrását a telepített aknáknak tekintik, melyek évtizedekkel a háborús cselekmények megszűnte után is szedik áldozataikat.

Hazánkban, békekörülmények között a robbanásos jellegű sérülések száma szerencsére alacsony. Magyarországon a sérülés keletkezése szerint leggyakoribb az idényjellegű petárda-robbanások okozta kézsérülés, valamint a katonai balesetek során bekövetkező kombinált sérülés. Az ipari jellegű robbanásos sérülések száma alacsony. Terrortámadások és aknabalesetek szerencsére hazánkban elvétve fordulnak elő, bár az utóbbi években a szervezett bűnözői csoportok egymás közötti leszámolásra egyre gyakrabban alkalmaznak robbanó szerkezeteket

**A robbanásos sérülések sajátosságai**

A robbanásos sérülések sok tekintet-

ben rokon vonásokat mutatnak a lövési sérülésekkel [9], a fő különbséget és jelentőségüket bekövetkeztek esetén a sérülés súlyos és kombinált volta adja, amelynek ellátása komplex team-munkát igényel. Gyakran több testtáj egyidejűleg érintett és a sérüléseket előidéző tényezők is különbözőek. A roncsolás kiterjedése lényegesen nagyobb, mint lövési sérüléseknél. A szövődményveszély a kiterjedt roncsolás és több szöveti struktúra egyidejű sérülése miatt ugrásszerűen megnő. A sérültek azonnali és definitív ellátása el-

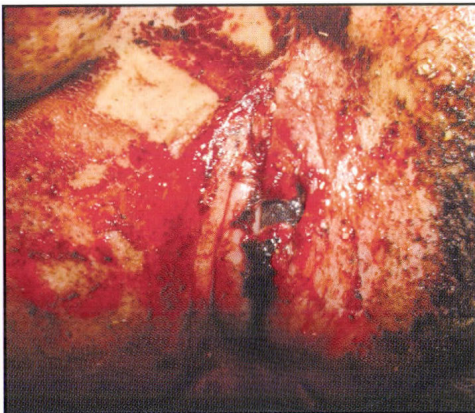
sődleges, a megfelelő, speciálisan képzett sebészi teameknek folyamatosan felkészülnük kell lenniük ezen kombinált sérülések kezelésére.

A robbanás a sérülés pillanatában az emberi szervezetre két fő hatást fejt ki: mechanikai és hőhatást. A bekövetkező sérülések is ennek megfelelőek, s négy kategóriába sorolhatók [4, 8] (1. ábra).

Elsődleges robbanási sérülést (barotrauma) a detonáció okozta nyomás-



1. ábra: Bőrégéssel kombinálódott mechanikai sérülés



3. ábra: Az arc és a szem égési sérülése



2. ábra: Repeszekről származó lágyrész-sérülés



4. ábra: Többszörös robbanásos sérült valamennyi végtag és az arc érintettségével

hullám (lökéshullám), illetve a hirtelen nyomásváltozás idéz elő. Ezt egyrészt a robbanási gáz lökéshulláma, másrészt a környezeti légnyomásváltozás és annak tovaterjedése idézi elő. Ez leginkább a légtartalmú üreges szervek és a dobhártya (35 kPa feletti nyomásváltozás) sérülésével jár [1, 2, 3, 5, 9]. A hypopharynx nyálkahártyáján bevérzések keletkeznek. A lökéshullám főleg a tüdő sérülését eredményezi (100 kPa felett), kisebb-nagyobb bevérzésektől a súlyos tüdőroncsolódásig, következményes PTX-szal, légembóliával [5, 7]. Utóbbi a koszorúserekben hirtelen ischaemiához vezet. Igen gyorsan ARDS alakul ki, mely a leggyakoribb halálok a robbanást túlélő betegeken. A gyomor-bélrendszerben, mint üreges szervben (főleg a vastagbélben) szintén bevérzések, perforációk jelentkezhetnek, melyek klinikai tünetei a későbbiekben jelentkeznek akut hasi kórképek formájában [4]. A lökéshullám által okozott végtagsérülés csak igen magas robbanási csúcsnyomás esetén jelentkezik, nagyfokú roncsolás, amputáció képében. Az elsődleges robbanási sérülés mértékét a sérült robbanástól való távolsága befolyásolja. Szabad térben bekövetkező robbanás hatásai enyhébbek, mint zárt térben bekövetkező robbanásé. Víz alatti robbanások elsődleges sérülést kiváltó hatásai legerősebbek. Sík felületek, pl. falak közelében bekövetkezett robbanás nyomáshulláma a felületről visszaverődve súlyosbíthatja az elsődleges sérülés mértékét [8, 9].

Másodlagos robbanási sérülés a robbanó anyagból (elsődleges repesz-

hatás) és a környezetből (másodlagos repeszhatás) származó fragmentumok roncsoló hatásának következménye [4, 8] (2. ábra). A nagy mechanikai energia miatt a roncsolás többnyire igen kiterjedt. A sérülések jellege függ a környezetben található anyagoktól (pl. üvegablakok). A katonai robbanó szerkezetek többsége a repeszhatás fokozása érdekében fémszilánkokat tartalmaz. Gyakran eredményezi a testüregék áthatoló sérülését.

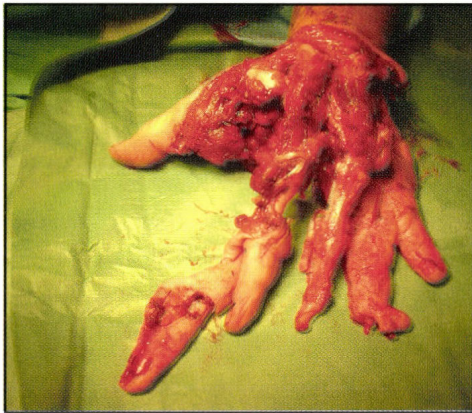
Harmadlagos robbanási sérülést a nagy mechanikai energia miatt az áldozat egész testének hely- és helyzetváltozása okozza miközben a környezeti tárgyakkal való ütközés idéz elő főleg töréseket (nagy csöves csontok, medence, mellkas csontos váza). Igen gyakoriak ezen csoportban a koponya törései is [4, 8, 9].

Kevert robbanási sérülésben a hőhatás a felszabaduló hő és láng hatás, valamint a robbanási gáz magas hőmérséklete eredménye, amely különböző mélységű égést okoz a bőrön és a légutakban [4, 8] (3. ábra). E típusban kémiai robbanás esetén a sérülést a bőrre és a sebekbe kerülő vegyi anyagok súlyosbíthatják, illetve a felszabaduló mérgező anyagok toxikus hatásukat az egész szervezetre kifejthetik. Robbanások során a legnagyobb mennyiségben keletkező mérgező hatású gáz a szénmonoxid. Végtagsérülési szempontból az utóbbi három csoport sérülései bírnak fokozott jelentőséggel, hiszen a csonttörések mellett mind a repeszhatás, mind az égés-marás a szövetek kiterjedt károsodását okozza. A nagyfokú

szövetroncsolódás *Crush*-szindrómát eredményez.

Robbanásos sérülések esetében egyidejűleg csaknem mindig több testtáj érintett (4. ábra). Igen gyakran sérül az arc, a mellkas és a has. Akna-sérülések döntően az alsó végtag nagyfokú roncsolással járó sérülését okozzák. Robbanásos balesetknél, ipari robbanásokban a felső végtag és a kéz sérül igen gyakori, hiszen a robbanást megelőző manipuláció ezáltal történik (5. ábra).

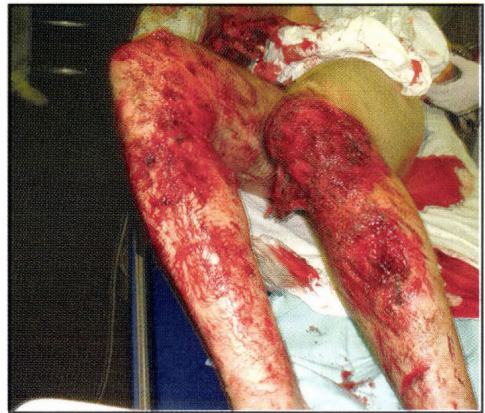
A végtagok sorsát a csonttörések jel-



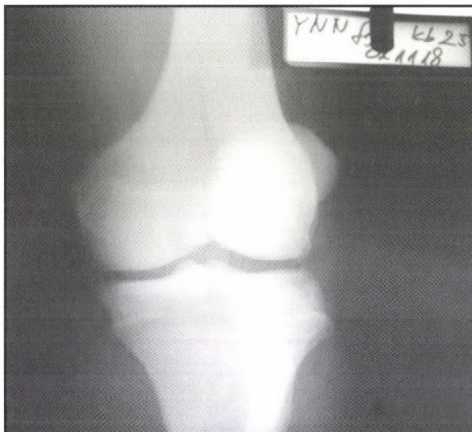
5. ábra: Duroán roncsolt kézsérülés

legén kívül a kültakaró és a lágyszövetek állapota, azok roncsolódásának mértéke alapvetően meghatározza. A roncsolás sokszor kiterjedtebb, mint az első ránézésre látható, emiatt a sebek mindig szennyezettnek tekintendők (6. ábra). Jellemző a mechanikai és hőkárosodás egyidejű jelenléte és az extrém mértékű ödémahajlam. Többféle szöveti struktúra érintett (bőr, csont-ízület, izom, erek, idegek). Nagyszámú idegentest jelenléte súlyosbítja a képet.

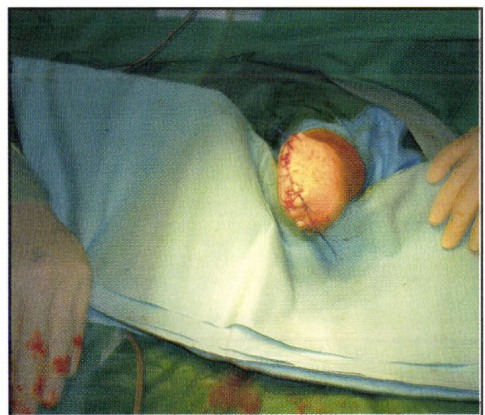
Robbanások következtében direkt



6. ábra: Nagyfokú roncsolással járó lágyszövetek



7. ábra: Ritka töréstípus robbanásos mechanizmussal



8. ábra: Súlyos kézsérülés utáni amputáció

mechanizmussal létrejövő csonttörések ritkán sorolhatók valamely klaszszikus törésbeosztási sémába (7. ábra). Jellemző a nagy romzóna, számtalan, kisebb-nagyobb, a környező szövetek közé szóródott csontfragmentum, esetleg kiterjedtebb csonthiány [9]. E csontdarabok, a roncsolt, sokszor elhalt lágyrészek, a számtalan idegentest és a kiterjedt vérömlenyek egyfajta keveréket alkotnak, amely kiváló táptalaj az anaerob és egyéb gennykeltő baktériumok számára. A "limb for life" elv alapján a lágyrészek kiterjedt roncsolása és a fokozott fertőződési hajlam miatt gyakran kerül sor amputációra (8. ábra).

### A robbanásos sérültek ellátása

Kombinált robbanásos sérülésben több testtáj egyidejű érintettsége alapvetően meghatározza az ellátás taktikáját, amelynek életmentő, csupán didaktikai szempontból szétválasztott lépései egymást kiegészítik és általában egyidejűleg zajlanak (9. ábra).

Első és alapvető lépés a beteg fizikális és műszeres vizsgálata, majd sokktalanítása, alapvető élettani paramétereinek stabilizálása és monitorozása. Szükség szerint lélegeztetés, légúti égés esetén gége- vagy légcsőmetszés. Folyadékpótlás kolloidokkal és krisztalloidokkal. Tüdősérülés mielőbbi diagnosztizálása (mellkasi röntgenfelvétel, CT). Szükség szerint mellkasi szívó drenázs.

Második lépés a vérzésforrások diagnosztizálása és definitív ellátásuk mielőbbi megkezdése. A vérzéscsillapítás a sokktalanítással egyidejűleg zajlik.

Harmadik lépés áthatoló üregi sérülés esetén azonnali és elsődleges laparotomia, thoracotomia, craniotomia. Definitív vérzéscsillapítás a testüregekben.

Negyedik fázisban történik a végtag-sérülések ellátása.

A nagyfokú roncsolás és a sebek szennyezettsége miatt széles spektrumú antibiotikus kezelés indokolt, amely kiegészíti a sebészeti ellátást. A sérült érrendszer fokozott trombózishajlama és az immobilizáció miatt antikoagulálás szükséges, hacsak ennek kontraindikációja nem áll fenn.

### Áthatoló testüregi sérülés sebészeti kezelése

Áthatoló testüregi robbanásos sérülés műtéti beavatkozás abszolút indikációja, melynek első lépése az éppen történő sebkimetszés. A sérült testüreg feltárását azonnal el kell végezni (laparotomia, thoracotomia, craniotomia) a mielőbbi vérzéscsillapítás, esetleges érsérülés ellátása érdekében. Ezt követően a robbanáskor gyakran a szövetek közé kerülő idegentestek eltávolítása, majd a szervsérülések definitív ellátása következik. A műtét utolsó fázisa a testüreg zárása, megfelelő drenázs (24 CH) mellett.

### A sebellátás általános elvei

A sérült testtáj és a beteg további sorsa szempontjából alapvető fontosságú a roncsolás mértékének megítélése, hiszen egy esetleges szeptikus szövödmény súlyos testüregi gennyedést, végtag elvesztését eredményezheti, esetleg a sérült életét is veszé-

lyezteti. Mindezen kívül fel kell mérni azt, hogy mely szöveti struktúrák sérültek, melyek a primer ellátás és a rekonstrukció lehetőségei.

A kiterjedt szövetroncsolás, szennyezettség miatt a sebészi kezelést követően (és nem helyette!) elengedhetetlen a széles spektrumú antibiotikus kezelés és a tetanusz-profilaxis.

Az első ellátás során széles alapú sebkimetszés, debridement végzendő. Széles, jól áttekintést nyújtó feltárás szükséges, tekintet nélkül a későbbi rekonstrukció lehetőségeire. Elsődleges cél a sérülés ellátása és a fertőzés megelőzése. E nélkül a későbbi rekonstrukció is lehetetlen. A sebkimetszés az épben történik, valamennyi szennyezett és elhalt, keringésétől megfosztott szövet kimetszése szükséges (10. ábra). Az idegentestek eltávolítása, a seb mechanikai és kémiai tisztítása, többszöri átöblítése szintén alapvető.

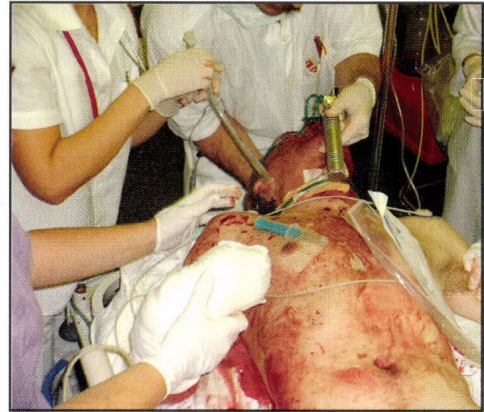
Végtagi érsérülés esetén a primer érrekonstrukció a keringés fenntartása érdekében szükséges. Ideg- és insé-

rülés ellátása primeren nem végezhető, arra a későbbi rekonstrukció során kerülhet sor.

Nyílt ízületi sérülés esetén feltárás, debridement, öblítő drenázs, valamint az ízület rögzítése szükséges.

Végtagi érintettség esetén compartment szindróma gyanújakor fasciotomia azonnal elvégzendő beavatkozás, amelynek során az érintett testtáj valamennyi izomrekeszének behasítása végzendő.

A sebek zárása tilos, azok nyitva keze-



9. ábra: Robbanásos sérült sokktalanítása



10. ábra: Sebkimetszés az ép szövetekben



11. ábra: Félvastag bőr átültetése rácsplastikával

lendők. A sebek zárására a későbbiekben, gyulladáisos jelek hiányában kerülhet sor. Sebllátást követően steril kötések felhelyezése, a sérült végtagok gipszszel vagy ortézissel való rögzítése történik. A beavatkozásokot követő dokumentáció igen fontos mozzanata a beteg kezelésének, amelyben a végtag keringési és beidegzési állapota, az elszenvedett sérülések (ín, izom, csont) és a végzett beavatkozások kerülnek leírásra.

### A csonttörések kezelése

A végtag keringési állapotának megítélése a végtag sorsa szempontjából alapvető. Valamennyi, keringésében visszafordíthatatlanul károsodott szövet eltávolítása szükséges. A törések többsége nyílt, a debridement jelentősége a szövődményveszély miatt fokozott. Ezért az oszteoszintézisben a nyílt törések kezelési elveinek legszigorúbb betartása kötelező érvényű. A törések megítélésére legalább kétirányú RTG felvétel szükséges.

Műtétkor vértelenítő mandzsetta alkalmazása szükséges, amennyiben a sérülés elhelyezkedése ezt lehetővé teszi. Érsérüléskor az ér rekonstrukciója primeren elvégzendő, célja a végtag keringésének helyreállítása, amely nélkül bármilyen egyéb beavatkozás eredménytelen lesz.

A törések belső rögzítése (fixateur interne) lehetőleg kerülendő, főleg akkor, ha egyidejű érsérülés is fennáll, ehelyett külső rögzítők (fixateur externe) alkalmazása választandó a törések rögzítésére. Zárt, műtéti kezelést nem igénylő törések gipszben, vagy ortézissel rögzítendők.

Kézcsontok töréseinek operatív rögzítése esetén főleg *Kirschner*-drótok használata javasolt, minimális fémanyag beültetés mellett.

A posztoperatív szakban a sérült végtag felpolcolása, hűtése fontos (ödéma csökkentése, fájdalomcsillapítás). A gipszkötés felhasítása és végtag megfigyelése a későbbi duzzanat miatt elengedhetetlen. Compartment-szindróma veszélye miatt a végtag keringési és beidegzési állapotának folyamatos megfigyelése szükséges.

### Ízületi sérülések kezelése

Ízületi robbanásos sérülések ellátási elvei és lépései hasonlóak a csontsérülésekéhez. Az ízületi érintettség megítélésére legalább kétirányú RTG felvétel szükséges, csakúgy, mint a törések diagnosztizálásában. Behatóló ízületi sérülés esetén arthrotomia végzendő. A műtétkor vértelenítő mandzsetta használata szükséges. A debridement során valamennyi devitalizált csont- és porcdarab, idegentest eltávolítandó. Az ízület többszöri átmosása és öblítő drénezése legalább 5 napon át szükséges, a naponta 3-5 alkalommal végzendő öblítés során antibiotikum tartalmú oldatot alkalmazunk. A műtét végén az ízület drén felett zárható, a bőrsebet nyitva kezeljük. A sérült ízület gipszben vagy ortézisben rögzítendő.

### Halasztott sebzés

A halasztott sebzés elveinek maximális betartása robbanásos sérülés esetén elengedhetetlen, ellenkező esetben a szeptikus szövődmény kialakulása szinte elkerülhetetlen. A

sebzárás 3-10 nap múlva lehetséges, amennyiben gyulladásra vagy infekcióra utaló jelek nincsenek. Ennek során első lépésben ismételt sebkimetszés, sebtisztítás történik. A sebzárás feltétele a végtag jó keringési állapota. Szigorúan műtéti körülmények között végzendő beavatkozás, melynek formái a másodlagos (szekunder) varrat vagy egyéb, bőrpótló eljárások: lebe nyelforgatás, félvastag bőr átültetése, teljes vastagságú lebe nyek (11. ábra). Sebzáráskor a bőr és a lágyrészek feszülése kerülendő. A műtét utáni szakban gyulladással jelek irányában fokozott megfigyelés szükséges, ezek megjelenésekor azonnali ismételt megnyitás végzendő.

### Következtetés

A robbanásos sérülések ellátása a sérülés jellegéből fakadóan komplex feladat, melynek elvégzése teammunka keretein belül (baleseti sebész, aneszteziológus, idegsebész, általános sebész, gégsész, szemész, égéssebész, szájsebész stb.) meghatározott rendben és szabályok szerint történik. Ebben vezető szerepe van a sebésznek és az aneszteziológusnak. Az ellátás két fő területe ennek megfelelően a sebészeti típusú beavatkozások végzése, valamint az intenzív osztályos kezelés. Ez szükség szerint társszakmák képviselőinek bevonásával egészül ki (idegsebész, urológia, fül-orr-gégész, szemész, szájsebész). A robbanásos sérültek – csak

úgy, mint egyéb súlyos sérültek – azonnali, szakszerű ellátására a baleseti és sürgősségi osztályoknak készen kell állniuk, mely osztályokon valamennyi társszakma képviselőjének elméletben és gyakorlatban egyaránt ismernie szükséges ezen sérülések ellátásának alapelveit.

### IRODALOM

- [1] Cernak, I., Savic, J., Ignjatovic, D., Jevtic, M.: Blast Injury From Explosive Munitions. *The Journal of Trauma: Injury, Infection and Critical Care*. 1999, 47 (1): 96-104.
- [2] Cernak, I., Savic, J., Zunic, G., Pejnovic, N., Jovanikic, O., Stepic, V.: Recognizing, Scoring and Predicting Blast Injuries. *World J. Surg.*, 1999, 23: 44-53.
- [3] Coppel, D. L.: Blast injuries to the lungs. *Br. J. Surg.*, 1976, 63: 735-737.
- [4] Kanjoor, J. R., Bang, R. L.: Sand Blast Injury. *Injury, Int. J. Care Injured*, 2001, 32: 249-251.
- [5] Lavonas, E., M. D.: Blast Injuries. *Medicine Journal*, 2001, (2. No. 10).
- [6] Mayorga, M. A.: The Pathology of Primary Blast Overpressure Injury. *Toxicology*, 1997, 121: 17-28.
- [7] Slater, M. S., Trunkey, D. D.: Terrorism in America. *Arch. Surg.*, 1997, 132: 1059-1066.
- [8] Yelverton, J. T.: Pathology scoring system for blast injuries. *The Journal of Trauma: Injury, Infection and Critical Care*, 1996, 40(3): 111-115.
- [9] Virtual Naval Hospital, Emergency War Surgery NATO Handbook, Chapter II, V, XIX, XXXII.
- [10] Zsiros L., Hábel T., Iványi J., Besze T.: A robbanás okozta sérülések sajátosságai. *Honvédorvos*, 1997, 4: 262-275.



**Maj. L. Várhelyi, M.D.M.C.**

**Surgical treatment of blast injuries**

Nowadays, in Hungary the number of blast injuries is low but the Trauma and Emergency Units continuously have to be ready for their treatment by special principles. These combined injuries need teamwork involving specialists in treatment. The principles are different in peacetime and war circumstances. The author presents

the effects of blasts on human body and both mechanical and thermal injuries at the same time with classification of injuries. Penetrating and upper limb injuries are common at blast. Treatment of limb injuries must be done after anti-shock procedures and exploration of penetrating injuries. The author also presents the steps of surgical treatment with own cases.

*Dr. Várhelyi Levente o.órgy.  
1553 Budapest, Pf. 1.*