

Hernád Mária

hernadmaria@freemail.hu

A ROBBANÁS FIZIKAI HATÁSAI ÉS AZ ÉLŐERŐ VÉDELMEK LEHETŐSÉGEI

Absztrakt

A robbanás fizikai hatásai, mint túlnyomás, akceleráció és a repeszhatás speciális sérüléseket okoznak, sokszor a sérülésnek külső jelei sincsenek jelen, de súlyos amputáció, roncsolódás is gyakran előfordul. A tűzszerészek különösen veszélyeztetettek ezen hatásokkal szemben, az EOD-9 nehéz tűzszerész védőruha csökkenti, bár nem szünteti meg a veszélyt. Dolgozatomban részletezem a robbanás okozta károsító hatásokat, a szervezetben lejátszódó folyamatokat és az alkalmazott védőeszköz védelmi képességeit.

The physical effects of blasting, for example overpressure, acceleration and fragments cause special injuries, and many times the injury doesn't have any external symptom, but often occurs severe amputation and destruction. The bomb-disposal specialists have enhanced risk for this effects especially, the EOD-9 heavy bomb suit decreases, but doesn't remove the distress. In my publication I particularize the blasting effects, the pathophysiological processes and defence capacity of applied personal protective ensembles.

Kulcsszavak: robbanás, túlnyomás, gyorsulás, védőeszköz ~ blasting, overpressure, acceleration, protective ensembles

Bevezetés

A terrorizmus az utóbbi években reális veszéllyé vált, a terrorrobbantás már nem papírsárkány többé. Magyarország nemzetközi szerepvállalásai során célpontja a terroristáknak, akik legtöbbször robbantásos merényletekkel akarják céljaikat elérni. Az improvizált robbanótestek elleni harc egyik fontos területe a felderítés és megsemmisítés lehetőségeinek folyamatos fejlesztése, új típusú eszközök kidolgozása, az élő erő védelme. A világ hadseregei és fegyvergyártó cégei versenyben állnak a terroristák által alkalmazott egyre fejlettebb módszereivel.

A Magyar Honvédség is új kihívásokkal néz szembe az afganisztáni misszióban történő szerepvállalás és a pápai repülőtér fejlesztése miatt. 2006 előtt a honvéd tűzszerészek alapvetően a fel nem robbant katonai lőszeresek hatástalanításával és megsemmisítésével foglalkoztak, a PRT-ban szükségessé vált az IED eszközökre történő felkészítés, új eszközök

beszerzése. 2008-ban két bajtársunkat veszítettük el az úgynevezett improvizált robbanószerkezetek által, a robbanás fizikai hatásai okozta sérülések, a tűzszerészek védelme előtérbe került.

Természetesen a hagyományos tűzszerész feladatok, aknamentesítési feladatok során is ugyanolyan fontos az védelem fejlesztése, hazai területeken még a mai napig évente több, mint százezer robbanótest kerül elő a második világháború örökségeként.

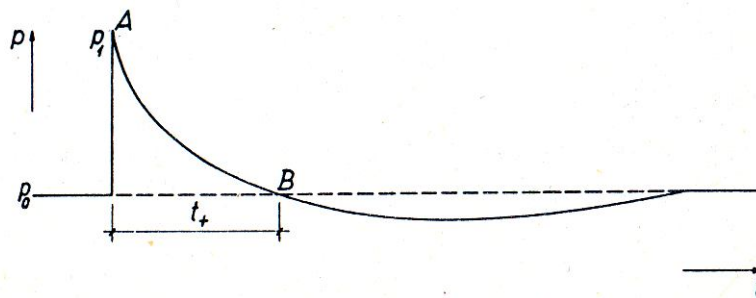


1. ábra. Vigyázz! Robbantás! [1]

A robbanás fizikai hatásai

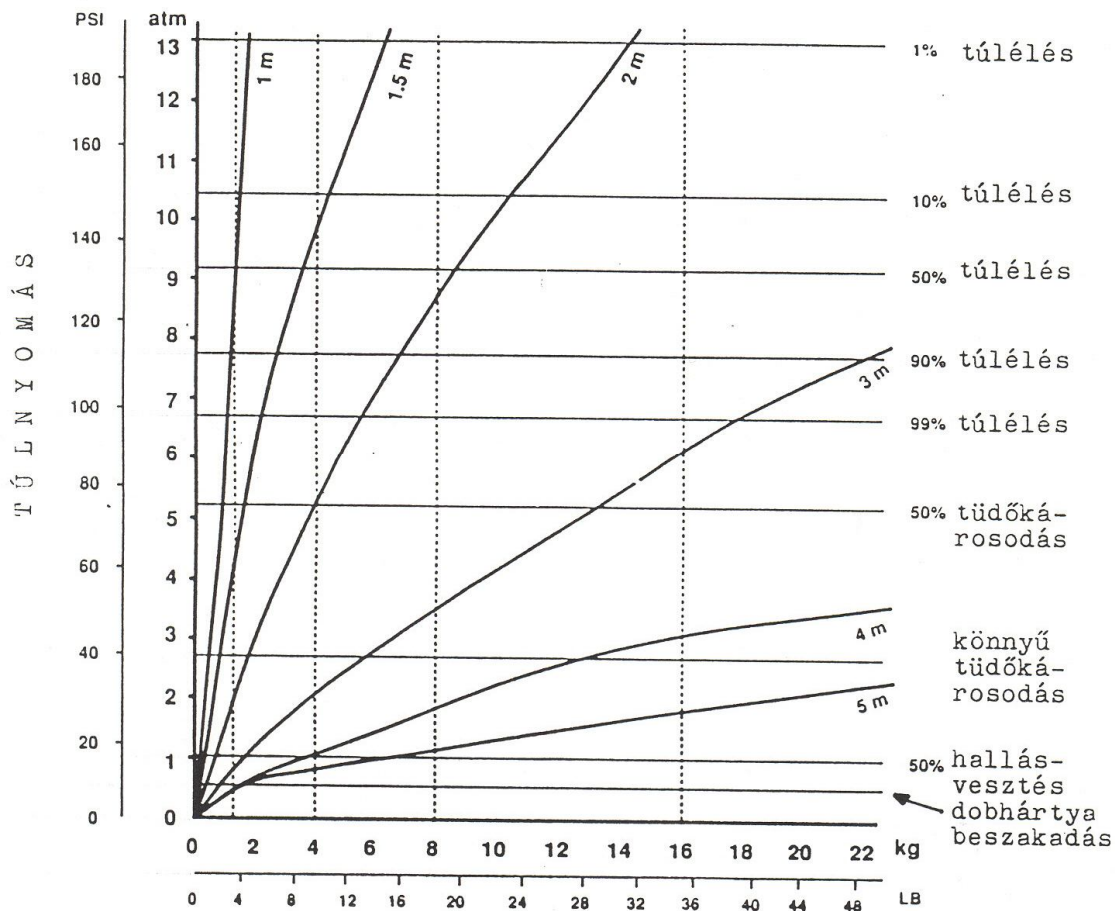
Robbanási túlnyomás

A robbanási túlnyomás /RTNY/ alatt azt az atmoszférás nyomás feletti nyomásfokozódást értjük, amely robbanóanyagok vagy fegyverek okozta robbanás során keletkezik. Lényege a robbanási hullám előtt elhelyezkedő levegő kompressziója, amely felhevíti és felgyorsítja a levegő molekulákat. Ezt a túlnyomást a nyomás-idő görbén a lökeshullám pozitív fázisának nevezzük. Az ezt követő szubatmoszférás területet nevezzük negatív fázisnak. A nyílt területen történő robbanás jellegzetes nyomás-idő görbének alakulását Friedlander hullámnak vagy szabadvonalú hullámnak nevezték el. Zárt térben történő robbanás esetén a nyomás-idő görbe alakulása ettől lényegesen különbözik, mert a lökeshullám a zárt térben található felületekről visszaverődik, előfordulhat, hogy a csúcnyomás a többszöröse a robbanási túlnyomásnak. [2, 3]



2. ábra. Túlnyomás-idő görbe [2]

A károsító hatás döntően a pozitív fázis időszakában keletkezik. A robbanásos túlnyomás elsősorban a levegő tartalmú és a különböző fajsúlyú struktúrákat tartalmazó szerveket károsítja, leggyakrabban érintett szervek: fül, tüdő, belek. [2]



3. ábra.

A robbanást követő túlnyomás okozta egészségkárosodás bekövetkezésének valószínűsége [4]

A 3. ábra igen jó eszköz a robbantási szakemberek számára a túlnyomás szempontjából vett biztonsági távolság meghatározására. A diagram a könnyebb használhatóság érdekében erősen egyszerűsített, csak közelítő pontosságúnak tekinthető, mert lökeshullám pozitív fázisának időtartamát 1,5 ms hosszúnak feltételezi, a sérülési küszöbértékek tehát erre az időtartamra vonatkoznak. Az értékek szabadtéri, felszíni robbanásokra érvényesek: a függőleges tengelyen a túlnyomás található, a vízszintesen a robbanóanyag tömege, míg a ferde vonalak a töltettől mért távolságok paraméterei. Robbanóanyagként a TNT-t vették számításba, más összetevők esetén figyelembe kell venni az alkalmazott anyag TNT egyenértékét. A túlnyomásból származó sérülések közelítő küszöbértékeit vízszintes vonalakon adták meg. Az értékek szabadban álló, védőruhát nem viselő személyekre érvényesek, de nem használhatók zárt térben végrehajtott robbantásokra a reflektált hullámok miatt. [4]

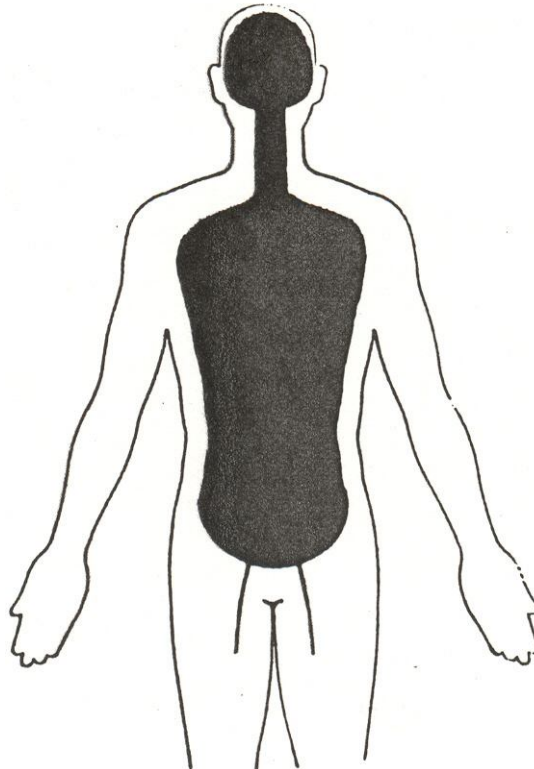
A túlnyomás okozta károsodás mértékét az alábbi tényezők befolyásolják:

- független a robbanás paramétereitől: életkor, nem, esetlegesen fennálló betegségek.

- robbanás tulajdonságaitól függ: a sérült az epicentrumhoz képest hogyan helyezkedik el, csúcsnyomás (csúcsintenzitás), a nyomásgörbe meredeksége, lökéshullám pozitív fázisának időtartama, hullámreflexió.
- környezeti tényezők: szél, domborzat, hőmérséklet. [4]

Repszhatás

A repesz okozta sérüléseket magából a felrobbant robbanótestből származó (ún. elsődleges) vagy a robbanás által elrepített (ún. másodlagos) tárgyak okozzák. Lehetnek fém, fa- és üvegszilánkok, épületek darabjai, bútorok, kövek. Változó lehet a méretük és tömegük is millimétertől akár a több méteres darabokig, a pár grammtól a több tíz-száz kilogrammig. [5]



4. ábra. Az emberi test repeszhatással szemben kritikus felületei [5]

A szilánkok által okozott sérülések súlyosságát számos tényező határozza meg, ilyen tényező a szilánk mozgási energiája, a repesz alakja, sűrűsége, a becsapódás utáni széttöredezés valószínűsége, a szilánk forgása, de természetesen befolyásolja a sérülés helye és a területet fedő ruházat is. A 4. ábrán fekete színnel jelölve látható a test repeszek iránt legsérülékenyebb része.

A szabálytalan alakú repeszek a testbe csapódás előtt átadhatják energiájuk nagy részét a környezetnek, így főleg a ruházatot, a bőrt károsítják, míg a hegyes szilánkok a test mélyébe hatolnak, akár át is mennek rajta.

A testbe csapódás energiáját a repesz tömege és sebessége (szilánksebesség) határozza meg. Az elsődleges repeszek sebessége a katonai gyakorlatban elérheti a 2500 m/s-ot, a nem katonai célú robbantások esetén, illetve házilag gyártott bombák felrobbantásakor a repeszek kezdeti sebessége ennek kb. fele-kétharmada. A másodlagos repeszek sebessége általában alacsony, de ezek is súlyos sérüléseket okozhatnak. [3, 5]

Akceleráció

Hirtelen gyorsulás lép fel, ha a robbanás lökéshulláma elrepíti a testet, vagy egy repülő tárgy, repesz üti-löki meg. A test vagy testrész gyorsulása a személy méretének, alakjának, tömegének a lökéshullám paramétereire viszonyított arányától függ. A hirtelen lassulás akkor lép fel, amikor egy áldozat a robbanást követően valamilyen merev felülethez csapódik.

A sérülések skálája a kisebb horzsolásoktól, zúzódásoktól a végtagok, belső szervek leszakadásáig terjedhet. Próbababuk segítségével meghatározták a fej és a mellkasi szervek gyorsulását és lassulását különböző távolság és töltetmög esetén, a fej gyorsulása elérte a kezdeti 290 g-t, majd a 390 g-t a földre csapódáskor egy 3 méterre felrobbantott 4 kg tömegű TNT töltetnél, ez gyakorlatilag túlélhetetlen. Súlyosbító tényező, hogy a gyorsulás és a lassulás igen gyorsan, pár másodpercen belül követik egymást. [6]

1. táblázat. A távolság és a töltetmög összefüggése közelítőleg ugyanakkora terheléshez [6]

Távolság (m)	Töltetmög (kg TNT)
5	20
4	12
3	4
2	1,5
1,5	0,5

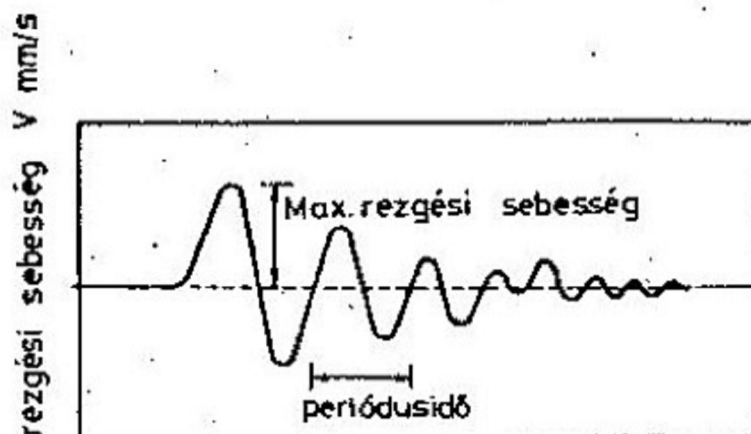
Hőhatás

Égési sérülések keletkezhetnek a robbanás során a közvetlen láng hatás és a detonációs tűzgyólyó, valamint a robbanást követő tűz következtében fellépő kontakt égés következtében. Gyakori a légúti égés is a forró levegő belélegzése miatt. [6]

Szeizmikus hatás

A robbantást követően a robbanóanyag energiájának az a része, amely nem a kőzet (talaj) törését, repesztését, kivetését és a léglökést eredményezte, a robbantás környezetében rugalmas energia formájában jelenik meg. Ez a rugalmas energia felületi hullámok formájában terjed tovább a közegben, melyet a szeizmikus (rezgési) részecskesebességgel, a frekvenciával és a hullám terjedési sebességével írhatunk le, függ a kőzet vagy talaj sajátosságaitól. [7]

A robbanások frekvenciája a 0,3-30 Hz közötti intervallumban mozoghat, általában 0,3-8 Hz. [8] Meghatározzák a késleltetési idő, a robbantási terület geológiája és a robbantási helytől való távolság, a terjedési és késleltetési idők miatt a robbanásoknál egy eredő hullám keletkezik. Magasabb frekvenciájú rezgések általában kemény kőzetekben keletkeznek, míg a lágyabb kőzetekben és a talajokban a kisebb frekvenciájúakat mérhetünk. A magasabb frekvenciájú rezgések a távolsággal jobban csillapodnak, hamarabb elhalnak. [7]



5. ábra. Robbantási szeizmogram [7]

A szeizmikus hatás az emberi szervezetre általában tartós vagy maradandó károsodást nem okoz, enyhe stressz, szédülés, vegetatív labilitás előfordulhat. [9]

2. táblázat. Az emberi szervezet érzékenysége a szeizmikus rezgésekre [7]

Érzékelés szintje	Szeizmikus rezgési sebesség (mm/s)	A föld elmozdulása 10 Hz-nél (mm)	A föld elmozdulása 40 Hz-nél (mm)
Éppen érezhető	0,5	0,008	0,002
Kellemetlen	5,08	0,08	0,02
Nagyon zavaró	17,8	0,28	0,07

Robbanásos sérülések patofiziológiája

A robbanásos sérülések kialakulásakor a következő patofiziológiai folyamatok lépnek fel:

- a bomba vagy robbanás okozta psychés trauma, extrém stressz-reakció;
- akusztikus trauma;
- a lökéshullám sújtó hatása /általános rázó hatás, nyomó hatás, lökő hatás/;
- barotrauma;
- mechanikai sérülések. [2]

A patofiziológiai folyamatok bár minden sejtben, szövetben lejátszódnak, a különböző szervekben, szervrendszerekben különböző klinikai képet mutatnak.

A rázkódás eredményeként az agyban finom ultrastrukturális károsodások alakulnak ki elsősorban a hipokampus területén, az antioxidáns rendszer szignifikáns károsodása és oxidatív stressz lép fel. A poszttraumás stressz betegség ezek és más, robbanásos sérülés okozta biokémiai zavar következménye. A hirtelen gyorsulás, majd lassulás következtében a folyadékban lebegő agyvelő nekicsapódik a koponyacsontoknak, először az epicentrumtól távolabb eső részen, majd az ellenkező oldalon. A lágy agy ütközik a kemény csonttal, így az zúzódik, bevérzések, szövetkárosodás, vizenyő keletkezik, a sérülések olyan súlyosak lehetnek, hogy maradandó bénulások, beszédzavar, vakság alakulhat ki, vagy bekövetkezhet a sérült halála. Természetesen a robbanás során a koponyacsont is törhet tovább súlyosbítva a kórképet. [2]

A robbanás hatására vérzés alakulhat ki az orrüregben, szájban, gégeben. [3]

A szemsérülések többsége másodlagos, általában a repeszek okozzák, a szaruhártya felszakad, szemlencse, üvegtest, retina károsodik, leválhat, látóideg leszakad. Ritkán előfordulhat légembólia a retina ereiben, a szem ruptúrája. [2]

A fülben lévő levegővel telt dobüreg a legérzékenyebb a robbanás okozta légnyomásváltozásra. A dörejártalomnál a középfül és a belsőfül struktúrájának károsodása miatt általában kombinált típusú halláscsökkenés jön létre. A dörej erejétől függően a membrana tympanin kisebb-nagyobb szakadások, a középfülben bevérzés, a hallócsontláncolat luxációja, szakadása, a fenestra ovális ruptúrája, a basalmembrán leszakadása, a Corti-szerv, illetve a szőrsejtek károsodása jöhet létre. Érvényesül a fej árnyékoló hatása, ezért általában egyoldali a károsodás. A halláscsökkenés mellett fülfájdalom, fülszűrés, a hallójáratból véres váladék szivárgása, súlyosabb esetben egyensúlyzavar és hányinger is jelentkezhet. [9] A dobhártya átszakadásának küszöbértéke 0,35-0,45 bar. [4]

A tüdőben előforduló sérülések a tüdőkontúzió, tüdővérzés és a légmell. A boncolási lelet főleg a csúcsnyomás nagyságától függ, minimális strukturális elváltozások és súlyos tüdőroncsolódás okozta halál között széles a paletta. Gyakori lelet a tüdő felszínén kialakuló masszív vérzés a bordák lefutásának megfelelően. A robbanás oldalán az elváltozások kifejezettebbek. A nyomáshullám eléri az emberi testet, egy része reflektálódik, a nagyobb része belép a szervezetbe. A tüdőben a kis léghólyagocskákban lévő levegő összepréselődik, megsérül a hólyagocskát és az ereket határoló hártya és az erek fala is. Vérzés és vizenyő keletkezik, amely olyan mértékű lehet, hogy lehetetlenné válik a légcseré. A nyomást követő szívóhatás hatására a gázbuborékok behatolhatnak a véredényekben, légembóliát okozhatnak, amely az agyban, szívben végzetes következményekkel jár. [3]

A szívkontúzió kiváltásához erősebb behatás szükséges, mint a tüdő kontúziójához, vérzések formájában jelentkezik, gyakori a koszorúerek elzáródása légembólia vagy fibrin kiválás miatt. Patológias neurokardiális reflex jelentkezik olyan ritmuszavarokat okozva, mint asistolia, bradikardia, tachikardia és kamrafibrilláció. A robbanási túlnyomás súlyosabb eseteiben a szívizom beszakadása vagy lacerációja előfordulhat. [2]

A hasi szervek közül a gyomor-bélrendszer a legsérülékenyebb a robbanási túlnyomással szemben, bevérzések, helyi bélfal gyengülés, perforáció, roncsolódás és ennek szövődményei gyakoriak a robbanást elszenvedett sérültek esetében. Leginkább a vastagbél érintett, speciálisan az ileocecalis tájék, ahol a gázok felgyülemlekednek. Légembólia alakulhat ki a mesenterium ereiben. A hasi parenchymás szervek is sérülhetnek, gyakori a máj, lép, vesék leszakadása. Sajátos védekező mechanizmus az epiglottis reflektórikus elzáródása robbanás hatására. [3]

Robbanási túlnyomás következtében a végtagok súlyos sérülései akkor következnek be, ha a csúcsnyomás túllépi a 15 bar-t, viszont az akceleráció miatt gyakori a roncsolódás, amputáció előfordulása, repeszek is súlyos mechanikai sérüléseket okoznak. Az okozott kórképek az egyszerű zúzódástól a végtag teljes roncsolódásáig széles skálán mozognak. A láb sérüléseit leggyakrabban a gyalogság elleni aknák okozzák. [3] A végtagsérülések gyakori szövődménye a szövetroncsolódás és bevérzés következtében kialakuló rekesz-szindróma. [2]

3. táblázat. A robbanás okozta sérülések osztályozása [2, 10]

Osztályozás	Mechanizmus	Érintett szervek	Sérülések
Elsőrendű robbanásos sérülés	robbanási túlnyomás, barotrauma	- Levegővel telt üreges szervek (tüdő, gyomor-bélrendszer, középfül) - A levegővel tel szervek mellett elhelyezkedő szolid szervek (szív, lép,	- Tüdő barotrauma - Dobhártya perforáció - Gyomor-bélrendszer perforáció, vérzés - Szemgolyó repedés - Agyzúzódás a fej

		máj, vese) - Nagyerek	sérülésének külső jele nélkül - Máj, lép ill. vesék leszakadása - Szívzúródás - Nagyerek szakadása - Légembólia
Másodrendű robbanásos sérülés	repszhatás	- Bármely szerv érintett lehet	- Zúródások, törések testszerte - Áthatoló sérülés a szemén, koponyán, mellkason, hason, medencén
Harmadrendű robbanásos sérülés	hirtelen gyorsulás-lassulás, a test ütközése	- Bármely szerv érintett lehet, elsősorban fej, nyak, végtagok	- Zárt fejsérülés - Nyaki csigolyatörés - Traumás végtagsérülés;
Negyedrendű robbanásos sérülések	hőhatás, toxikus gázok	- Bőr, szem - Légutak, tüdő	- Égés - Légúti égés - Mérgezés
Kísérő tünetek	stressz	- Szisztémás válasz a traumára	- Angina - Hypertonia - Hyperglycemia - Asthma

A teljes szervezetet érintő súlyos szövődmény a crush-szindróma. Lényege a szövetkárosodás, melynek következtében toxikus anyagok szaporodnak fel a vérben, akut veseelégtelenség alakul ki. [2]

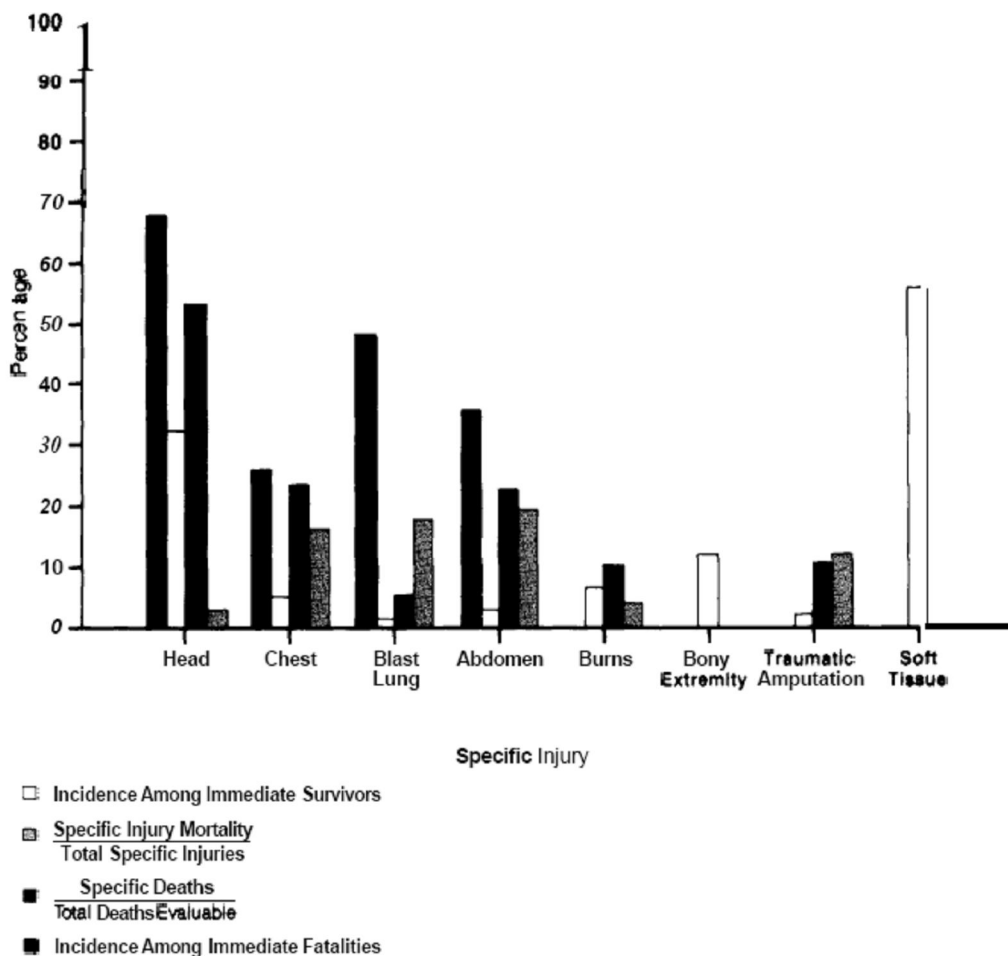
A robbanás következtében kialakuló tünetek igen változatosak. Cyanosis látható a bőrön, nyakon, gyakori a vérzés az orrból, szájból, fülből, dobhártya vérzés, szakadás jelenik meg. Légzési nehézséget szapora légvétel követi, kísérheti vérköpés, csengő jellegű krepitáció mindkét tüdő felett, légmell esetén az érintett tüdőfél összeesik. Gyakori tahikardia és a vérnyomás csökkenése, shock kialakulása, az EKG-n ritkán típusos ischemiás vagy infarktus jelek detektálhatók. Az esetek egy részében nem találjuk egyéb látható külső sérülések jeleit. [2]

A diagnózis felállítása a korai fázisban gyakran nehézségekbe ütközik a szegényes tünetek miatt. A tüdőszérülések jelentőségét gyakran alábecsülik. Az elfogadott traumatológiai súlyossági indexek robbanásos sérülések esetén nem használhatók, ezért Cernak kidolgozott egy kifejezetten erre a sérülés típusra alkalmazott osztályozási rendszert. [2]

4. táblázat. Robbanásos sérültek osztályozása [2]

CERNAK-FÉLE SCORE	
nincs hallószerv károsodás	IS=/E+G+ST//SD/
a hallószerv is károsodott	IS=/E+G//SD/
IS= sérült állapotának súlyossága E= a sérülés/vagy szervek/ vagy szervrendszerek száma/ G= a sérülés kiterjedése/sérült szervek százaléka vagy a törések száma/ ST= sérülés típusa/a legsúlyosabban sérült szerv vagy szervrendszer súlyossága SD= a sérülés mélysége/a legsúlyosabban sérült szerv vagy szervrendszer mélységének súlyossági foka	
Enyhe sérülés: IS= 1-6 Közepes: IS= 7-12 Súlyos: IS= 23-34	

A kezelést és a prognózist alapvetően a kialakult sérülések, a sérült általános állapota, előzetes betegségei határozzák meg. A halál általában a tüdővérzés, a koszorúerek légembóliája vagy az idegrendszer sérülése miatt következik be. [2]



6. ábra. A különböző sérülések megjelenési aránya [11]

A 6. számú ábrán a különböző sérülések (fejsérülés, tüdővérzés, égés, nyílt törések) megjelenési arányát lehet leolvasni a túlélők és a halottak vonatkozásában. [11]

Az élőerő védelme a robbanás fizikai hatásaival szemben

A Magyar Honvédségben rendszeresített katonai védőeszköz IED feladatok végrehajtása során az EOD-9 nehéz tüzserész védőruha, amely jelenleg a leghatékonyabb a robbanás fizikai hatásaival szemben.

Részei a rövid felsőkarját magasztott gallérral és ágyékvédő lappal, a lap visszahúzható, hogy a ruha guggoló helyzetben kényelmesebb legyen, a hátoldalán van felvezetve a sisakba a csatlakozókábel, amelyen a kommunikáció történik. Több zseb található rajta a szerszámok, rádió és a folyadékellátó rendszer részére. A hosszú nadrágszárak teljes fedést nyújtanak a repeszek ellen, az ízületeknek megfelelően vannak tagolva, megkönnyítve a mozgást. Egy antropometrikusan tervezett, nagy becsapódási energiát is felemészítő hátvédő csatlakozik a nadrágszárakhoz, védi a gerincet egészen a koponya alapig, segít tartani a sisakot. Egybeszabott (integrált) ágyékvédő körkörös ballisztikus és lángvédelemet biztosít, átfedéssel nyúlik le a comb felső részére, mely különösen veszélyeztetett a repeszekkel szemben. Az egész ruha gyorsan bomló kapcsolókkal van tervezve. [12]

A külső védőburkolat anyaga égésálló és vízmentes és jól tisztítható, mosható. A térd- és könyökrészek tartós gumyszerű anyaggal vannak megerősítve. A lágy ballisztikai betétek aramidszálal anyagból vannak, erre illeszkednek rá a kemény kevlar betétek, eltávolíthatók a karbantartás idejére. [12]

A sisak illeszkedik a ruhára, különböző méretű szivacs betétekkel pontosan méretre állítható, a fej formájára igazítható. Fő tartozékai a légkeverő rendszer, kommunikációs rendszer, környezetfigyelő rendszer, a belső energiaellátó, beépített lámpa és az ellenző törlővel. Védi a fejet és a fület a túlnyomás, a gyorsulás és a repeszek ellen. [12]



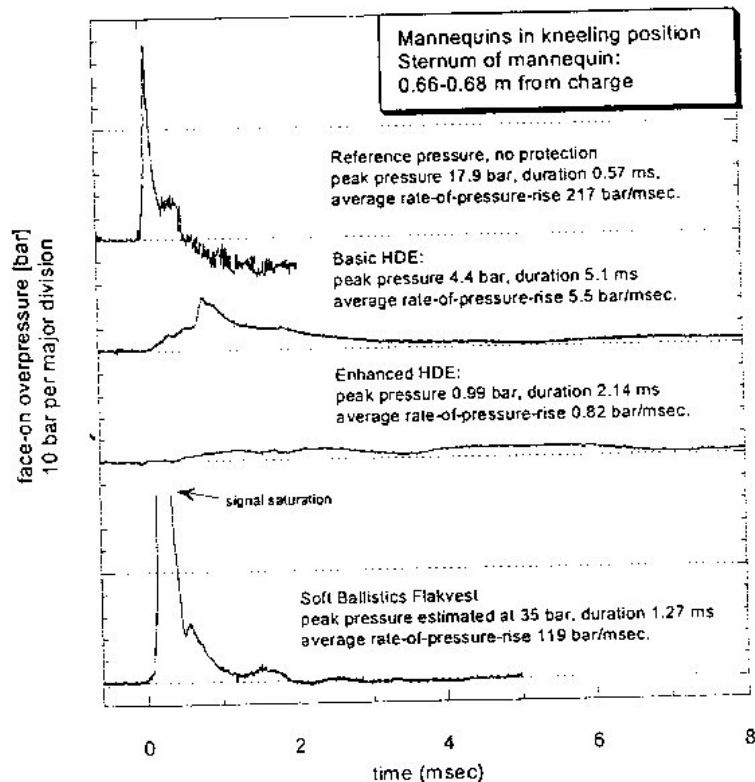
7. ábra. EOD-9 nehéz bombaruha [bal oldal: 1, jobb oldal: 13]

A védőfelszerelések, sisakok és bombaruhák használata a mellkas, has és ágyék területén a túlnyomás okozta károsodást mintegy 40-50%-kal csökkenti, a fejen 90% feletti terheléscsökkentés érhető el. A vékony mellények és testpáncélok hatástalannak bizonyultak, sőt akár helyi nyomásfokozódást is okozhatnak. [4]

A robbanás nyomáshulláma interakcióba lép a bombaruha keményebb és lágyabb részeivel, az energia nagy része visszaverődik róla. A rendszerbe állított bombaruhákat is gyártó cég kísérleteket végzett a védőeszközök védelmi képességének modellezésére. A gépjárműiparban is használatos, emberi testet szimuláló próbababákba mérőeszközöket tettek, melyekkel különböző testtájakon (fej, mellkas) mérhető a nyomás és a gyorsulás. Ezekre a babákra különböző típusú védőruhákat adtak, beállították a tűzszerészek szokásos munka közbeni szituációját és különböző tölteteket robbantottak fel. [14]

A 8. számú ábrán egyértelműen látható, hogy a nehéz bombaruha nagyfokú védelmet nyújt a robbanási túlnyomás ellen. Kiemelném, hogy a lövedék- és repeszálló mellény nem véd meg a túlnyomástól, hanem ez a nyomás fokozódik, viszont a repeszek ellen védelmet nyújt, tehát használata, ha nincs más, mégis ajánlatos. Természetesen a töltet nagysága és a robbanástól való távolság is nagyon fontos. Védelem nélkül már 200 g robbanóanyag felrobbantásakor meghaladja a 30 bar-t a robbanási túlnyomás, amely nagy valószínűséggel

halálos a 2 méteren belül tartózkodókra. [14] A jól illeszkedő sisak alkalmas a fül dőrejártalom elleni védelmére is.



8. ábra. Próbababák mellkasán mért túlnyomás 200 gramm C4 felrobbantása után (alulról felfelé: repeszálló mellényben, megerősített nehéz bombaruhában, nehéz bombaruhában, védelem nélkül) [14]

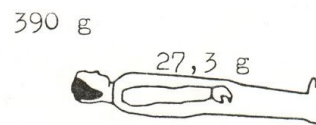
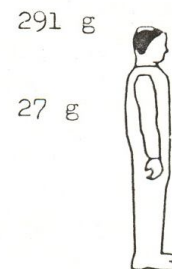
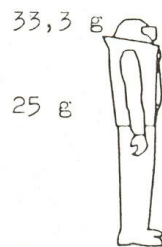
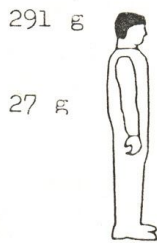
A szilánkokkal szemben a kritikus testfelületeket (4. ábra) kell a legjobban védeni, a védőruházat szilánkfogó képességének biztosítására laboratóriumi szilánk-szimulátorokat használnak. A nehéz bombaruha nagyfokú védelmet nyújt az elsődleges és másodlagos repeszek ellen. Az arc védelmére kifejlesztettek egy a sisakra szerelhető sisakrostélyra hasonlító lemezt. [12, 14]



9. ábra. EOD-9 bombaruha sisakrostélyja [13]

Mint korábban említettem, végeztek kísérleteket a hirtelen gyorsulás és lassulás kapcsán is. Különböző nagyságú tölteteket robbantottak fel különböző távolságra és mérték a fejre és a mellkasra ható gyorsulást ill. lassulást védőruhában és védőruha nélkül próbababák

segítségével. A mellkasra ható gyorsulási és lassulási értékekben nem volt lényeges különbség, de a fej esetében a sisak 90%-os csökkenést idézett elő. A 10. és 11. számú ábrákon látható, hogy miután egy 4 kg-os TNT töltetet robbantottak a próbababáktól 3 m-re, védősisak nélkül a fejre ható kezdeti gyorsulás 290 g, míg a lassulás a földre érkezéskor 390g, védősisakban ez az érték lecsökkent 33 g-re. [6]



10. ábra. Gyorsulás hatása [6]

11. ábra. Lassulás hatása [6]

A bombaruhák és sisakok a mérések szerint rendkívül jó védelmet nyújtanak a hőhatás ellen. A védőházat rendelkezik belső hűtőrendszerrel, maximálisan körülöleli a testet, többrétegű kevlar betétek és szigetelő légrétegek fokozzák a katona védelmét. Olyan levegőztető rendszer van a sisakba építve, amely minimálisra csökkenti a belégzéses égés veszélyét. [6]

A gyalogság elleni aknák okozta súlyos roncsolt lábsérülések megelőzésére fejlesztették ki az akna-álló úgynevezett „pókláb” bakancsot. Biztonságos távolságot tart a robbanástól, a robbanás energiáját szétoszlatja, eltéríti a nyomáshullámot, elnyeli a megmaradt robbanási energiát. Egy bábú segítségével hasonlóképpen tesztelték, mint a bombaruhákat. 200 gramm C4-et robbantottak fel különböző bakancsok és a pókláb alatt, az eredmények szerint a pókláb bakancs viselésekor is megsérül a katona lábfeje, de kezelés sokkal egyszerűbb és a prognózis lényegesen jobb, mint a többi esetben. [15]



12. ábra. Pókláb bakancs [13]

Munkaegészségügyi vonatkozások

A munkahely minden olyan szabad vagy zárt tér, föld alatti létesítmény, jármű, ahol munkavégzés céljából vagy azzal összefüggésben munkavállalók tartózkodnak. A munkavállaló napi 8 órát, tehát életének harmadát itt tölti. Azok a hatások amelyek itt érik, az egész életét és egészségét befolyásolják. [9]

Az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés érdekében a munkáltató köteles olyan intézkedéseket hozni, hogy lehetővé tegye a veszélyek elkerülését, ha ez nem lehetséges, azokat értékelni kell, és stratégiát kell kidolgozni az ártalmak csökkentésére. Jelen esetben a robbanás illetve robbantás fizikai hatásainak elkerülésére, amennyiben nincs más lehetőség (pl. távirányítású robot használata), szükség lehet egyéni védőeszköz használatára. A Magyar Honvédség tűzszerészei az EOD-9 nehéz bombaruhát alkalmazzák mind hazai, mind missziós feladatok végrehajtásakor. Az EOD-9 kiegyensúlyozott védelmet biztosít a túlnyomás, repesz, lökéshullám és a hőhatás ellen, de nem nyújt garanciát arra, hogy robbanás esetén nem lesz súlyos sérülés vagy halál.

Az egészségre és testi épségre nemcsak a különböző katonai és barkácsolt eszközök robbanása, illetve tartalma lehet egészségre ártalmas, hanem az ellene irányuló tevékenység körülményei, eszközei is.

A tűzszerész munka közben a felszerelésen túl még több mint 45 kg terhet cipel, és jelentős hőterhelés éri, ami jócskán megnöveli a katonát erő megterhelést és igénybevétele. Akadályozott a veríték párologtatása, ami a hőháztartás szabályozását rontja, lehetetlenné teszi a hőleadást, viszont az extrém fizikai megerőltetés hatására az izommunkával és a feladat végrehajtása miatt kialakuló stresszhelyzet miatt rengeteg leadandó hő termelődik, kialakulhat hőkollapszus, hőkimerülés, hóguta is. Ennek kivédésére alkalmazható az EOD-9 védőruházattal kompatibilis testhűtő rendszer, amely segíti a használó törzsének hőszabályozását. Egy elemmel működtetett pumpa segítségével egy tartályból jeges vizet keringtet a viselt öltözetbe épített csőrendszeren keresztül, ez megfelelő komfortérzetet biztosít és megnyújtja a bevetési időt.

A feladatra történő felkészülés alapvető elemei:

- az előzetes orvosi vizsgálat;
- a védőruha viseléséhez és a stressztűrő képesség fokozásához szükséges edzettségi szint elérése és megőrzése;
- a feladat végrehajtásának készségi szintű begyakorlása védőruha nélkül, majd védőruhában;
- a művelési területre érkezéskor akklimatizáció szükséges;
- a katona kioktatása a hőség okozta kórképek megelőzésére, felismerésére.

A feladat végrehajtása közben az alábbi higiénés szabályok betartása ajánlott:

- megfelelő munkabeosztást kell kialakítani, körülményektől függően általában 20 perc munkát kövessen legalább 20 perc pihenő;
- szeparált légkondicionált helyiség vagy legalább árnyékos hely szükséges a pihenésre;
- megfelelő mennyiségű, lehetőleg hűtött, nem alkoholos védőital biztosítása kötelező.

Védőruhával szemben támasztott higiénés követelmények:

- mérethelyes, állítható;
- jól tisztítható, karbantartható;
- cserélni kell, ha tönkremegy, nincs kihordási ideje;
- oktatás a védőruha alkalmazásával kapcsolatban.

Összegzés

Dolgozatomban összefoglaltam a robbanás fizikai hatásait, a robbanási túlnyomást, repeszhatást, a hirtelen gyorsulást és lassulást, a hőhatást és kiegészítésként a kőzetekben és talajban kiváltott szeizmikus hatást, bár a többihez képest elhanyagolható az emberre gyakorolt hatása. A fizikai hatások alapján részletezésre kerültek az emberi szervezetben lejátszódó folyamatok és értékelésük, valamint ezek megelőzésének eszköze, a jelenleg a Magyar Honvédségnél alkalmazott EOD-9 nehéz tűzszerész ruha védelmi képessége. Természetesen nem hagyhatók figyelmen kívül a munkaegészségügyi szempontok sem, mivel azt a cél szolgálják, hogy a katona minél kevesebb megterhelést szenvedjen el a bombaruha használata közben, minél optimálisabban tudja kihasználni annak védelmét.

Irodalom

- [1] Saját készítésű képek
- [2] Liptay László: Robbanásos sérülések és az ellátás belgyógyászati problémái, Honvédorvosi tanfolyam előadás (2003. január).
- [3] Zsíros Lajos, Hábel Tamás, Iványi János, Besze Tibor: A robbanás okozta sérülések sajátosságai, Műszaki Katonai Közlöny 1999/3 pp. 3-22.
- [4] Susánszky Zoltán: A robbanás emberre gyakorolt hatása I., Műszaki Katonai Közlöny 1993/4 pp. 3-18.
- [5] Susánszky Zoltán: A robbanás emberre gyakorolt hatása II., Műszaki Katonai Közlöny 1994/1 pp. 19-28.
- [6] Susánszky Zoltán: A robbanás emberre gyakorolt hatása III., Műszaki Katonai Közlöny 1994/2 pp. 3-24.
- [7] Lukács László: Katonai robbantástechnika és környezetvédelem, ZMNE jegyzet (1997) p. 304.
- [8] Veroslav Kaplan, Jan Gireth: A robbanás személyi állományra gyakorolt hatásai értékmegállapításának időszerű kérdései, Műszaki Katonai Közlöny 2000/1 pp. 15-20.
- [9] Ungváry György: Munkaegészségtan, Medicina (2004) p. 983.
- [10] James H. Stuhmiller: Blast injury, United States Army Medical Research and Materiel Command, Fort Detrick, Maryland (2008)
http://www.bordeninstitute.army.mil/published_volumes/blast_injury/blast_injury.pdf
Letöltési ideje: 2009. 04.21.17:45.
- [11] Y. Phillips, D.R. Rhichmond: Primary blast injury and basic research: A brief history, Conventional Warfare Ballistic, Blast and Burn Injuries (1991)
http://www.bordeninstitute.army.mil/published_volumes/conventional_warfare/ch06.pdf
Letöltés ideje: 2009. 05.02.17:22.
- [12] Nehéz tűzszerész védőruha, Med-Eng EOD-9 Kezelési, használati és tárolási utasítás, Med-Eng Inc., Ottawa, Canada, (2007) p. 27.
- [13] <http://www.allenvanguard.com/Category.aspx?CategoryId=1> Letöltés ideje: 2009. 05.01.15:54.

- [14] A. Makris, J. Nerenberg, R. James, C. Chichester: Evaluation of Personal Protective Ensembles for Humanitarian Demining, Fourth International Symposium on Technology and the Mine Problem, Monterey, California, March 12-16, (2000) p. 10.
- [15] A. Makris, S. Islam: Performance tests of 'spider boot' for demining, Med-Eng Systems, Ottawa, Canada (1999) p. 13.