

A ROBBANÁS EMBERRE GYAKOROLT HATÁSAI II.

Fordította: Dr. Susánszki Zoltán

3. Hirtelen gyorsulás illetve lassulás okozta sérülések

Ez a fejezet a harmadik abból az öt publikációból, amelyet "robbanások kihatásai" címmel a kanadai "R and D" csoport állított össze. A jelen összefoglaló mindenek előtt a hirtelen gyorsulás illetve lassulás által előidézett sérülésekkel foglalkozik, különös tekintettel a robbanótöltet elhelyezésére.

3.1. Gyorsulás

Gyorsulásból származó sérülések két módon is keletkezhetnek. Az első változatnál az áldozatot egy tompa repesz vagy egy repülő tárgy ütése éri (5), a másodiknál az emberi test egy lökéshullám hatásának van kitéve (4, 10, 15). Az utóbbi esetben a test (vagy testrész) gyorsulása a személy méretének, alakjának és súlyának a lökéshullám paramétereihöz viszonyított arányától függ. A gyorsulások sérülések skálája az egyszerű rándulástól az agyvérzésen át a végtagok letépesésig terjed. Az emberi test gyorsulással szembeni tűrőképességére pontos küszöbértékek nem állnak rendelkezésünkre. Ma még kizárólag becslésekre támaszkodhatunk, amelyeket a kutatók állatkísérletek, hullakísérletek, biomechanikai modellek és sérülést nem okozó humán kísérletek eredményeinek extrapolálásával nyernek (1, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21).

Egy 1989-ben végrehajtott kísérlet során a Kanadai Királyi Lovas Rendőrség megpróbálta számszerűsíteni a fej és a mellkas sérüléseit védőruházattal ellátott és védelem

nélküli, járműiparban használatos próbabábu segítségével. A bábu méretét, alakját, tömegét és mozgását tekintve pontosan megfelelt az emberi test jellemzőinek. A fej tömegközéppontjában triaxiális, tehát három dimenzióban működő gyorsulásmérőt helyeztek el. Ugyanilyen érzékelő került a mellkas súlypontjába is.

Ezzel a műszerrezéssel pontos adatok voltak nyerhetők a két testrész gyorsulására vonatkozóan és megbecsülhetőkké váltak a tűréshatárok nemcsak ezen a területen, hanem pl. az autóiparban is (2, 3, 9, 12). Az 1.sz. ábrán egy védőruhás és egy nélküli bábu fejének és mellkasának gyorsulásértékeit tüntettük fel. A bábu álló helyzetű volt, a távolság 3,0 m, a dinamit töltet tömege 4,0 kg. A sisak nélküli bábu fejének gyorsulása elérte a 291 g/!/ értéket, míg a védőöltözettel ellátott baba mindössze 33 g-t szenvedett el. A mellkas esetében csak csekély különbség volt tapasztalható, a regisztrátumok 25 g ill. 27 g értéket mutattak.

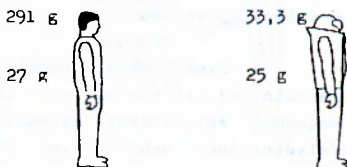
3.2. Lassulás

A lassulásból származó sérülések akkor keletkeznek, amikor az áldozat a robbanást követően valamilyen merev felülethez csapódik. A sérülések skálája ilyenkor a kisebb horzsolásokon és zúzódásokon keresztül leszakadt belső szervekig, csonttörésekig és súlyos agykárosodásokig mindent felölel. A gerinc és a gerincvelő ilyen szempontból rendkívül érzékeny és sérülésük hosszantartó egészségkárosodáshoz, nem ritkán paralizishez vezet. A 2.sz. ábra ugyancsak a fej és a mellkas gyorsulásait szemlélteti abban az esetben, amikor a próbabábu a robbanást követően a földre zuhan (dinamit töltet, 4,0 kg töltetsúly, 3,0 m távolság). Itt a fej gyorsulására 390 g-t mértek, ami túlélhetetlen. Kisebb érték adódik puha talaj esetén, de ilyenkor is nagyon komoly sérülésekkel kell számolni.

A test kezdeti gyorsulása védőruha nélküli és védőruhas személy esetén egy 3,0 m távolságban elhelyezett, 4,0 kg-os (75 %-os) dinamit töltet robbanásának hatására

Túlélhetetlen
XXXXXXXXXXXXXX
Súlyos
Közmoly
Közepes
Kismértékű

1.számú ábra



A távolság és a töltettömeg összefüggése
Közelítő párosítás 4,0 kg-os töltet, 3 m távolságban létrejövő hatásával egyenértékű terneléshez

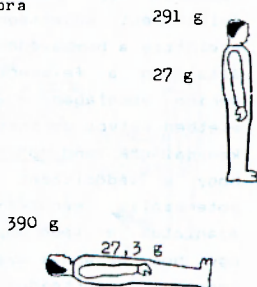
20 kg - 5 m 1,5 kg - 2,0 m
12 kg - 4 m 0,5 kg - 1,5 m

2.számú ábra

A test kezdeti és véggyorsulása védőruha nélküli személy esetén (feltételek megegyezők az 1.sz. ábráéval)

Túlélhetetlen
XXXXXXXXXXXXXX
Súlyos
Közmoly
Közepes
Kismértékű

kritikustól a túlélhetetlenig



Súlyosbító tényezőként jelentkezik az a körülmény, hogy a gyorsulás és a lassulás igen gyorsan követi egymást (jó esetben is néhány másodpercen belül), így az agynak nincs lehetősége még bizonyos mértékű regenerálódásra sem. A gyorsulásnak ez az igen gyors irányváltása csak fokozza a probléma súlyosságát.

A 3-sz. ábra védett, és védelem nélküli személyek várható fej illetve mellkasi sérüléseit hasonlítja össze. A megadott felütközési sebességek nagysebességű kamera (500 felvétel/sec) segítségével mért értékek. A bábu a 8,0 kg tömegű dinamit töltetű 3,0 m-re állt. Az ütközési felület kemény volt, hogy az acél, a vasbeton vagy az aszfalt stb. hatását szimulálja. Az ütközési törőképesség elfogadott küszöbértékeit figyelembe véve egy védőruházat nélküli ember bizonyosan súlyos vagy túlélhetetlen sérüléseket szenvedett volna a gerincoszlopon, a légzőszervi vagy az altesti régióban. Egy védőruha és egy sisak a károsodás mértékét igen jelentősen csökkentené mind a fejen és a mellkasban, mind az altest környezetében.

Egy másik megdöbbentő adattal találkozunk, ha a robbanás az áldozatot a hátára löki. A felsőtest felütközési sebessége ilyenkor is kritikus. Néhány évvel ezelőttig a bombavédő öltözetek gyártói a rádiókészülékeket általában a felszerelés hátoldalára szerelték, éppen a gerinc vonalában. Hátracsapódáskor a rádiókészülék sok esetben súlyos gerincsérüléshez, sőt bénuláshoz vezetett. A kanadai "R and D" csoportnak az a határozott véleménye, hogy a védőöltözet hátára semmit sem szabad szerelni a potenciális sérülés-veszély miatt. Ezen kívül nagyon ajánlatos a védőruha hátrészébe külön gerinctámot építeni úgy, hogy az annak szerves részét képezze. A fejet a lehető legnagyobb mértékben védeni kell, tekintettel az igen nagy (akár 7,4 m/s) felütközési sebességekre.

A test felütközési sebessége
8,0 kg-os (75 %-os) dinamit
töltet, 3,0 m távolságban
történő robbanásekor

3.számú ábra

Túlélhetetlen

XXXXXXXXXXXXXX

Súlyos

Komoly

Közepes

áismértékű

fej

26,5 km/h

16,5 mp/h

7,36 m/s

Hátközép

17,7 km/h

11,0 mp/h



Becsült sérülés

Védett



Közepes

Védőruházat nélkül



Súlyos

Komoly

4.számú ábra

A frontális felütközés
sebessége (feltételek
meggyezők a 3.sz.ábráéval)
védőruházat alkalmazása
esetén, és anélkül

fej

12,3 km/h

7,7 mp/h

3,4 m/s

hátközép

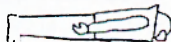
9,8km/h

6,1mp/h

2,7 m/s

Becsült sérülés

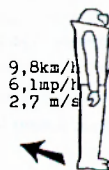
Védett



Védőruházat nélkül



Közepes



Az RCMP számos kísérlet végrehajtása után két, nagyon eltérő test-röppályát figyelt meg. Az első - amint az a 2. és a 3. ábrán látható - a hanyattesés során alakul ki, a második viszont arcra, illetve a test homlokfelületére történő felütközést eredményez. A sebesség az utóbbi esetben lényegesen kisebb és a mellkas várható sérülése is kevésbé súlyos. Egy 8 kg-os töltettől 3 m távolságban álló próbababunál az arc illetve a fej felütközésének mért sebessége pl. 3,4 m/s volt. Azonban még ilyen viszonylag kis sebességnél is sisak nélküli személyeknél kritikus sérülések alakulhatnak ki kemény felülettel történő találkozásnál ugyanakkor, amikor védősisak használatakor csak közepes sérülésekkel kell számolnunk.

3.3. Következtetések

A robbanás nyomása illetve a kemény felületre történő felütközés súlyos, sőt végzetes sérülésekhez vezethet. A korszerű védőöltözetek bebizonyították, hogy igen nagy mértékben képesek a fej, a mellkas és a hát károsodásait csökkenteni. Bővebb felvilágosításért - ha még nem rendelkezik kellő információkkal a kísérleti eredményekről - célszerű szakképzett gyártókhoz fordulni.

Irodalomjegyzék

1. Bowen, I.G., Fletcher, E.R., Richmond, D.R., "Estimate of Man's Tolerance to the Direct Effects of Air Blast". Technical Report No. DASA 2113. Defence Atomic Support Agency, Department of Defence, Washington, D.C., October 1968.

"Az emberi test becsült ellenállóképessége levegőn végzett robbantásokkal szemben"

2. Clarke, Thomas D., Gragg, C.Dee, Sprouffs, F., Trout,

Edwin, M. Zimmerman, Muzzy, and William H., "Human Head Linear and Angular Accelerations During Impact" 6570th Aerospace Medical Research Laboratory, Holloman Air Force Base, Report No. 710857.

"Az emberi fej gyorsulása merőleges és szög alatt történő felütkezés esetén"

3. Clemedson, Carl-Johan, Hellstrom, Gustav, Lindgred, Sten, "The Relative Tolerance of the Head, Thorax, and Abdomen to Blunt Trauma".

Annals New York Academy of Sciences, Vol. 152.p. 187-198. 1968.

"A fej, a mellkas és az altest viszonylagos tűrőképessége tompa ütésekkel szemben"

4. Cooper Mellor, "Analysis of 828 Servicemen Killed or Injured by Explosion in Northern Ireland 1970-84: The Hostile Action Casualty System"

British Journal of Surgery, 1989, Vol. 76, October, p. 1006-1010.

"Észak-Irországbán 1970 és 1984 között robbantások következtében életét veszítette vagy megsebesült 828 katona eseteinek elemzése: a külső behatások károsító rendszere"

5./ Cooper, Graham J., Pearce, Brian P., Stainer, Michael C., and Maynard, Robert L., "The Biomechanical Response of the Thorax to Nonpenetrating Impact with Particular Reference to Cardiac Injuries".

The Journal of Trauma, Volume 22, No. 12, p. 994-1008.

"A mellkas biomechanikai reflexiói a felütkezésre, különös tekintettel a szívsérülésekre"

6./ Cooper, Graham J., Maynard, Robert L., Cross, Norman L. and Hill, James F., "Casualties from Terrorist Bombings",

The Journal of Trauma, Volume 23, No. 12, p. 955-967.

"Terrorista bombamerényletekből származó sérülések"

7./ Goldsmith, Werner, "Biomechanics of Head Injury".

Biomechanics: The Foundations and Objectives 1972.

"A fejsérülések biomechanikája"

8./ Hirsh, Arthur E., "The Tolerance of Man to Impact",

Annals New York Academy of Science, Vol. 152. 168-171,
1968.

"Az emberi szervezet felütközéssel szemben tanúsított
tűrőképessége"

9./ Larson, Sanford J., Sances, Anthony Jr., Thomas,
Daniel J., Channing, Ewing L., "Impact Injury of the Head
and Spine"

Charles C. Thomas Publisher, Library of Congress Card
No. 825867, 1983.

"Fej- és gerincsérülések felütközés során"

10./ Murphy, Chopra, etc., "Sudbural Hematoma in an Adult
Following Blast Injury.

Journal of Neurosurgery, 50, Feb. 1979.

"Egy robbanást követő belső vérzés elemzése"

11./ Nahum, Alan M., Catts, James D., Gadd, Charles W., and
Danforth, John. "Impact Tolerance of the Skull and Face"

12th Stapp Car Crash Conference, Detroit, Michigan, 1968,
Report No. 680785.

"Az arc és a koponya felütközéssel szembeni
tűrőképessége"

12./ Richmond, Donald R., Bowen, Gerald and White, Clayton,
S. "Tertiary Blast Effects. Effects of Impact of Mice.

Rats, Guinea Pigs and Rabbits".

Acrospace Medicine, Volume 32, Number 9, 1961, p.

789-805.

"Harmadrendű robbanási hatások. A felütközés kihatásai egereknél, patkányoknál, tengerimalacoknál és üregi nyulaknál"

13./ Richmond, Donald R. and White, Clayton S., "Biological Effects of Blast and Shock"

Technical Progress Report DASA-1777 Defence Atomic Support Agency, Washington, D.C., April 1966.

"Lokeshullámok és robbanások biológiai hatásai"

14./ Searle, J.A., Bethell, J., and Baggaley, C., "The Variation of Human Tolerance to Impact and Its Effect on The Design and Testing of Automotive Impact Performance" 1978 Society of Automotive Engineers, Inc.

0585-086X/78/1024-0885.

"Az emberi tűrőképesség lehetséges határai a felütközéssel szemben és ezek hatása a gépjárművek ütköző zónáinak a kialakítására illetve vizsgálatára"

15./ Snyder, Richard G., "Human Tolerances to Extreme Impacts in Free Fall"

Aerospace Medicine, Vol. 34. No.8. August 1963, p. 695-709.

"Az ember tűrőképességének határai szabadesésből származó extrém felütközési esetekre"

16./ Stapp, John P., "Historical Review Of Impact Injury and Protection Research".

"A felütközésből származó sérülések és az ellenük való védekezés történeti áttekintése"

17./ Stapp, John P., "Problems of Human Engineering in Reward to Sudden Decelerative Forces on Man"

Presented at the 54th Annual Convention of the Association of Military Surgeons, Hotel Statler.

Boston, Mass., November 13-15, 1947.

"A hirtelen fellépő lassulások emberi szervezetre gyakorolt hatásának mérnöki problémái".

18./ Stapp, John P., "Trauma Caused by Impact and Blast" Clinical Neurosurgery, Volume 12, p. 324-343, 1965.

"Felütközésből és robbanásból származó sérülések"

19./ Swearingen, John McFadden, E.B., Carner, J.D. and Blethrow, J.G., "Human Voluntary Tolerance to Vertical Impact"

Aerospace Medicine, December 1960.

"Az emberi tűrőképesség függőleges felütközés során".

20./ Swearingen, John J., "Tolerance of the Human Face to Crash Impact" Proc. 37th ASMA, Las Vegas, Nevada, 1966.

"Az arc ellenállóképessége ütközéses baleseteknél"

21./ Thompson, A.B., "A Proposed New Concept for Estimating the Limit of Human Tolerance to Impact Acceleration".

Aerospace Medicine, November 1962, p. 1349-1355.

"Új koncepció az emberi ellenállóképesség határainak becslésére felütközési gyorsulásokkal kapcsolatban"

22./ White, C.S., Bowen, I.G. and Richmond, D.R., 1965. "Biological Tolerance to Air Blast and Related Biomedical Criteria. Civil Effects Tests Operations. US Atomic Energy Commission" CEX-654 Lovelace Foundation for Medical Education and Research, Albuquerque, New Mexico.

"A léglökési hullámmal szembeni tűrőképesség és az erre vonatkozó biomechanikai kritériumok. Lakossági vizsgálatok. Az USA Atomenergia Bizottsága."