

MH Központi Honvédkórház*

MH Közegészségügyi és Katonaorvosi Kutató Intézet

Az ionizáló sugárzás és a lőtt sérülések együttes hatásának vizsgálata sertéseken

1. A besugárzó-kaloda dózis eloszlásának és a sertések félhalálos dózis értékeinek meghatározása

Dr. Zsiros Lajos orvosalezredes*,

Dr. Gachályi András ny. mérnökezeredes,

Dr. Horváth Győző orvosalezredes,

Dr. Fűrész József orvosezeredes, a hadtudomány kandidátusa,

Dr. Schweitzer Katalin

Közlésre érkezett: 1997. február 5.

Kulcsszavak: egésztest besugárzás, LD₅₀ érték, dóziseloszlás, elnyelt dózis, fiatal sertés

A szerzők fiatalkorú házi sertések felhasználásával vizsgálati modellt dolgoztak ki a sugársérüléssel kombinálódott, nagy kezdősebességű lövési sérülések patofiziológiájának tanulmányozására. Meghatározták a besugárzó kaloda felületén és különböző síkjában a dóziseloszlást, az elnyelt és a levegőben mért dózis értékek közötti összefüggést, valamint a kísérletekben alkalmazott sertésekre vonatkozó LD₅₀ értéket.

A szerzők e témában végzett további kutatásaik eredményeit folyamatosan közlik.

A nukleáris szerkezetek robbantását követően fellépő gamma-sugárzás, mint a robbanás egyik lényeges eleme, okozója elsősorban mind az azonnali, mind pedig a későbbi időpontokban megjelenő biológiai hatásoknak. Ismeretes, hogy a maghasadás következményeként keletke-

ző, nagy energiájú ionizáló sugárzások a különböző összetételű anyagokon való áthaladáskor kölcsönhatásba lépnek az anyaggal (1-4). A kölcsönhatás eredményeként, egyrészt az anyag hat a rajta áthaladó (energia átadás miatt csökken az eredeti energia, vagy esetenként abszor-

bealódik az anyagban) sugárzásra, másrészt az anyagban is változások jönnek létre. Számunkra különösen fontos azoknak a változásoknak a nyomonkövetése, amelyek az élő szervezetben nagy dózisu gamma-sugárzás hatására jönnek létre.

Kísérleteinkben fiatal házi sertésében kívántuk vizsgálni a sugársérüléssel kombinálódott nagy kezdősebességű lövésisérülések patofiziológiáját. A sugársérülést nagy aktivitású 60 Co-gamma sugárforrással történő egésztest besugárzással kívánjuk modellezni (5-9).

A kísérletek standardizálása, azok korrekt megismételhetősége szempontjából elengedhetetlenül szükséges a besugárzó tér (esetünkben a plexi-kaloda) mindhárom irányú dóziseloszlásának (dózis-hatás térképének) felvétele, valamint az elnyelt dózis és a levegőben mért dózis értékek közötti összefüggés (abszorpció együttható) meghatározása.

Anyagok és módszerek

Kísérleteinkben 18 kg átlagsúlyú, SEGHERS törzsből származó, hím fiatal sertéseket használtunk. Az állatokat külön ketrecben, kontrollált körülmények között tartottuk. Normál sertés tápot (Babádvit Kft. Starter) és csapvizet igényük szerint kaptak. A táp és ivóvíz fogyasztásukat naponta, testsúlyukat hetente mértük.

Az egésztest besugárzás előtt a ma-

lacokat enyhe narkózisban tartottuk (testsúlykilogrammonként 0,01 mg atropin + 10 mg Calypsol), majd a besugárzó kalodába helyeztük. Az állatokra jellemző LD₅₀ érték meghatározására csoportonként 3-3 malcot 2,5-3,0-3,5 és 4,5 Gy 60 Co-gamma dózissal sugároztunk be. A besugárzási körülmény, a sertések geometriai elhelyezése minden egyes állat besugárzásakor azonos volt.

A sertések 60 Co-gamma egésztest besugárzását az MTA Izotópkutató Intézete Sugártechnológiai Osztályának nagy aktivitású gamma-besugárzójában végeztük.

A nagy teljesítményű sugárforrás energiájának jobb kihasználhatósága és a kísérleti állatok minél homogénebb besugárzásának biztosítása érdekében meghatároztuk a besugárzó kaloda sugárforráshoz viszonyított elhelyezésének távolságát és magasságát, valamint a kaloda első, középső és hátsó felületén síkban mért dózis eloszlásokat. A dozimetriát módosított Fricke-doziméterekkel (10-12) végeztük. A besugárzó kaloda távolsága a sugárforrástól 200 centiméter, míg a besugárzási idő 2x100 perc volt.

Külön meghatároztuk azokat a dózis értékeket is, amelyek a sugárforrások mozgatása miatt (a források tároló kútból való felemelése és visszahelyezése, amely dózis az alkalmazott besugárzási körülmények között 0,2162 Gy volt) hozzáadódhatnak a dózis értékekhez, csökkentve

ezzel az effektív besugárzási időt. A doziméterek besugárzásánál 4 db sugárforrást alkalmaztunk, amelyek összaktivitása 728,5 TBq (19689,0 Ci) volt a mérés időpontjában. Az összaktivitás függvényében mért és számított dózisteljesítmény 0,7753 Gy/perc, így a dózistól függő besugárzási idő 2,946–5,525 között volt.

A leadott levegő-dózis test (elnyelt) dózistra történő átszámítási lehetőségének meghatározására túllattatott, kb. 18 kg testsúlyú sertés testfelületére, ill. testüregeibe helyeztünk el a Fricke-dozimétereket, majd az üres kaloda besugárzásával azonos kö-

dózisteljesítmény eloszlását a sugárforrástól való távolság függvényében az *I. táblázatban* foglaltuk össze. A mérési eredményeinkből megállapítható, hogy az általunk kiválasztott sugárforrások alkalmazásakor a besugárzó berendezés dózisteljesítménye a forrástól való távolság függvénye és nem függ a besugárzó tér magasságától (Z-0+50 cm). A besugárzó kalodát és a doziméterek elhelyezésére kijelölt mérési pontokat az *1. ábrán* mutattuk be.

A besugárzó kaloda középvonalában (4 sorban és 6 oszlopban) elhelyezett doziméterek mért értékei (4

Forrás távolság (cm)	Besugárzó-tér magasság (cm)					
	0	10	20	30	40	50
170	0,31	0,31	0,30	0,30	0,29	0,28
180	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,25
190	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,23
200	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21
220	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17

I. táblázat: A besugárzó berendezés dózisteljesítmény eloszlása (kGy/óra)

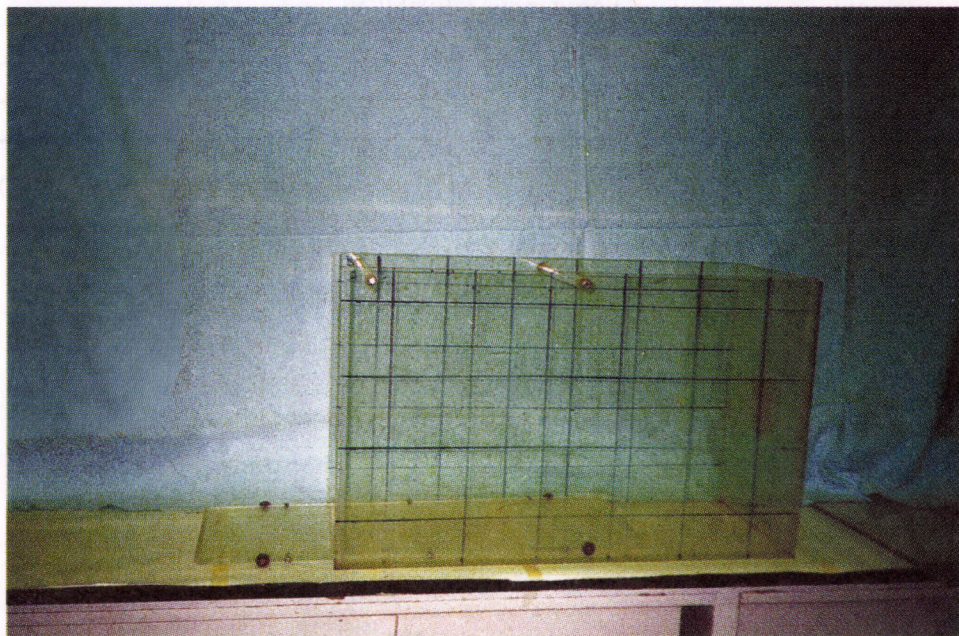
rülmények között elvégeztük az állat egésztest besugárzását. A doziméterek kiértékelése után kiszámítottuk azokat a szorzó faktorokat, amelyek alkalmasak az elnyelt dózis pontos meghatározására.

Eredmények, megbeszélés

A 60 Co-gamma besugárzó berendezés (4 db sugárforrás esetében)

db sugárforrás, 200 perces besugárzási idő, sugárforrástól való távolság R-200 cm) a besugárzott felület homogén dóziseloszlását bizonyítja, amely értékeket a *II. táblázatban* adtuk meg.

A középvonal különböző pontjain elhelyezett összesen 24 db doziméter értékeiből számított átlagérték 148,3+3,5 Gy, míg a minimális és a



1. ábra: A besugárzó kaloda

Sor	Oszlop					
	1	2	3	4	5	6
1	146,0	145,7	146,3	146,0	142,6	141,8
2	148,3	148,8	149,1	148,3	146,0	143,2
3	152,2	153,7	153,7	149,8	147,4	144,7
4	152,8	152,8	152,7	151,0	148,7	145,7

II. táblázat: A besugárzó kaloda középvonalában mért dózis értékek (Gy)

maximális értékek közötti eltérés 8,02% volt.

A kísérleti állat nagy testtömege indokolttá teszi, a sugárforrástól távolabb eső testrészek (test-síkok) kisebb sugárterhelésének kiegyenlítése érdekében, hogy a dózist két részletben, a kaloda megfordításával kell leadni.

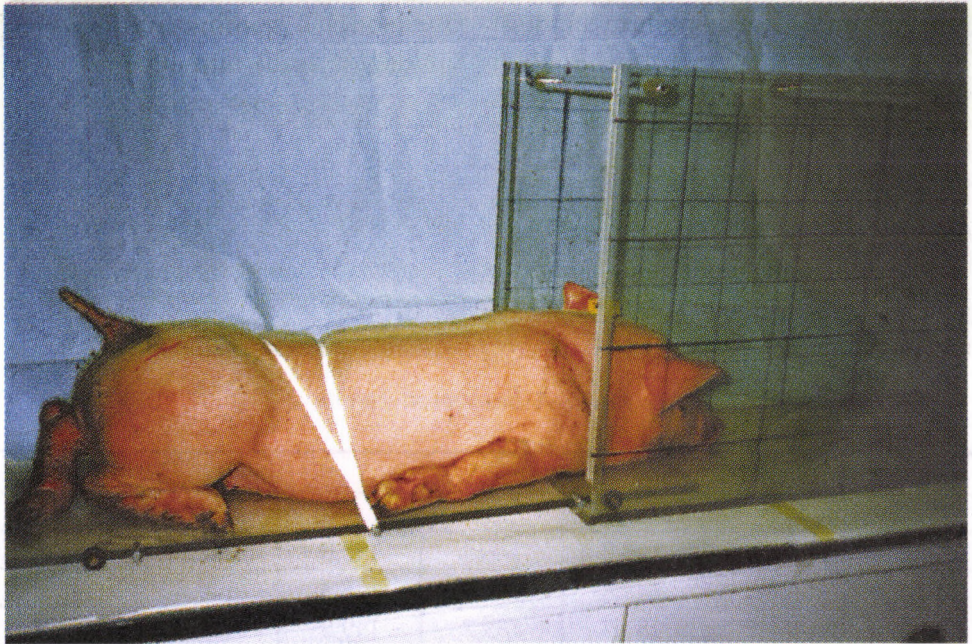
A besugárzó kalodán belül több sík-

ban elhelyezett (elöl, középen és hátul síkonként 24-24 db, valamint félidőben megfordított), majd besugárzott doziméterekkel kapott eredményeinket a III. táblázatban mutattuk be.

Megállapítható, hogy a besugárzó kaloda mindhárom síkjában mért dózis értékek gyakorlatilag megegyeznek, így a besugárzási idő felé-

Besugárzási felület (Gy)		
A kaloda első síkja	A kaloda középső síkja	A kaloda hátsó síkja
147,3 + 3,82	144,8 + 1,10	147,7 + 3,31
min-max: 4,2%	5,9%	6,1%

III. táblázat: A besugárzó kaloda különböző síkjain mért dózis értékek (átlaga+SD)



2. ábra: A kísérleti állat behelyezése a besugárzó kalodába

nél történő kaloda megfordítással elérhető, hogy a kísérleti állatok az egésztest besugárzás alkalmával, a test középvonalához viszonyítva mindkét testoldalon, homogén, gyakorlatilag azonos sugárterhelést kapjanak.

A 2. ábrán a sertések kalodában történő besugárzáskori behelyezése látható.

A IV. táblázatban foglaltuk össze a

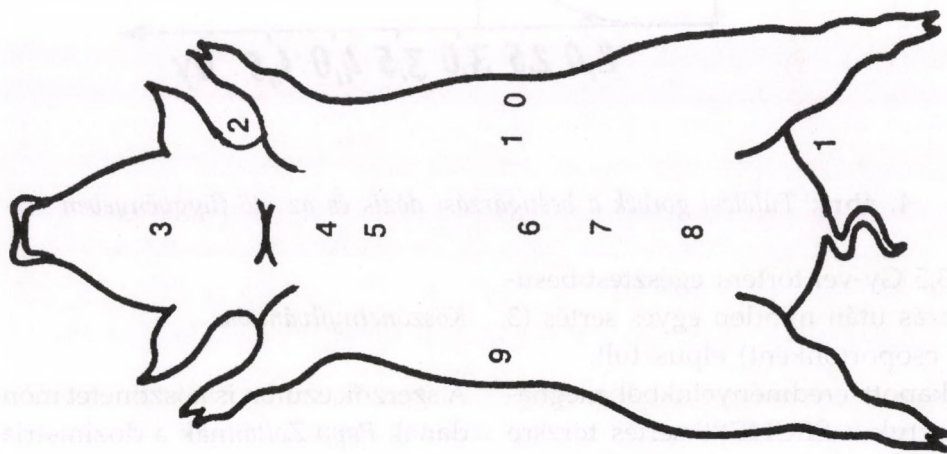
túlatatott és a testüregeiben különböző pontokon elhelyezett Fricke-doziméterekkel mért értékeket, valamint a levegő- és az elnyelt dózis közötti összefüggésre kiszámított szorzófaktorokat.

A doziméterek elhelyezését a testüregekben a 3. ábrán mutattuk be.

A besugárzási kaloda dózis-hatás összefüggéseinek tisztázása után meghatároztuk a kísérleteinkben

Mérési hely	Doziméter (db)	Mért dózis átlaga (Gy)	Szorzó faktor	Abszorpciós faktor
Hátvonalon (kívül)	5	154,1	0,963	1,000
1. Hátsó lábak között	2	131,5	1,13	0,853
2. Első lábak között	2	141,5	1,05	0,918
3. Szájüreg	2	128,8	1,15	0,835
4. Szív-burok	2	136,1	1,09	0,883
5. Mellüreg	2	128,0	1,16	0,830
6. Hasüreg (máj felett)	2	129,1	1,15	0,838
7. Gerinc előtt	2	127,1	1,17	0,825
8. Medence közepe	2	108,4	1,37	0,703
9. Testfalnál (jobb)	3	125,0	1,19	0,811
10. Testfalnál (bal)	3	126,2	1,18	0,819

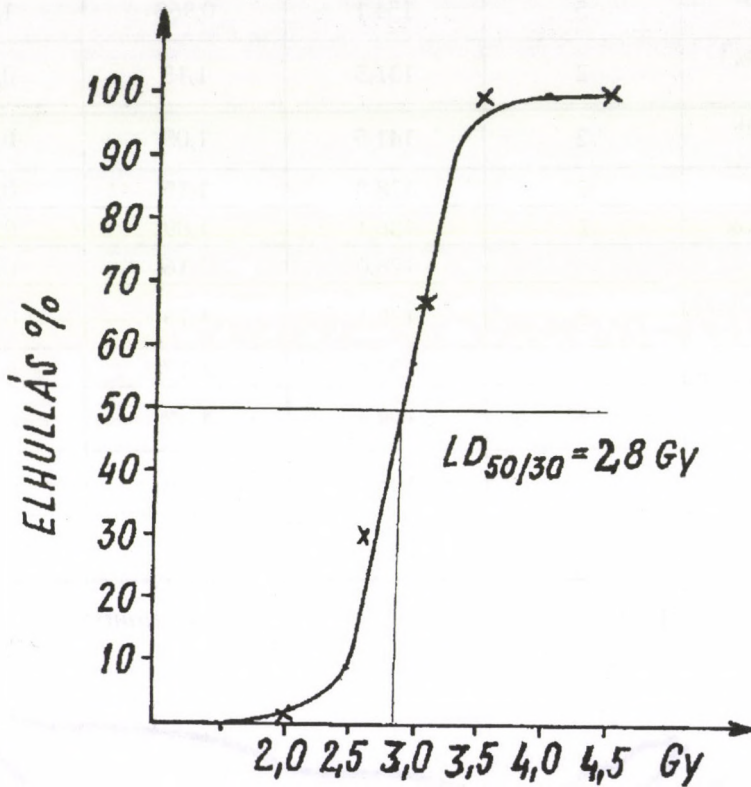
IV. táblázat: A testüregben mért dózis értékek és számított faktorok



3. ábra: Mérési helyek a testüregben

használt sertés törzsre (SEGHERS) jellemző félhalálos dózis (LD₅₀) értékét. A 4. ábrán adtuk meg a sertések túlélési vizsgálatának értékeit.

Megállapítható, hogy 2,5 Gy egésztest besugárzás hatására 1 db, míg a 3,0 Gy egésztest besugárzás hatására 2 db kísérleti állat pusztult el.



4. ábra: Túlélési görbék a besugárzási dózis és az idő függvényében

A 3,5 Gy-vel történt egésztest besugárzás után minden egyes sertés (3 db csoportonként) elpusztult.

A kapott eredményeinkből meghatároztuk a SEGHERS-sertés törzsre jellemző félhalálos dózis értéket (LD_{50}) amely érték esetünkben 2,80 Gy-nek adódott.

Köszönetnyilvánítás:

A szerzők ezúton is köszönetet mondanak Papp Zoltánnak a dozimetriai és besugárzási munkában nyújtott elméleti és gyakorlati segítségért.

IRODALOM

1. *Friedlander, G., Kennedy, J.W., Miller, J.M.*: Nuclear and Radiochemistry. J. Wiley London, 1966.
2. *Cunningham, J.H.*: Introduction to the Atomic Nucleus Elsevier P. C. Amsterdam, 1964.
3. *Nagy L. Gy.*: Radiokémia és izotóptechnika. Tankönyvkiadó, Budapest, 1983.
4. *Földeák G.*: Az izotópok ipari alkalmazása. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972.
5. *Stromberg, L.W.R., Woodward, K.T.*: Combined surgical and radiation injury. *Annals of Surgery*, 1968. 1: 18-22.
6. *Lindholm, R., Erkki T., Autio, E., Lindholm, S.*: Combined radiation and bone injury in rats, with special reference to the cell count in the periosteal callus. *Acta Scandinava*, 1968, 134: 613-616.
7. *Lindholm, R., Ratma, V.*: Survival of rats after combined injuries of whole body LD₅₀/30 days irradiation complicated tibial fracture and cold exposure. *Acta Scandinava*, 1974, 140: 512-516.
8. *Beliaevskii, A. D.*: Surgical methods in combined gunshot and radiation injuries of the peripheral nerves. *Vestnik Chir.*, 1978, 121: 75-80.
9. *Roding, H.*: Modelling of the prognosis of combined thermal injuries. *Zentralbl. Chir.*, 107: 6-16.
10. *Stenger V., Földeák G.*: Sugártechnológiai gamma-besugárzó állomások sugártechnikai problémái. *Izotóptechnika*, 1976, 19: 52-66.
11. *Stenger, V.*: Technical developments and prospects of sterilization by ionizing radiation. *Int. Conf. Vienna, Austria* (ed. *Gaughran, E.R.L., Goude, A. J.*), 1974, 329.
12. *Földeák G., Horváth Zs., Stenger V.*: Dosymetry in Agriculture, Industry, Biology and Medicine. IAEA, Vienna, 1972, 367.

Lt.Col. L. Zsiros M.D.M.C.,
Col. (ret) A. Gachályi,
Lt.Col. Gy. Horváth M.D.M.C.,
Col. J. Fűrész M.D.M.C., PhD,
Katalin Schweitzer

Examination of conjugate effects of ionizing radiation and gunshot wounds in pigs

The authors constructed a model for studying the pathophysiology of high speed projectile shotgun in-

juries combined with ionizing irradiation in young pigs. They determined the distribution of radiation dosage on the surface of and in different planes of the cage. Also determined the relationship between dosage detected in the air absorbed dosage and semilethal dose values of the examined pigs.

Dr. Zsiros Lajos o.alez.
1553 Budapest, Pf.: 1.