

**ZRÍNYI MIKLÓS  
NEMZETVÉDELMI EGYETEM**

**SUGÁRSÉRÜLÉSSEL KOMBINÁLT KIS KALIBERŰ, NAGY  
KEZDŐSEBESSÉGŰ LÖVEDÉKEK OKOZTA  
LÖVÉSI SÉRÜLÉSEK PATOFIZIOLÓGIÁJA  
ÁLLATKÍSÉRLETEKBEN**

**című PhD értekezésének szerzői ismertetése**

**Írta: dr. Zsiros Lajos orvos ezredes**

## Bevezetés

A világ hadseregeiben az általános harcászati koncepciók megváltozása miatt előtérbe kerültek a kiskaliberű, nagy kezdősebességű lövedékeket használó fegyverek. Az atomfegyver fenyegetettségének időszakában fontossá vált, hogy a katona védve legyen az elsődleges és a másodlagos sugárzás káros hatásaitól. A gyalogság páncélozott harcjárművekben kerül elhelyezésre védettségének fokozása érdekében. Beszűkül a látótér, nem a távoli pontos célzás, hanem a nagy tűzerő, a gyorsaság, a sorozatlövés kerül előtérbe. Fontossá vált, hogy a nagyobb mennyiségű lőszer kisebb helyen férjen el, kisebb súlyú legyen maga a fegyver, és a lőszer is, de mégis megfeleljen az átlagos lőtávolság által támasztott követelményeknek - mely az európai hadszíntéren a beépítettség és a terepviszonyok miatt kb. 500 méter.

Az USA hadseregében az 5,56 mm kaliberű Colt M-16-s, míg az orosz hadseregben az 5,45 mm űrmértékű AK-74 mintájú gépkarabély került rendszeresítésre. A lövedékek kezdősebessége 850-1000 m/s. A jövő útja a kiskaliberű, nagy kezdősebességű lövedéket kilövő lövészfegyvereké. Hamarosan várható az eléggő hüvelyű, vagy a hüvely nélküli löszert alkalmazó fegyverek elterjedése. A lövedékek sebessége tovább fokozódik, és ez a sérülésekben minőségi változást eredményez. A tömegpusztító fegyverek alkalmazása számos új sérülést hoz létre. Hazánk környezetében több hadsereg is rendelkezik nukleáris fegyverrel. A mikrotöltetek megjelenésével az úgynevezett „nukleáris küszöb” csökkent. Nem kizárt, hogy egy fegyveres konfliktusban akár hadosztályparancsnoki szinten is bevetésre kerüljön az atomfegyver. Kombinált sérültek megjelenésével kell számolnunk. Egyes szerzők adatai szerint összefegyvernemi háború esetén a sérültek 60-70%-a kombinált sérült lesz. Az atomrobbanásban az összes sérült 70-75%-a igényel sebészeti ellátást.

A világ egyre több táján - köztük hazánkban is - a villamos energia egy részének előállítását atomerőművekben történik. Emberi mulasztás, hanyagság, természeti katasztrófa, terrortámadás felveti a reaktorbalesetek lehetőségét, mikor is mechanikai trauma sugársérüléssel való kombinálódása bekövetkezhet.

Hazánkban hasonló jellegű sérülések ellátásában orvosi tapasztalat nincs. Az általam áttanulmányozott és elérhető orvosi szakirodalom szerint a világnak csak nagyon kevés helyén, korlátozottan folyik ilyen jellegű kutatómunka. Magyarországon ilyen kutatást ismereteim szerint nem végeznek. Sugársérüléssel kombinálódott nagy kezdősebességű lövedékek okozta sérülések patofiziológiai vizsgálata tehát új téma, a kóréletten eddig érintetlen területének feltárását célozta meg. A téma aktuális, a haditechnika fejlődését követi.

## Kutatási irányok, célkitűzések, kérdésfelvetés

1. A korszerű lőfegyverek okozta lövési sérülések seballisztikájára, valamint a sugársérüléssel kombinálódott mechanikai sérülésekre vonatkozó hazai és nemzetközi irodalmi adatok gyűjtése

2. Összehasonlító hatástani vizsgálatokat végezése a hazai és a környező országokban rendszeresített katonai kézi lőfegyverekkel (állat- és modellkísérletek).

3. Összehasonlító állatkísérletek végzése a nagy, eleven erejű lövés okozta sebek morfológiája, a löcsatorna formája, a sérülés kiterjedése, a nekrotikus és reparatív folyamatok mélyebb megismerése céljából

4. Vizsgálni kívántam a kísérleti állatok szervezetében zajló kórélettani folyamatokat, a szervezet egészének válaszát az őt ért nagy erejű mechanikai behatásra. Egy hónapig terveztem nyomon követni a kísérleti állatok szervezetében zajló általam vizsgálható hematológiai, citológiai, biokémiai és immunológiai elváltozásokat.

5. Kísérleti úton kívántam meghatározni az állatok LD<sub>50/100</sub> értékét, valamint kidolgozni a homogén egésztest-besugárzás módszerét.

6. Kísérletekben terveztem megvizsgálni a házi sertések egésztest besugárzását követően kialakuló heveny sugárbetegség lezajlását, megfigyelni az állatok túlélését. Egy hónapon keresztül terveztem nyomon követni egyes meghatározott hematológiai, citológiai, biokémiai és immunológiai reakciókat és e reakciók dinamikáját.

7. Összehasonlító állatkísérletekben kívántam megvizsgálni a homogén egésztest besugárzást követően kialakuló heveny sugárbetegség és a nagy kezdősebességű lövési sérülés kölcsönhatását. Nyomon kívántam követni az állatok túlélését, a szervezetben zajló egyes hematológiai, citológiai, biokémiai, immunológiai változásokat, és a változások dinamikáját egy hónapon keresztül. Terveztem megfigyelni a lokálisan zajló folyamatokat és összevetni a csak mechanikus sérülést elszenvedett állatok sebeinek gyógyulási tendenciájával

8. A kapott eredmények, a megfigyelési tapasztalatok és az irodalmi adatok összegzése alapján következtetéseket kívántam levonni a kombinált sugársérülés kórélettanáról.

Az értekezésben a következő kérdésekre kerestem választ:

1. Mennyiben térnek el a modern kis kaliberű és nagy kezdősebességű lövedékek okozta sérülések a korábbi hagyományosnak mondható lőfegyverek okozta elváltozásoktól?
2. A Magyar Honvédségnél és a környező országokban rendszeresített hadifegyverek által kilőtt lövedékek mekkora energiát képesek közölni az élő szövetekkel?
3. Magyarázhatja-e a kis kaliberű, nagy kezdősebességű lövedékek löcsatornától távoli hatásait az ereken tovaterjedő nyomásváltozás (hidrodinamikai hatás)?
4. Milyen és mekkora szerepe van a lövedék sebességének a roncsoló hatás kiterjedtségében?
5. A kis kaliberű és nagy kezdősebességű lövedékek élő szöveten áthaladva az általuk kiváltott hatások közül melyiknek milyen szerepe van a löcsatornától távoli elváltozások létrejöttében?
6. A biológiai közeg tulajdonságai mennyiben befolyásolják a lövési sérülés minőségi és mennyiségi mutatóit?
7. Mennyiben tér el egymástól a valós és a számított löcsatorna nagysága?
8. Mennyiben tér el a kísérleti (zselatin, szappan) modelleken létrehozott löcsatorna az élő szövetek között kialakuló löcsatornától, és a szövetek melyik tulajdonsága játszik szerepet az eltérő változásokban?
9. Hogyan modellezhető a kombinált sugár- és mechanikai sérülés nagytestű állatokon?
10. Mekkora a jelentősége a pontszerű sugárforrásból származó teljes test besugárzás esetén a különböző szervek a sugárforrástól való távolságának? Hogyan érhető el egyenletes teljes test besugárzás pontszerű gammasugárzó sugárforrás esetén?
11. Mennyiben függ az elnyelt sugárdózis a nagytestű kísérleti állat pontszerű sugárforráshoz viszonyított térbeli helyzetétől?
12. Milyenek a 12 -18 hetes egészséges Seghers típusú házi sertések klinikai laboratóriumi értékei? Alkalmasak-e a humán klinikai laboratóriumi vizsgálati módszerek a házi sertésekben végbemenő kórélettani változások detektálására?

13. Mekkora a kísérleti alanyként kiválasztott Seghers típusú házi sertés LD<sub>50</sub> értéke gamma-sugárzás esetén?
14. Milyen a 30 napos túlélés
  - a. csak standardizált körülmények között lövési sérülést szenvedett
  - b. csak besugárzott (2,5 Gy)
  - c. besugárzott (2,5 Gy) és 24 óra múlva, standardizált körülmények között lövési sérülést szenvedett kísérleti állatcsoportokban?
15. Hogyan változnak a megfigyelhető és mérhető élettani és mentális paraméterek a különböző kísérleti csoportoknál?
16. Milyen a lött seb gyógyhajlama a csak lövést elszenvedett és a kombinált sérülést szenvedett állatok esetén?
17. Milyen klinikai laboratóriumi paraméterek meghatározása segíti a sugárbetegség és a kombinált sugársérülés diagnosztikáját és súlyossági fokának meghatározását Seghers típusú házi sertések esetén?
18. Hogyan alakulnak a kísérleti állatok hematológiai paraméterei a kombinált sérülteknél, összehasonlítva a csak besugárzást elszenvedettekével?
19. Hogyan változik a kísérleti PMNL kemilumineszcenciás aktivitása az őket ért lövési, sugár- és kombinált sérülések esetén?
20. Változik-e a kísérletbe bevont állatok PMNL sejtjeinek fagocitáló aktivitása lövési, sugár- és kombinált sérülések esetén?
21. Hogyan változik a TNF- $\alpha$  (a kísérleti állatok szervezetében lezajló gyulladás egyik meghatározó eleme) mennyisége lövési, sugár- és kombinált sérülések esetén?
22. Hogyan változik a kombinált sérülés súlyossága az egyes sérülések egymáshoz viszonyított időzítésének függvényében?
23. Abszolút igazság-e a kölcsönös súlyosbítás szindróma megléte kombinált sérülések esetében?

A fentebb megfogalmazott kérdések java része az egymást követő kísérleti ciklus során fogalmazódott meg a kapott eredmények feldolgozása alapján. Hosszabb-rövidebb megszakításokkal három évtized munkáját (1972 – 2003) sűrítik magukba az értekezés fejezetei, olyan kutatómunka eredményei, melyek bőven kárpótolnak a befektetett időért és erőfeszítésért.

## Kutatási módszerek

1. A környező országokban rendszeresített hadifegyverek által kilőtt lövedékek energia-átadó képességének vizsgálata.

Összehasonlító állatkísérleteket folytattam a korszerű lövedékek kórélettani hatásainak vizsgálatára. A kutatás egyik célja a lövési sérülési modell kidolgozása volt úgy, hogy állatkísérletek alapján meghatározhatóvá váljon a szövetek által felvett energia nagysága. A kísérleti modell kidolgozásához tanulmányoztam a hazánk területén legnagyobb számban elterjedt katonai kézi lőfegyverek, valamint a volt és jelen szövetséges hadseregekben leginkább használatos lőfegyverek és lövedékek hatását.

A különböző lőfegyverek és lövedékek hatástani vizsgálatát 20 db közel azonos genetikai állományú, méretű és korú csincsilla fajtájú házinyúlra végeztük el. A fajtaválasztást az állatok könnyű beszerezhetősége, könnyű kezelhetősége és könnyű vizsgálhatósága indokolta.

A vizsgálatba bevont fegyverek a Magyar Honvédségnél rendszeresített PA-63 mintájú Parabellum short 9 mm kaliberű löszert kilövő pisztoly, az AMD mintájú 7.62 x 39

mm Kalashnikov lőszer kilövő gépkarabély, az orosz hadseregben rendszeresített AK-74 mintájú 5,45 x 39 mm lőszer kilövő gépkarabély, és az USA hadseregében rendszeresített M 16 mintájú 5,56 x 45 mm NATO típusú lőszer kilövő gépkarabély voltak. A lövési sérülést 10 méter távolságból állványon rögzített fegyverből leadott, célzott lövés útján a nyúl felfüggesztett bal hátsó comb lágyrészein áthaladó lövedékek hoztam létre. A becsapódási és kirepülési sebességet KISTLER-COM Ballistic analyser, 759 optikai fénykapu (bázis 2 m), szakadólapos sebességmérő (bázis 1 m) és Doppleres sebességmérő alkalmazásával határoztuk meg. A szakadólap 2, egymástól elektromosan szigetelt azonos méretű fémháló, amiket a lövedék áthaladásakor átszakít, így a két fémháló egymással érintkezve elektromos változást hoz létre.

Egy-egy kísérleti szituációt 5 alkalommal ismételt meg az átlagérték meghatározása érdekében.

## 2. Az ereken tovaterjedő nyomásváltozás vizsgálata

A kísérletsorozatban vizsgáltam nyulaknál comblövés kapcsán az ellenoldali arteria femoralison bekövetkező nyomásváltozásokat, valamint a nyomáshullámok természetét és nagyságát. Vizsgáltam a Magyar Honvédségnél rendszeresített PA-63 pisztoly 9 mm Parabellum short, az AMD-67 gépkarabély 7,62 x 39 mm, valamint az AK-74 orosz, 5,45 x 39 mm és az M-16 Colt amerikai gépkarabély 5,56 x 45 mm lőszerének az artériás nyomásviszonyokra gyakorolt hatását. Az artériás nyomásváltozásokat véres úton, az ellenoldali artéria femoralis kireparálása és kanülálása után beépített Stethem-fejjel mértem és a mérési eredményeket Helige nyomásmérőn regisztráltam és direktíróval rögzítettem,

## 3. A lövedék sebessége és a roncsoló hatása közötti összefüggés vizsgálata

20 db Seghers fajtájú, 15-18 kg súlyú, közel azonos genetikai adottságú és korú házi sertésen végeztem modellkísérleteket. A kísérlet egyik célja az AK-74 gépkarabély 5,45 x 39 mm lövedékének hatástani vizsgálata volt. A kísérleti berendezés megegyezett a korábbi nyúlkísérletek során már leírtakkal.

## 4. A löcsatornától távoli hatások eredetének tisztázása

A távoli hatás tisztázása röntgenfelvételekkel és boncolással történt. 20 csincsilla típusú nyúl aortographiát végeztem 10-15 ml kontrasztanyag - Jodamid – adásával, valamint post mortem elvégeztem a kísérletbe bevont összes állat boncolását.

## 5. A szöveti permeabilitás vizsgálata

Állatkísérletekben altatott „Seghers” házi sertéseken (2 db) permeabilitási vizsgálat történt. A lövési sérülés előtt 5 perccel az állatok 10 ml intravénás Ferrlecit injekciót kaptak (hatóanyag Ferrigluconium-nátrium 62,5 mg/5 ml, gyártó Rhone Poulenc Rorer.

A lövési sérülés után 30 perc túlélést biztosítottam altatásban a keringés fenntartása érdekében, majd a kísérlet ezen periódusát kegyelemlövessel fejeztem be. A szövettani feldolgozás során a deparaffinált metszeteket 20 percig 70 ml 10 %-s Káliumferrocianid oldat, 3 ml tömény sósav és 27 ml desztillált víz frissen készített elegyében tartottam, és öblítés után a magokat Kernechtrot-tal festettem meg.

## 6. A löcsarna nagyságának meghatározása

Altatásban lövési sérülést hoztam létre az állat felfüggesztett végtagjain AK-74 gépkarabélyból kilőtt, 5,45 x 39 mm-es lövedékkel. A roncsoló hatás pontos térképezésére Batson's No. 17. műanyag öntvény- és korróziós kittet használtam. A kísérletek során 200 ml részlegesen polimerizált monomert, 25 ml katalizátort és 25 csepp promotert elegyítettem. A szín intenzitása a hozzáadott pigment mennyiségtől függött. Az anyagot üvegfecskendő és alkalmas járulékos szerelék segítségével juttattam a löcsatornába, ahol a keverési aránytól és a környezeti hőmérséklettől függően 10 - 60 perc alatt keményedett meg. A Batson's No. 17-tel ily módon feltöltött preparátumot 8 %-s formalin oldatban fixáltam, hogy hisztológiai feldolgozásra alkalmas legyen a löcsatornát körülvevő izomszövet.

## 7. A kombinált sugár- és mechanikai sérülés modellje

Kísérleteimet összesen 33 darab 18 kg átlagtömegű, 12-14 hetes, közel azonos genetikai felépítésű „Seghers” törzsből származó fiatal házi sertéseken végeztem. Az állatokat külön ketrecben, kontrollált körülmények között tartottam. Az állattartás részben a Seghers Kft. hernádi telepén, részben az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutató Intézet Élettani Osztályán, Herceghalmon történt.

Az állatok normál sertéstápot (Babádvit Kft. „Starter”) és csapvizet igényük szerint fogyasztottak. A táp- és ivóvízfogyasztást naponta, testsúlyukat hetente mértem. Az állatok szállítása külön ketrecben, jó higiénés viszonyok között történt.

Valamennyi beavatkozás 0,01 mg/kg. Atropin premedikáció után Calypsol narkózisban történt. Narkózis szövödményem nem volt. Kísérleteimet az állatkísérletekre vonatkozó etikai normatívák szigorú betartása mellett végeztem.

A vérvételek enyhe narkózisban az állatok fülvenájából vagy nyaki vénás plexusának punkciója útján történtek. A kísérletek végén az állatokat vágóhídi normatívák szerint levágták.

A besugárzások az MTA Izotópkutató Intézet Sugártechnológiai Osztályának nagy aktivitású (728,5 TBq) Co<sup>60</sup> gamma sugárforrásból az osztály besugárzó helyiségében történtek.

A lövési sérüléseket a Magyar Honvédség Haditechnikai Intézet táborfalvai kísérleti löterén hoztuk létre AK 74. gépkarabélyból kilőtt 5,45 x 39 mm-es Kalashnikov lőszerrel célzott lövéssel a kísérleti állatok felfüggesztett bal hátsó comb lágyrészköpenyén. A lövedékek sebességét a korábbi fejezetekben leírt módon és eszközökkel mértük (lásd. 2.2.6).

A laboratóriumi vizsgálatok a Magyar Honvédség Központi Honvédkórház Központi Laboratóriumában, az Országos Hematológiai Intézet Klinikai Diagnosztikai Osztályának Laboratóriumában, a Magyar Honvédség Egészségvédelmi Intézet Kóréletteni, Sugárbiológiai és Toxikológiai osztályain történtek.

Kísérleteimet 4 kísérleti csoport kialakítása után 3 szériában végeztem el (1996. június 4 - 1996. július. 4.; 1996. november 4 - 1996. december 4.; 1997. november 17 - 1997. december 17.).

Összesen 33 db. „Seghers” fajtájú 12-16 hetes, közel azonos genetikai állományú, fiatal házi sertést vontam be a kísérletekbe. A kísérletek 28 napig tartottak. A kapott eredmények összehasonlítása után kísérleti szériánként módosítottuk a vizsgált paraméterek számát és összetételét, célirányosabbá téve a kutatást. A megfigyelési és vérvételi napok: kiindulási érték, a kísérlet utáni 1, 3, 5, 7, 14, 21, 28 nap. A kísérleti csoportok a következők voltak:

1. csoport - kontroll csoport - összesen 9 állat.

A csoportban lévő állatok tartási körülményei minden tekintetben megegyeztek a többi csoport életkörülményeivel. A megfigyelési és vérvételi napok ugyanabban a sorrendben követték egymást. A vérvételi technológia szintén egyező volt. A csoport rendeltetése az alapadatok szolgáltatása, az összehasonlítási lehetőségek megteremtése volt. Minden állatot önmagához és a kísérleti csoportjának átlagához viszonyítottuk. A „Seghers” fajtájú sertések nagyfokú individuális szórást mutatnak laboratóriumi paramétereikben. Értékeikről nem találtunk megbízható állatélettani feljegyzést. A sertések laborértékei növekedésük és életkoruk szerint is változó normál értéket mutatnak. Valamennyi kísérleti szériánál tartottunk kontroll csoportot, a növekedésből, a tartási körülményekből, a szezonális változásokból, fertőzésekből stb. eredő esetleges mérési hibák, eltérések kiküszöbölésére. Az alapadatok és normálértékek meghatározása a humán diagnosztikában használt eszközök és reagensek felhasználásával történt.

#### 2. csoport - csak lövési sérülést szenvedettek csoportja - összesen 8 állat

Altatásban előzetes vérvételek után AK-74. gyalogsági lőfegyverből leadott, célzott lövés útján a szokásos módon lövési sérülést hoztunk létre a kísérleti állatok bal hátsó comb lágyrész-köpenyén. A sebet nyitva hagytuk - kötést sem helyeztünk fel. Az állatokat visszahelyeztük szokványos tartási körülményei közé.

Az obszerváció ideje alatt a megfigyelt és mért klinikai és laboratóriumi értékek egy része a nagy kezdősebességű lövedékek okozta patológiás elváltozások nyomon követését szolgálta, másrészt a kombinált sérülés lövési oldalának standardját képezte.

#### 3. csoport - csak besugárzott csoport - összesen 8 kísérleti állat

Altatásban, előzetes vérvétel után a kísérleti állatokat besugárzó kalodába helyeztük és a korábban leírtak szerint kb. 2,0 Gy egésztest besugárzás történt, a besugárzási idő felénél elvégzett megfordítással. Ezt követően az állatokat szokásos tartási körülményeik közé helyeztük és 28 napos klinikai és laboratóriumi megfigyelést végeztünk. A megfigyelt és mért eredmények egyrészt a „Seghers” fajta közepsúlyos lefolyású sugárbetegségnek természetét voltak hivatva rögzíteni, másrészt a kombinált sérülés sugársérülési oldal standardját képezték.

#### 4. csoport - kombinált sérültek csoportja - összesen 8 kísérleti állat

Altatásban a 3.1.3. fejezetben a leírtak szerint az előzetes vérvétel után besugárzó kalodába helyezett állatok 2,0 Gy egésztest besugárzás kaptak. Ezt követően 24 órára visszahelyeztük őket óljaikba, majd ismételt vérvételek után újabb altatásban AK-74. gyalogsági lőfegyverből leadott célzott lövés útján a bal hátsó combjának lágyrészén hoztunk létre lövési sérülést. A sebet nyitva hagytuk - sebkötözés sem történt - az állatokat visszahelyeztük normál tartási körülményeik közé. A mért és megfigyelt laboratóriumi és klinikai paraméterek adatait összevetettük az előző 3 kísérleti csoport eredményeivel.

Klinikai megfigyelés és laboratóriumi vizsgálatok időtáblázati beosztás szerint 0, 1, 3, 5, 7, 14, 21, 28 napon történtek. A TNF- $\alpha$  vizsgálatokat 0., 30., 60., 120 és 240. percben végeztük.

#### A vizsgált paraméterek:

Klinikai vizsgálatok: értékeltem a túlélést, az állatok viselkedését, mértem táplálék- és ivóvíz-fogyasztásukat, a testsúlygyarapodást, a testhőmérséklet változásokat, megfigyeltem a sebek státuszát, és a változás dinamikáját.

Hematológiai vizsgálatokat végeztem, meghatároztam a vörösvértest számot, a vörösvértest átlagos térfogatát, a vörösvértest átlagos hemoglobin tartalmát, a vörösvértest átlagos hemoglobin koncentrációját, a hemoglobint, a hematokritot, a fehérvérsejt számot, a minőségi vérképet és a thrombocytaszámot.

Klinikai, kémiai vizsgálatok is történtek: szérum vas, szérum húgysav, szérum kreatinin, ureanitrogén, szérum összfehérje, fehérjefrakciók (ELFO), kreatinin-foszfo-kinase

(CPK), lactat-dehidrogenase (LDH), glutamat-oxalacetat-transamináze (GOT), glutamat-piruvat-transaminase (GPT), kreatinin-kináz (CK).

Az elvégzett immunológiai vizsgálatok: TNF- $\alpha$ , teljes vér kemonlumineszcencia (LDCL), fagocitózis.

## Kutatási eredményeim - tézisek

1. A korszerű lövedékek típusait, külső- és seballisztikáját irodalmi és saját, nyulakon és házi sertéseken végzett kísérletek alapján elemeztem. Megállapítottam, hogy a kiskaliberű, nagy kezdősebességű lövedékek mozgási energiája jelentősen megnövekedett, az általuk kiváltott roncsolás többszöröse a békeidőben „megszokott” lövési sérüléseknél tapasztaltaknál. A lövedék roncsoló hatása az általa hordozott kinetikai energiamennyiség nagyságától és az átadás dinamikájától függ döntően.

2. Összehasonlító hatástani vizsgálatokat végeztem a Magyar Honvédségnél és a környező országokban rendszeresített löszertípusok között. Meghatároztam az élő szövetekkel közölt energiamennyiséget csincsilla-nyúlra.

3. Meghatároztam nyúl verőerein retrográd úton terjedő, lövés okozta nyomásváltozás mértékét és jellegét. Megállapítottam, hogy nyúl combján áthaladó lövedék annak erein élettanilag jelentős hidrodinamikai változást nem hoz létre. A nyomáshullám nagysága az érpálya telítettségétől, és a szív ciklus pillanatnyi állapotától függ.

4. Nyulakon és házi sertéseken végzett kísérletekkel igazoltam, hogy a kisebb mozgási energiájú AK 74-es 5,45 x 39 mm-es lövedék kétszer akkora energiát képes átadni a kísérleti állatok szöveteinek, mint a nagyobb mozgási energiával rendelkező M 16-os gépkarabély 5,56 x 45 mm-es lövedéke. Megállapítottam, hogy a nagyobb energiaátadás hátterében a lövedék céltárgyba történő becsapódás után bekövetkezett súlypont-áthelyeződés miatti destabilizálódása húzódik meg.

5. Modellkísérletet terveztem és hajtottam végre nyulakon és házi sertéseken a lövési sérülések hatástani vizsgálatához. A lövedék sebességének mérésével, kontrasztanyagot röntgenvizsgálatokkal, valamint szövetfestéses eljárással igazoltam, hogy a kiskaliberű, nagy kezdősebességű lövedékek távoli hatása, valamint a másodlagos szöveti elhalásokért a nyomáshullámok keletkezése és tovaterjedése a felelős.

6. Szöveti permeabilitási vizsgálatokkal igazoltam sertéseken, hogy az eltérő elaszticitású szövetek a nyomásváltozásokra eltérő nagyságú mozgással válaszolnak, a szöveti határok mentés valós elmozdulások jönnek létre, ott is ahol az anatómiailag nem determinált. A szöveti határokon átlépő erek és idegek elszakadnak, bevérzések és kóros reflexek alakulnak ki. Ezen megállapításaim igazolják az korábban már felismert, de eddig még meg nem magyarázott észleléseket, melyek szerint a löcsatornától távol vérömlenyek, megfolyásos tályogok, szervi elégtelenségek keletkezését kis kaliberű, nagy kezdősebességű lövedékek esetén. Ezen megállapítások diagnosztikus és terápiás következményeket vonnak maguk után lövési sérülések ellátása esetén.

7. Sertés lövési sérülését gyorsan polimerizálódó műanyaggal öntöttem ki. Az öntvény elemzése útján meghatároztam a számított és a valós löcsatorna közötti eltérés nagyságát. Méréseim alapján a valós löcsatorna mérete a számított 13-szorosa.

8. A löcsatorna-öntvények alakját összehasonlítottam a zselatinkísérletek során tapasztalt löcsatorna-formákkal. Megállapítottam, hogy a szöveti elaszticitás döntő jelentőséggel bír a lövési sérülésnél.

9. Modellkísérletet dolgoztam ki sugársérüléssel kombinált kis kaliberű, nagy kezdősebességű lövedékek okozta sérülések vizsgálatára nagytestű állatok esetében (Seghers típusú házisertés).



10. A dózis-eloszlásának meghatározására plexikalodát készítettem. Túllatott Seghers típusú házisertések pontszerű sugárforrásból kiinduló teljestest-besugárzása során 10 ponton megmértem a szövetekben elnyelt sugárdózist. Így standardizáltam az elnyelt sugárdózist.

11. Túllatott Seghers típusú házisertéseken meghatároztam a levegő és elnyelt dózis összefüggésére a szorzó- és abszorpciós faktorokat a kísérletek eredményének még pontosabbá tétele érdekében.

12. Irodalmi adatok hiányában meghatároztam az egészséges Seghers típusú házi sertés klinikai laboratóriumi normál értékeit 30 kísérleti állat vérvizsgálata alapján.

13. Irodalmi adatok hiányában Seghers típusú házisertéseket  $\text{Co}^{60}$  sugárforrással történő besugárzása útján meghatároztam a félhalálos dózisértékét ( $\text{LD}_{50}$ ). Ez 2,8 Gy.

14. Összehasonlító állatkísérleteket végeztem Seghers típusú házi sertéseken. Megállapítottam, hogy a csak lövési sérülést szenvedett csoport valamennyi állata túlélte a sérülést. A csak sugársérülést szenvedett állatok 37,5 %-a a kísérlet során középsúlyos sugárbetegség klinikai tünetei között elpusztult. A kombinált sérülést szenvedett állatok között az elhullás 12,5 % volt. Véleményem szerint ezt a meglepő eredményt a lövési sérülés után felszabaduló gyulladáshoz vezető mediátorok (pl.  $\text{TNF-}\alpha$ ) endogén radioprotektív hatása okozza. A testtömeg-változás, a táplálék- és folyadékfogyasztás elemzése azt mutatta, hogy az 1 hónapos megfigyelés ideje alatt a lövési sérülést szenvedettek alig maradtak el a fejlődésben és a gyarapodásban a kontrollcsoportéhoz viszonyítva. A kombinált sérült állatok fajlagos takarmányhasznosítása jobb, mint az ugyanakkora dózisértékkel besugárzott csoporté. Nagyobb relatív testtömeg-gyarapodás jelentősen kevesebb (átlagosan 1 l) napi folyadékfelvétel mellett következett be.

15. A kísérletei állatok viselkedésének elemzésekor megállapítottam, hogy a besugárzás, de különösen a kombinált sérülés általános aktivitás-csökkenést, táplálék- és vízfogyasztás visszaesést okozott az első 10-14 napban, ezt követően az összes kísérleti állat viselkedése hasonlóvá vált. Ezt a középsúlyos sugárbetegség lezajlása magyarázza meg.

16. A csak lövési sérülést és a kombinált sérülést szenvedett csoport sebgyógyulási folyamatainak összehasonlításakor megállapítottam, hogy a Seghers fajtájú házisertés jó véralvadási, genetikai adottságai miatt lövési sérülés után a vérzés gyorsan csillapodott. A sebek gyógyítására lépés nem történt, aerob vagy anaerob sebfertőzés nem alakult ki. A csak lőtt csoport spontán sebzáródása 2-3 nappal korábban következett be. A magyarázat a fajta nagyobb genetikai védettsége, a kísérleti állat igen fiatal kora, és ebből következően a reparatív folyamatok igen aktív és gyors lefolyása.

17. Irodalmi ajánlások alapján több mint 30-féle klinikai kémiai, hematológiai és immunológiai laboratóriumi vizsgálatot végeztem. Megállapítottam, hogy az általam választott nagyszámú klinikai kémiai vizsgálat nem könnyíti meg a diagnosztikát, sem a kombinált sérülés, sem pedig a sugárbetegség súlyossági fokának megítélését nem segíti elő.

18. A csak besugárzott állatok hematológiai változásai a megfigyelés időszakában megegyeznek a szakirodalomból már ismert adatokkal. Kombinált sérült állatoknál 2 hatáskülönbség volt kimutatható. Egyrészt a lövési sérülés után a kompenzatórikus fehérvérsejt-kiáramlás jelentősebb, másrészt a regeneratív folyamatok napokkal korábban indultak meg.

19. Az immunológiai paraméterek vizsgálata a rendelkezésre álló lehetőségek szűkös volta miatt csak a PMNL sejtek mennyiségi-, minőségi- és fagocita-aktivitás változásának vizsgálatára terjedt ki. Megállapítottam, hogy a kemilumineszcenciás vizsgálat eredményei a vizsgálat nagy érzékenysége miatt a nagytestű állatokat mindennapi életük során ért sokrétű behatásra oly nagy szórást mutat, hogy a kisszámú kísérleti alany eredményeiből nem vonható le megbízható statisztikai következtetés.

20. A PMNL sejtek fagocita aktivitását vizsgálva megállapítottam, hogy a lövés és a besugárzás egyaránt csökkenti a neutrophil sejtek fagocitózis-aktivitását. A kombinált sérülés még jelentősebben befolyásolja, azaz csökkenti a fagocitózis-aktivitását mint a 2 faktor külön-külön. Az észlelt folyamat egy lehetséges magyarázata az lehet, hogy az ilyen mértékű mechanikai és sugárzási energia nem vált ki filogenetikailag determinált fagocita-aktivitást.

21. TNF- $\alpha$  mennyiségi vizsgálatával megállapítottam, hogy a kontroll és a csak lövést kapott kísérleti állatok esetében a kimutathatóság szintjét nem érte el a változás. A csak sugársérülést szenvedettek 60 %-ánál volt TNF- $\alpha$  szaporulat, míg a kombinált sérültek 100 %-ánál volt TNF- $\alpha$  szaporulat észlelhető. A TNF- $\alpha$  mennyiségének időarányos csökkenése a csak besugárzottaknál kifejezettebb volt, míg a kombinált sérülteknél ez a csökkenés 240 perc múlva sem következett be.

22. Megállapítottam, hogy amennyiben kombinált sérüléskor a sugársérülést 24 órán belül követi a lövési sérülés, úgy a 2 sértő faktor együttes hatása kisebb, mint a besugárzása egyedül. Ezt a tényt a 2 aspecifikus gyulladást kiváltó faktor egymást potenciózó hatásával magyaráztam.

23. A kölcsönös súlyosbítás szindróma nem abszolút érvényű, mivel a közel azonos időben bekövetkező sérülések egymás hatását gyengíthetik. Ezt az észlelésemet a behatásokra adott válaszreakciók keletkezésének és elmúlásának törvényszerűségeivel magyaráztam.

## **A kutatási eredmények gyakorlati hasznosíthatósága**

1. A lövedék roncsoló hatása döntően az általa hordozott kinetikai energia mennyiségétől és az átadás dinamikájától függ: a kapott eredmények felhasználhatóak a lőszerfejlesztésben
2. A nagy kezdősebességű lövedékek löcsatornától távoli hatásai a szöveti határokon történő valós elmozdulások következményei, ezért lőtt sérült ellátásakor különös figyelmet kell fordítani a sérült rekeszek megnyitására, a löcsatornától távoli parenchymas szervek vizsgálatára
3. A lövési sérülés kórlefolyásában korai és késői szövődmények várhatók a 13-szor nagyobb löcsatorna, a távoli bevérzések, funkció- és szervkárosodások miatt, így a sérültek komplexebb kivizsgálást igényelnek az összes rendelkezésre álló képalkotó eljárás bevonásával (UH, CT, angiographia, stb).
4. Kísérleti modell került kidolgozásra nagytestű állatokon végzendő sugártani kutatásokhoz, mely mindenki számára elérhető lehetőség hasonló jellegű kutatásokhoz.
5. Meghatározásra kerültek a Seghers típusú házi sertés élettani és laboratóriumi paraméterei, így a továbbiakban kísérleti alanyként alkalmazható.
6. A sugársérülést 24 órán belül követő mechanikai sérülés a kísérleti állatok túlélési esélyeit javítja. Ezen megállapításnak háborús vagy katasztrófa-viszonyok között osztályozási, ellátási taktikai és prioritási következményei vannak

## **Köszönetnyilvánítás**

Köszönettel tartozom mindazoknak, akik lehetővé tették ezen disszertáció elkészítését. Köszönettel tartozom elsősorban néhai Vladimír Vladimirovich Ruckij orvos ezredesnek, az

orvostudomány doktorának és Galina Ivanovna Beszpalovának, a biológiai tudományok kandidátusának, akik első lépéseimet figyelték, irányították még az egyetemi tanulmányaim alatt a szentpétervári Katonaorvosi Akadémián.

Hálával telt köszönetem illeti meg tanítómestereimet, prof. dr. Záborszky Zoltánt, az orvostudomány kandidátusát és dr. Farkas Józsefet, a had(orvos)tudomány doktorát, akiknek útmutatása és segítőkész támogatása mellett bekapcsolódhattam immár hazai földön, végzett orvosként a sérültellátásba, valamint a lövési sérülésekkel összefüggő kérdések kutatásába.

Külön köszönöm tudományos kutatómunkám konkrét irányítását végző prof. Dr. Köteles György, az orvostudomány doktora, a FJC Országos Sugárbiológiai Intézet volt főigazgatójának és prof. Dr. Rontó Györgyi egyetemi tanárnak, a SOTE Biofizikai Intézet volt igazgatójának a folyamatos figyelmet, az építő bírálatokat, s azt a sok támogatást, amely nélkül ez az értekezés nem készülhetett volna el.

Köszönöm dr. Fűrész József orvos ezredesnek, az orvostudomány kandidátusának, az MH EVI Kórélettani Kutató osztály vezetőjének, és valamennyi munkatársának a segítségét a kísérleti munka megtervezésében, elvégzésében és kiértékelésében. Dr. Gachályi András nyugállományú mérnök ezredes, az MH EVI Toxikológiai Kutató osztály vezetőjének baráti támogatása, aktív közreműködő segítsége a kísérletek megszervezésében és lebonyolításában őszinte hálára kötelez.

Köszönet illeti a MH KHK Központi Laboratóriumának vezetőjét és munkatársait, az Országos Hematológiai Intézet munkatársait a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséért és azok kiértékeléséhez nyújtott segítségéért.

Köszönetem fejezem ki prof. dr. Kerényi Tibor egyetemi tanárnak, a SOTE Patológiai Intézet igazgatójának, dr. Jackel Márta orvos alezredes főorvosnak a szövettani vizsgálatok elvégzéséért.

Köszönet illeti az MH Haditechnikai Intézet munkatársait a ballisztikai vizsgálatok elvégzéséért, és a Központi Fizikai Kutató Intézet munkatársait a sugárélettani vizsgálatokhoz nyújtott segítségéért.

Értekezésem megírására nem kerülhetett volna sor néhai dr. Cziffer Endre orvos ezredes akadémiai doktor, az MH KHK Baleseti Sebészeti osztály volt vezetőjének és az osztály munkatársainak odaadó segítsége nélkül. Az értekezéssel kapcsolatos munkám során mindvégig támogatást és megkülönböztetett figyelmet kaptam, melyért a teljes munkatársi kollektívát köszönet illeti meg.

Budapest, 2005. augusztus 8.

Dr. Zsiros Lajos  
orvos ezredes