

Besenyő Tibor alhadnagy

## Az akut sugárkárosodások biológiai indikátorairól

A nukleáris energia felszabadíthatóságának felismerésével és az első atomreaktor megépítésével a tudományok és az emberiség történetének új korszaka kezdődött el. Atomfizikai ismereteink azonban nemcsak a békés célú energiahasznosítást teszik lehetővé, hanem tömegpusztító fegyverek készítését is. Így tehát elérkezett az az idő is, amikortól kezdve az új felfedezés új problémákat vetett fel az orvosi vonatkozásokat illetően.

Amikor az akut sugárkárosodás tömeges méretekben használható biológiai indikátoraival foglalkozunk, mindig egy hatalmas tömegkatasztrófa következményeinek orvosi és katonai elhárítási lehetőségeit kell együttesen mérlegelnünk. A reaktorbalesetek ugyanis az eddigiek során soha nem adtak olyan sokrétű és nagy feladatot a katasztrófa leküzdésén fáradozó személyeknek, mint amilyenek egy esetleges nukleáris robbanás esetén várhatóak volnának.

Az atomfegyver expozíciója után a robbanás körzetében az élőlények károsodásának fokát elsősorban a töltet nagysága és a központtól való távolság szabja meg. Jelentősen befolyásolhatják ezt a geográfiai és meteorológiai viszonyok (47).

A szervezetet nemcsak kívülről éri a sugárözön (kezdeti, vagy áthatoló sugárzás), hanem jóval a robbanás után az ún. „környezeti” szennyezés révén is. Ez utóbbiért a radioaktív hasadási termékek, a hasadó töltet exponátlan része, és a neutronsugárzás által indukált újonnan létrejött izotópok tehetők felelőssé. Ezek ugyanis a különböző „kapukon” keresztül (tüdő, bőr, emésztőtraktus) behatolnak a szervezetbe, és lokális, illetőleg általános károsodásokat okoznak. Az inkorporált izotópok kémiai affinitásuknak megfelelően oszlanak meg a szervezetben, a természetes sugárzó izotópok (37) és a gyógyászatból vett példák (21) analógiájára.

### *Az elszennvedett dózisok mértékének megállapítása*

A krónikus kisdózisú sugárterhelés vizsgálatára rendszeresített, ún. „fizikai” doziméterek használatára háborús körülmények között nem kerülhet sor, mivel ez egyrészt előzetes felkészítést igényel, másrészt költséges. és pontos értékelésük olyan körülményeket kíván, melyek harctéren nem

hozhatók létre, végül pedig azért, mert csak a bőrfelszín közvetlen közepében mért dóziskról adnak felvilágosítást. A szervezetbe jutott izotópok aktivitásáról így egyáltalán nem szerezhethünk megbízható értesülést. Hátrányuk továbbá, hogy a doziméterek elhelyezésüktől függően lokális értéket mérnek, és így pl. ha az expozíció pillanatában a test árnyékolja a műszert, az áthatoló sugárzásból már csak a test összes rétegén átjutott, kilépő sugárnyaláb kerül észlelésre.

Ezért nyilvánvaló, hogy az így kapott értékeket nem lehet jó párhuzamba állítani a későbbiek során fellépő klinikai tünetekkel. Az előzőekben felsorolt hátrányai éppúgy megvannak az immáron hagyományosnak mondható film-, mint az újabban használatba került „szilárdtest”-dozimétereknek (54, illetve 32, 51).

#### A „biológiai” doziméterek

A „fizikai” módszerekkel szemben rendelkeznek azzal az előnnyel, hogy a sugárkárosodásról közvetlenül a vizsgált individuumban szintjén adnak felvilágosítást.

Biológiai doziméterként a sugárhatás következtében a szervezetben lejátszó reakciók eredményeként megjelenő anyagok mennyiségi kimutatását ajánlják.

Egy biológiai tesztől, mely a modern harcászat körülményei között alkalmazható, elvárhatjuk a következőket:

1. Specifikus legyen, ne adjon álpozitív reakciót.
2. Kellően pontos adatokat szolgáltatson.
3. Könnyen kezelhető legyen, és egyszerű, gyors meghatározásokra adjon lehetőséget.

A feladat tulajdonképpen egy olyan differenciáló módszer kidolgozása volna, mely lehetővé teszi, hogy a sugársérültek között gyorsan, és minimális hibával az alábbi csoportokat tudjuk elkülöníteni:

- A) Rövid időn belül 100%-os mortalitás.
- B) Megfelelő kezeléssel nagy részük életben tartható.
- C) Különösebb orvosi beavatkozás nem szükséges, magától gyógyul.

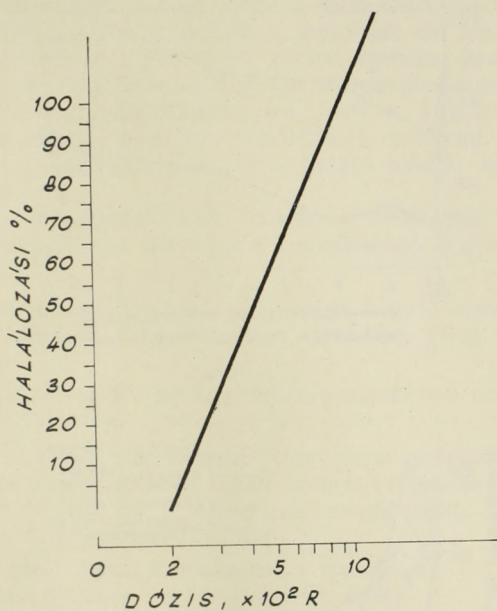
E kategorizálás megvalósításához mindenekelőtt az emberi szervezet sugártűrésének az ismerete szükséges.

A dózis-hatásgörbék analízise azt mutatja, hogy ezek a normál koordináta-rendszerben szigmoid alakúak, és lefutásukat a találatok száma befolyásolja (4). Logaritmikusságban ábrázolva egyenes vonalat adnak. Az emberre vonatkozó dózistúlélési görbét mutatja be az 1. sz. ábra (30).

Az eddigi tapasztalatok alapján LD<sub>50/30</sub>-nak akut, teljestest besugárzás esetén a 300 rad-ot mondják (9). Az időhatár nélküli LD<sub>50</sub>-nek tágabb dózistartományt engednek: 300—500 rem (13). Természetesen ez az „időhatár nélkülség” nem jelent tetszőleges intervallumot.

E. P. Cronkite és V. P. Bond (11) szerint 600 rad feletti dózisok esetén a túlélés gyakorlatilag valószínűtlen. Az itt közölt irodalmi adatok realitásának elbírálásához nincs meg a kellő tapasztalatunk, viszont megemlíjük, hogy újabban Guszkova A. K. és mtsai e határok létjogosultságát kétségbe vonják, és azt a dózist, melynek elszenvedése után túlélés még lehetséges,

1000 R-nek mondják. Véleményük szerint rendkívüli állapotok esetén a fő figyelmet a 250—600 R sugárterhelést kapott csoportra kell fordítani. Az eddigi irodalmi adatokkal összevetve ez az alsó határ túlzottan magasnak tűnik.



1. ábra

#### A biológiai dózisbecslési módszerek csoportosítása

A vizsgálat irányát, illetőleg tárgyát képező kóros elváltozások nagyságrendje szerint kórélettani, citológiai és biokémiai eljárásokat különíthetünk el, azzal a megjegyzéssel, hogy az ilyen csoportosítás csak első közelítésben helytálló, mivel e kategóriák között széles átfedések vannak.

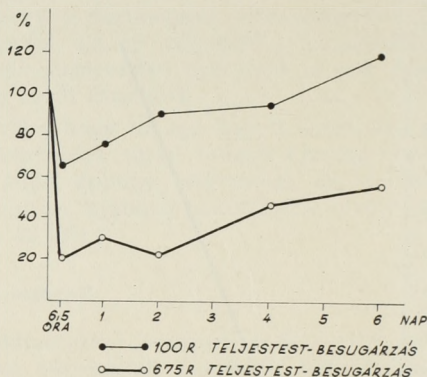
A kórélettani mérési lehetőségek közül elsősorban a *haematológiai vizsgálatok* jelentőségét emeljük ki, mivel a vér és a csontvelő könnyen hozzáférhető szövet.

A haematológiai elváltozások elég érzékenyek, bár ennek megítélésében az egyes irányzatok képviselőinek állásfoglalása nem egységes (pl.: 2 és 16). Kétségtelen azonban, hogy a dózis nagysága és egyes haematológiai indexek között (csontvelői haemopoetikus sejtfrakciók megoszlása, mitózis-ráta stb.) eléggé jól definiálható összefüggés van (ld. 2. és 3. ábrát) (18).

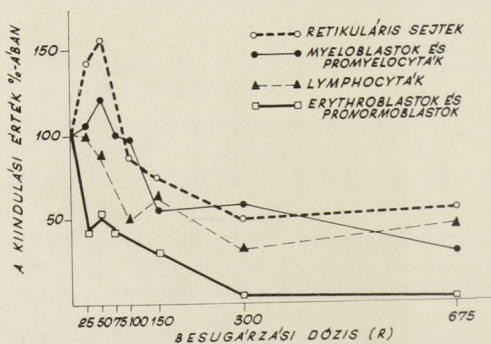
Az állatkísérleti adatok (18) és az emberi sugárártalom tanulmányozása során nyert tapasztalatok között e téren kielégítőek az összefüggések (1). Mindezek ellenére a katonai szempontoknak (gyors meghatározás egyszerű módszerekkel stb.) nem felelnek meg.

Szintén a haematológiai eljárások körébe tartozik a véralvadás zavarainak vizsgálata.

TELJESTEST-BESUGÁRZÁS HATÁSA PATKÁNYOK  
CSONTVELŐI SEJTJEINEK MITOTIKUS INDEXÉRE



3. ábra



3. ábra

A sugárártalmak egyik — bár nem specifikus — tünete a vér alvadási idejének megnyúlása. Annak ellenére, hogy e jelenség pathogenezisében kétségbevonják a heparin, mint oki tényező szerepét, számos adat szól e faktor hatása mellett (23). A heparinnak ennél általánosabb hatásaira engednek következtetni *Kolibalova, A.* eredményei (27), aki besugárzás után az F—1 hiszton-frakció és a heparin között szoros kapcsolatot mutatott ki. Ennek szabályozásgenetikai összefüggései pedig eléggé jól ismertek (31, 44).

Végül itt kell megemlíteni egy, még experimentális stádiumának is kezdetén levő kérdést, mely számításba vehető, mint potenciális biológiai doziméter.

*Thomas, E.* (50) közlése szerint a patkányok egésztest-besugárzása után két órával a szérium cörol plazmin-aktivitása fokozódik, és ez a 200—600 R közötti tartományban szignifikáns. Amennyiben emberi adatok is megerősítenék ezt az eredményt, értékes immunológiai gyorsteszt kidolgozására

lehetne számítani, mely éppen a kritikus intervallumban adna gyors meghatározási lehetőséget.

A szűkebb értelemben vett *citológiai* vizsgálatok közül a kromoszóma-aberrációk vizsgálatának jelentőségét tartjuk kiemelendőnek. Az irodalmi adatok alapján megállapítható, hogy a különböző aberráció-típusok között vannak olyanok, melyek gyakrabban fordulnak elő ionizáló sugárzás hatására, mint bármely más aberrációt kiváltó ágensre. Ilyen például a dicentrikus kromoszómák relatív és abszolút megszorodása (56), mely éppúgy vonatkozik az akut sugárkárosodásra, mint a krónikus kisdózisú sugárhatásra. Ezen eléggé specifikus sajátágáért, valamint matematikailag követhető szigorú dóziszfüggéséért több kutató ajánlja biológiai doziméterül (5, 6, 38, 56).

Sajnos a módszerek nagy hátránya rendkívüli idő- és munkaigényessége, valamint az a tény, hogy a megbízható értékelés gyakorlott vizsgálót igényel.

A *biokémiai* vizsgáló eljárások aszerint, hogy a szerves vegyületek mely csoportjából kiindulva közelítik meg a kérdést, főleg két, nagy csoportba oszthatók be:

1. a nukleinsav-, illetve 2. a fehérje-anyagcsere termékeinek tanulmányozásával foglalkozók.

Mielőtt a kérdés részletesebb tárgyalását megkezdenénk, megjegyezzük, hogy idáig nem sikerült olyan indikátort találni a sugársérülés mértékének megítélésére, mely teljességgel megfelelőnek mondható. A különböző diagnosztikus tesztek ugyanis:

- nagy individuális különbségeket mutatnak;
- főként állatkísérletekből ismerjük őket;
- a jelenleg leírt reakciók közül egyik sem csak a sugárártalomra jellemző.

Elég gyakoriak továbbá az ún. „álpozitív” reakciók is. Ez az oka annak, hogy a károsodás mértékének biztonságos megítéléséhez több indikátor egyidejű meghatározását tartják szükségesnek (2).

### 1. A nukleinsavak anyagcseréjében végbemenő változások

A szervezetben leggyakrabban előforduló ötféle nukleotid már in vitro körülmények között is eltérő érzékenységet mutat a különböző kvalitású ionizáló ágensekkel szemben. Amíg például röntgen- és gamma-sugarakkal szemben a primidin-vázis vegyületek mutatnak fokozott érzékenységet, addig a purinvázisokat inkább a neutronsugárzás károsítja, ezek közül is inkább az adenint (49). Ezt kvantumbiokémiai okokra vezetik vissza, és kimutatták, hogy szoros összefüggésben áll az intramolekuláris elektronmegoszlással (28).

A besugárzás a biológiai membránok szerkezetében is elváltozásokat hoz létre (17), melyek következtében azok átteresztőképessége megváltozik. E primer hatáson kívül a besugárzás következtében néhány, a permeabilitást fokozó anyag intermediér metabolizmusa is változást szenved (39, 40). Igen sok közlemény foglalkozik ezek közül a hisztamin-anyagcserében bekövetkező eltérésekkel (36, 52, 55).

Ezen a ponton nyilvánvaló összefüggések vannak a nukleinsav- és fe-

hérjeanyagcsere között, mivel a megváltozott permeabilitás következtében — többek között — különböző nukleinsav-származékok is kiáramlanak az intracelluláris térből. A besugárzást követő első 24 órában pedig már észlelhetők a dezoxiribonukleáz aktivitásban bizonyos eltérések (2).

Mindezen tényezők hatására meggyorsul a nukleinsavak lebontása, emelkedik a metabolitok vérszintje, és fokozódik a kiürülés a veséken keresztül.

A purin-anyagcsere végterméke normális körülmények között emberben és madarakban a húgysav, mely dezaminációs és oxidatív jellegű átalakulás eredménye (7). A reaktorbalesetek beteganyagának vizsgálata során *Shipman* (41) valóban fokozott szérumhúgysav-szintet talált. A bázis→húgysav, főleg pedig az adenin→húgysav átalakulás mértéke több szempontból jó támpontot adna a sugárdestrukció nagyságának a megítélésére, mivel:

— a sejtanyagcsere egyik legérzékenyebb pontja az *adenozin*-trifoszforsav-szintézis, (26) és a *nukleotidák* foszforilációja (29);

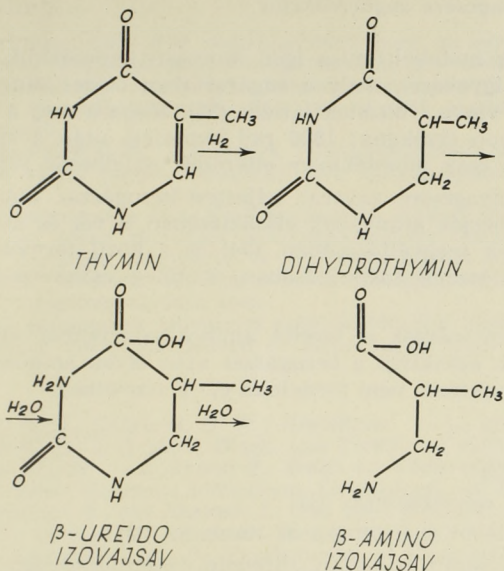
— adenint több olyan ferment tartalmaz, amely kulcspozíciót foglal el a különböző anyagok metabolizmusában (*NAD*, *FAD* koenzimmel működő biokatalizátorok).

Ezért az adenin destrukciója nemcsak a genetikai, hanem az általános anyagcsere apparátusban is komoly elváltozásokat hoz létre. Központi jelentőségére mutat az is, hogy sejttényészetek sugárdestrukcióját a besugárzás után adva is csökkenti (48).

Gyakorlatilag azonban a húgysavürítés más faktoroktól is függ. (Individuális adottságok, táplálkozás). A felsoroltakon kívül hátránynak számítható be, hogy a besugárzott szervezet nem csak húgysavat ürít, hanem az intermedieket is, (hipoxantin, xantin) és ennek következtében olyan variációk állhatnak elő, amelyek a módszer helyességét erősen megkérdőjelezhetik. Jelentős hátrány még a meghatározási eljárások nehézsége.

A pirimidinvázis vegyületek anyagcseréjében a sugárhatás szintén mélyreható elváltozásokat hoz létre. A bázisok lebontása ez esetben is a normál úton halad, csak gyorsul. Az uracil lebontásának végterméke a  $\beta$ -alanin, a timiné a  $\beta$ -amino-izovajsav (BAIBA) (7). A citozin túlnyomórészt dezoxi-citidin formájában ürül. A 4. sz. ábra a timin→BAIBA átalakulást mutatja be (11). Fentemlítettekén kívül több más pirimidin-intermediér ürítését vizsgálták, de leginkább elterjedt a BAIBA és a dezoxicitidin ürítésének a vizsgálata (2, 3, 8, 10, 11, 15, 19, 20, 25, 42). Mindezekből nyilvánvalóvá válik hogy ezen anyagok metabolizmus — csakúgy, mint a purinvázisoké — nagyon is sok faktor által szabályozott, melyek individuális szinten is különböznek (16), ezáltal olyan variációját adják az ürítés mértékének, amely miatt az értékelés megbízhatatlanná válik. Bizonyos kaukázusi néptörzsekben például a populáció 10—15%-ánál a BAIBA-excretio 400  $\mu$ M/24h! (25), de nálunk is az egészséges felnőttek 6,77%-a fokozott mértékben üríti ezt az aminosavat. Az állatkísérletek pedig azt mutatják, hogy ugyanazon törzs fiatalabb egyedeinél nagyobbfokú az ürítés, mint az idősebbekben (2).

A különböző állatfajokon végzett kísérletek, illetőleg a tumoros betegek sugárterápiája során tett megfigyelések, és az akcidentálisan sugárártalmat szenvedett, korábban egészséges egyének vizsgálati eredményeit összevetve, szükségesnek látszik bizonyos konzekvenciák levonása.



4. ábra

Az állatok intermediér anyagcseréje több ponton is eltér az emberétől, és ez egyedül is elég nagy hibalehetőségeket rejt magában. Az emberi faj pedig sokkal heterogénebb populáció, mint egy genetikailag jól definiálható állattörzs. Mindezekből pedig az következik, hogy a biológiai indikátorokra vonatkozó állatkísérleti adatok ismerete csak tájékoztató jellegű lehet, és egyáltalán nem biztos, hogy emberi relációkban is megállják a helyüket. *Chen I-Wen* és mtsai. (10) például tumoros betegeken végzett vizsgálataik során arra a következtetésre jutnak, hogy a dezoxicitidin — jóllehet igen érzékeny indikátor patkányban —, nagyon kevésbé az az emberben.

A daganatos betegségben szenvedők vizsgálatából viszont szintén nem lehet teljes értékű adatokat kapni, mivel még a szövettanilag és anatómiai lokalizációban megegyező tumorfésések esetében sem lehet egy adott dózishoz biztonsággal ugyanakkora érzékeny térfogatot rendelni, és ez nagy mennyiségi differenciákat okozhat.

Teljesértékű következtetéseket így csak a reaktorbalesetek, és kísérleti atomrobbantások során sugársérülést szenvedett, azelőtt egészséges egyének vizsgálatából lehet levonni. A hirtelen kritikussá váló sugárzó anyagokkal dolgozó, akcidentálisan besugárzott egyének gyógykezelése során szintén megállapították a vizelet BAIBA-koncentrációjának a növekedését, és a legmagasabb értéket a legnagyobb dózist elszenvedett emberben kapták, de a maximális ürités időpontjában eltérések mutatkoztak, és az alacsonyabb besugárzási értéknél nem volt olyan szigorú a dóziszfüggés, mint ahogy az a használhatóság szempontjából kívánatos volna (1). A pirimidin-anyagcsere vizsgálata egyébként sem alkalmas módszer a gyorsdiagnosztikában, mivel a kémiai meghatározás hosszadalmas.

## 2. A fehérjeanyagcsere sugárreakciói

A proteinek metabolizmusa igen szorosan kapcsolódik a májműködéshez, bár az az igyekezet, mely a sugárártalom összes tünetét a máj károsodására vezeti vissza, túlzónak látszik (52). Maga a máj a lokális besugárzásra nem nagyon érzékeny; 1000 rad expozíció után a szöveti aminosavkoncentrációban csak jelentéktelen eltérések észlelhetők (43).

A fehérjeanyagcsere zavarai teljestest-besugárzás után megmutatkoznak a szérumfehérjék arányának eltolódásában, a vér és más szövetek aminosavtartalmának megváltozásában, (34) és a közti termékek, valamint az aminosavak ürítésének fokozódásában, illetőleg csökkenésében (1, 22, 23, 33, 41).

A különböző szerzők a vizelet aminosav-tartalmát általában emelkedettnek találták, ezenkívül a besugárzás után olyan aminosavakat is kimutattak, melyek rendszeren nem fordulnak elő a vizeletben.

Ezek:

triptofán (22);

threonin és aszparaginsav (1);

prolin, fenilalanin, triptofán és threonin (33);

prolin, fenilalanin, triptofán, threonin és aszparaginsav (23).

Több szerző érdekes jelenségről számol be: a besugárzottak vizeletében a kritikus periódus során erősen lecsökkent a szerin-szint (23), vagy csak nyomokban volt jelen (41), illetőleg a legmagasabb dózist elsenvedett egyén vizeletéből teljesen hiányzott a szabad szerin (1). A szerin ürítésének csökkenését, vagy hiányát bizonyosan nem egyéni jellegzetesség szabta meg, mivel ezt több esettel igazolták, továbbá a sorozatosan végzett vizsgálatok eredményei a reakció időfüggéseit mutatták; igen kifejezett volt az expozíciót követő 3. napon, de a 9 hónappal később analizált vizeletmintában már bőven kimutatható volt (1).

Ezeket az adatokat elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt nagy jelentőségűnek véljük.

A fehérjeanyagcsere tárgyalásakor kell megemlíteni a kreatin/kreatinin-index és a sugárdózis közötti összefüggést, valamint a taurin metabolizmusában sugárhatásra fellépő elváltozásokat.

Az Oak Ridge-, Lockport-, és Los Alamos-i balesetek kapcsán a kreatin/kreatinin-index elváltozása nem mutatkozott dóziszfüggőnek (20) a szerző szerint azért, mert ez a vizsgáló eljárás inkább az izomszövet károsodását jelzi, míg pl. a BAIBA-ürítése a sugárérzékeny szövetét. Minthogy a kórképen elsősorban az utóbbiak károsodására jellemző tünetek uralkodnak, a velük való foglalkozás célszerűbbnek látszik.

A taurin-ürítés fokozódása az állatkísérleti adatok szerint dóziszfüggő (35), és az első 24 órában maximális (35, 45). *Streffler, C.* véleménye az, hogy a taurin metabolizmusának eltérései és a sugárártalom különböző fokozatai között szoros kapcsolatok vannak (46).

Az emberi anyagon szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy a taurin ürítése az első hét 4. napján éri el maximumát, míg a BAIBA-é az 1–2. napra esik.



## ÖSSZEFOGLALÁS:

Az eddig leírtakat összesítve megállapítható, hogy az egyes anyagok *meny-nyiségi* kimutatása és a sugárdózis közötti összefüggések nem érik el a kívánatos szintet, és a meghatározások olyan felszereltséget igényelnek, amely harctéri viszonyok között megoldhatatlannak tűnik, és a velük történő manipulációk is igen hosszadalmasak.

Jelenlegi módszereinkkel ennél fogva a sugárártalmat szenvedettek között az első részben vázolt három kategóriát nem tudjuk gyorsan és biztonsággal elkülöníteni.

Az aminosav-anyagszere zavaraiival kapcsolatos, emberi anyagon végzett vizsgálatok viszont egy olyan gyorseszt kidolgozhatóságára világítanak rá, amely a sugárhatásra a vizeletben megjelenő, és egyébként ott elő nem forduló aminosavak kimutatására törekszik, illetőleg a hozzávetőleges prognózist a szabad szérin eltűnésének vizsgálatával adja meg.

A különböző aminosavak jellegzetes színreakcióit (12) papírtesztre kidolgozva egy ilyen — eléggé durványos jellegű — csoportosítás talán megoldható lenne.

## IRODALOM:

1. *Andrews, G. A., Sitterson, B. W.: Kretchmer, A. L., and Brucer, M.:* Criticality accident at the Y-12 plant. Diagn. and Treatm. of Acute Radn. Inj. WHO, Geneva, 1961. p. 27—48. — 2. *Antoni F., Szabó L., Várterész V.:* Az ionizáló sugárzás okozta ártalom biokémiai indikátorai. Orvosképzés, 44. 1969. p. 143—153. — 3. *Arient, M., Dienstbier, Z., and Shejbal, J.:* The postirradiation excretion of deoxycytidine by urine in man. G. Fis. Sanit. Radioprot. Rad. 10. 1. 1966. p. 57—60. — 4. *Bacq, Z. M. and Alexander, P.:* Fundamental of Radiobiology. Revis. Second Ed. Pergamon Press, 1961. p. 63—74. — 5. *Bender, M. A.:* Effects of Radiation on Chromosomes. An da Ac. Bras. de Ciencias. V. 39., 31. dez. 1967. Suplemento p. 77—93. — 6. *Bender, M. A.:* Somatic Chromosomal Aberrations. Arch. Environ. Health. Vol. 16. Apr. 1968. p. 556—564. — 7. *Bielka, H.:* Molekulare Biologie der Zelle. G. Fischer Verlag, Jena, 1969. K. 1. p. 81. — 8. *Bigwood, E. J., and Soupard:*  $\beta$ -Amino-Isobutyric Acid and Taurine Excretion in two Cancer Patients. Biological Effects of Ionizing Radiations at the Molecular Level. IAEA, Vienna, 1962. p. 277—287. — 9. *Bond, V. P., Fliedner, T. M., and Archambeau, J. O.:* Mammary Radiation Lethality. Acad. Press, New York, 1965. p. 107. és p. 121. — 10. *Chen I-Wen, Kereiakes, J. G., Friedmann, B. J., and Saenger, E. L.:* Radiation-inducer urinary excretion of deoxycytidine by rats and humans. Radiology, 91. 2. 1968. p. 343—348. — 11. *Cronkite, E. P., and Bond, V. P.:* Radiation Injury in Man. Charles C. Thomas Publ. 1960. p. 129. — 12. *Dévényi T., Gergely J.:* Aminosavak, Peptidek, Fehérjék. Medicina, Bp. 1971. p. 200—201. — 13. *Az ENSZ. Ionizáló Sugárzások Biológiai Hatásaival foglalkozó Külön Bizottságának Jelentése. Kézirat, Bp. 1958. — 14. Fritz-Niggli, H.:* Die Bedeutung des Repairsystems für die Biologische Wirksamkeit von Strahlen Verschiedener Qualität — Eine zweif. — System Theorie. Strahlenther. 135. 2. 1968. p. 202—212. — 15. *Froeholm, L. O.:* Pyrimidine excretion after irradiation rats Int. J. Radiat. Biol. 12. 1. 1967. p. 35—50. — 16. *Gerber, G. B.:* Biochemical diagnosis of radiation damage. Nucl. Sci. Abstr. 23. 1. p. 916. — 17. *Goldfeder, A.:* Effects of X-irradiation on the cytoplasmic ultrastructures. A Coll. of Pap. Press. at the Eighteenth Ann. Symp. on Fund. Cancer Res. Baltimore, The Williams and Wilkins Co. 1965. pars II. (Radiation effects on replication of cellular structures.) — 18. *Gruzdev, G. P.:* Problema porazsenyija krovetvornoj tkani pri osztrój lucevoj patologii. Medicina, Moszkva, 1968. p. 39. és 103. — 19. *Guri, C. D., Swingle, K. F., Cole, L. J., and Bailey, J. S.:* Elevated plasma deoxycytidine levels in rats; a biologic dosimeter of X-irradiation. U. S. Govt. Res. Dev. Rep. 1968. 68. 7. p. 59. — 20. *Hempelmann, L. H.:* The Assessment of Acute Radiation Injury. Diagn. and Treatm. of Acute Radn. Inj. WHO, Geneva, 1961. p. 49—66. — 21. *Hernády T.:* Radioaktív izotópok felhasználásának javallatai és ellenjavallatai. Magy. Radiol. 20. 1. 1968. p. 34—46. — 22. *Howland, J. W., Ingram, M., Hermagen, H., and Hansen, C. L.:* The Lockport incident: Accidental partial-body exposure of humans, to large doses of X-irradiation. Diagn. and Treatm. of Acute Radn. Inj. WHO. Geneva, 1961. p. 11—26. — 23. *Jammet, H. P.:* Treatment of victims of the zero-energy reactor accident at Vinca. Diagn. and Treatm. of Acute Radn.

Inj. WHO. Geneva, 1961. p. 83—103. — 24. *Kálmán E.*: Haematológiai sugarhások. in: 52. p. 163—193. — 25. *Killmann, s., Cronkite, E. P., Bond, V. P. and Fliedner, T. M.*: Acute Radiation Effects on Man, Revealed by Unexpected Exposures. Diagn. and Treatm. of Acute Radn. Inj. WHO. Geneva, 1961. p. 161—165. — 26. *Klowen, A. M.*: Radiosensitivity of nuclear ATP-synthesis and its relation to inhibition of mitosis. in: *ibid.* q. 17. — 27. *Kolibalova, A.*: Changes in DNP-histones after irradiation, and contact with heparin. *Folia Biol.* 16. 5. 1970. p. 356—362. — 28. *Ladik J.*: Kvantumbiókémia. Gondolat, Bp. 1967. — 29. *Machermer, R. et al.*: Das Verhalten von DNS-Synthese und Mitotätigkeit, nach Einwirkung von Betastrahlen auf das Korneaepithel. *Strahlentherapie.* 136. 3. 1968. p. 308—315. — 30. *Moszkaleva, Ju. J.*: Radiobiologiceszkie ekszperimnt i cselovek. *Atomizdat.* Moszkva, 1970. p. 52. — 31. *Ord Margery, G. Stocken Lloyd, A.*: Effects of ionizing radiation on the phosphorilation and oxydation state of thiol group of histones, and their biochemical significance. *Radiat Dam. Sulphydryl Compounds, Proc. Panel 1968.* p. 111. — 32. *Patkó J., Berta I.*: Szilárdtest-doziméterek. *Magy. Radiol.* 19. 1967. p. 303—312. — 33. *Pendic, B.*: The zero-energy reactor accident at Vinca. *Diagn. and Treatm. of Acute Radn. Inj. WHO. Geneva, 1961.* p. 67—81. — 34. *Petrus, V. S., Bessonova, G. S.*: Changes in the amino acid composition of the blood serum in betatron-irradiated rabbits. *Biol. Dejstvie Radiats.* 1969. No. 4. p. 70—75. from: *Ref. Zh. Biol. S.* 1969. Abstr. No. 9. S. 66. — 35. *Raghavan, K. G., Nadkarni, G. B.*: Formation and excretion of taurine in X-irradiated rats. *Internat. J. Radiat. Biol.* 18. 1. 1970. p. 41—49. — 36. *Raghavan, K. G., Nadkarni, G. B.*: Metabolism of histidine in X-irradiated rats in relation to histamine and diamine oxydase. *ibid.* q. 35. p. 51—60. — 37. *Reports of the UNSCEAR, cit.*: O. Biagini, in: Turano. L.: (szerk.) *Trattato di Radiodiagnostica.* Vol. III. Tom. 2. Torino, 1969. p. 931—987. — 38. *Russell, W. L.*: Recent studies on the genetic effects of radiation in mice. *Pediatrics,* Vol. 41. No. 1. Pars II. Jan. 1968. — 39. *Sántha A.*: Kísérletes adatok a biológiai sugárvédelemhez I. Gyulladásos mediátorok és homológ antigének hatása besugárzott egerek túlélésére. *Honvédervos.* XX. 3. 1968. p. 310—317. — 40. *Sántha A., Sztanyik L., Várterész V., Mándi E.*: Sugárvédő anyagok hatása granulóma-tasakos egerek szöveti permeabilitására, izotópjelzéses vizsgálatok alapján. *Honvédervos.* XXI. 4. p. 350—356. — 41. *Shipman, T. L.*: A radiation fatality resulting from massive overexposure to neutrons and rays. *Diagn. and Treatm. of Acute Radn. Inj. WHO. Geneva, 1961.* p. 113—133. — 42. *Solle, M. Gensicke, F.*: Excretion of deoxycytidine and methyldeoxycytidine in rat urine, after intravenous injection of radiocerium. *Int. J. Radiat. Biol.* 15. 6. 1969. p. 507—517. — 43. *Stahler, F., Kuenkel, H. A.*: Free amino acid content in the liver, and blood plasma, after localised irradiation of the liver. *Strahlentherapie,* 138. 2. 1969. p. 239—246. — 44. *Stevely, W. S., Stocken, L. A.*: Variations in the phosphate contents of histone Fl. in normal and irradiated tissues. *Biochem. J.* 110. 2. 1968. p. 187—191. — 45. *Streffler, C.*: Increased taurine excretion after whole-body irradiation of mice. *Strahlenther.* 138. 6. 1969. p. 735—738. — 46. *Streffler, C.*: Some aspects of taurine metabolism and the radiosensitivity of mice. *Atomkernenergie,* 15. 1. 1970. p. 68—71. — 47. *Sztanyik L., Sántha A.*: Sugárártalom, sugárvédelem. Zrínyi, Bp. 1967. — 48. *Takashy Yamada and Harumi Ohyama:* Restoration of radiation damage in rat thymocyte by adenine. *Int. J. Radiat. Biol.* 18. 5. 1970. p. 433—438. — 49. *Tarján I., Rontó Gy.*: DNS-tartalmú bakteriofágok sugársérülésének néhány kérdése. *MTA. Biol. Oszt. Közl.* 12. 3—4. 1970. — 50. *Thomas, E.*: Modifications in serum ceruloplasmin activity after whole-body irradiation. *Atomkernenergie,* 16. 1. 1970. p. 77—78. — 51. *Török I.*: A szilárdtest-dozimetria alkalmazásának lehetőségei az orvosi radiológiában. *Magy. Radiol.* 20. 1968. p. 218—226. — 52. *Várterész V.*: Sugárbiológia. *Medicina,* Bp. 1963. p. 144. — 53. *Várterész V. et al.*: A hisztamin-anyagcsere vizsgálata besugárzott állatokban. in: *Az Országos Frédéric Joliot-Curie Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet tíz éve.* *Medicina,* Bp. 1967. — p. 15—25. — 54. *Wachsmann F.*: Filmfeketedésen alapuló sugárvédelmi mérések problematikája és eredményei. *Sugárártalom, sugárvédelem;* Symp. Bp. 1959., Ed. ORSI. p. 53—59. — 55. *Zapolskaja, N. A., Fedorova, A. V.*: Variation of histamine in bloodand tissues, under the chronic action of strontium-90, cerium-144, and single X-ray exposure. *Radio-biologia.* 10. 3. 1970. p. 469. Abstr. — 56. *Zsebők Z., Stark K. és Czeizel E.*: Chromosoma-vizsgálatok radiológusokban. *Magy. Radiol.* 22. 1970. p. 331—344.

Младший лейтенант Тибор БЕШЕНЕ: О биологических индикаторах острых лучевых поражений.

Подводя итоги, можно установить, что зависимость между количественным выявлением наличия отдельных материалов и дозой облучения не достигает нужного уровня; определение наличия материалов требуют такой оснащённости, которая не может быть достигнута в полевых условиях и методы определения слишком длительные.

В связи с этим помощью имеющихся методов невозможно произвести быструю и надёжную изоляцию первых трех категорий лучевых пораженных.

В ходе исследований на эловеческом материале найдена возможность разработки быстрого теста, с помощью которого можно определить наличие в моче аминокислот, которых там не бывает и которые появляются в результате радиационного воздействия. Этот метод дает примерный прогноз, определяя исчезновение свободного серина.

Такую, хотя и несколько грубую группировку можно произвести, разработав с помощью тестов характерные цветные реакции (12) различных аминокислот.

T. Besenyő, Unterltn. des Dienstes:

### ÜBER BIOLOGISCHE INDIKATOREN DER AKUTEN STRAHLEN-SCHÄDIGUNGEN

Verfasser gibt einen Überblick der Möglichkeiten biologischer Strahlendosimetrie. Anhand der zur Verfügung stehenden Daten läßt sich feststellen, daß die Korrelation zwischen dem quantitativen Nachweis einzelner Stoffe und den Strahlendosen das erwünschte Niveau nicht erreicht, ferner daß die Bestimmungen solcher Ausrüstungen bedürfen, welche unter Feldbedingungen unlösbar zu sein scheinen, und welcher Handhabung äusserst langwierig ist. Dementsprechend kann man zur Zeit die drei bekannten prognostischen Kategorien der Strahlenkranken schnell und zuverlässig nicht unterscheiden. Laut der im Zusammenhang mit Störungen des Aminosäurenstoffwechsels durchgeführten Versuche am humanen Krankengut ist die Ausarbeitung eines Schnelltests möglich, der auf dem Nachweis im Urin solcher Aminosäuren beruht, die da normalerweise nicht vorhanden sind, nur unter Strahleneinwirkung erscheinen, bzw. welche Methode durch Nachweis des Verschwindens freien Serins aus dem Urin eine approximative Prognose zur Folge hat.