

309 024

IV

23  
1980

HU ISSN 0004-7201

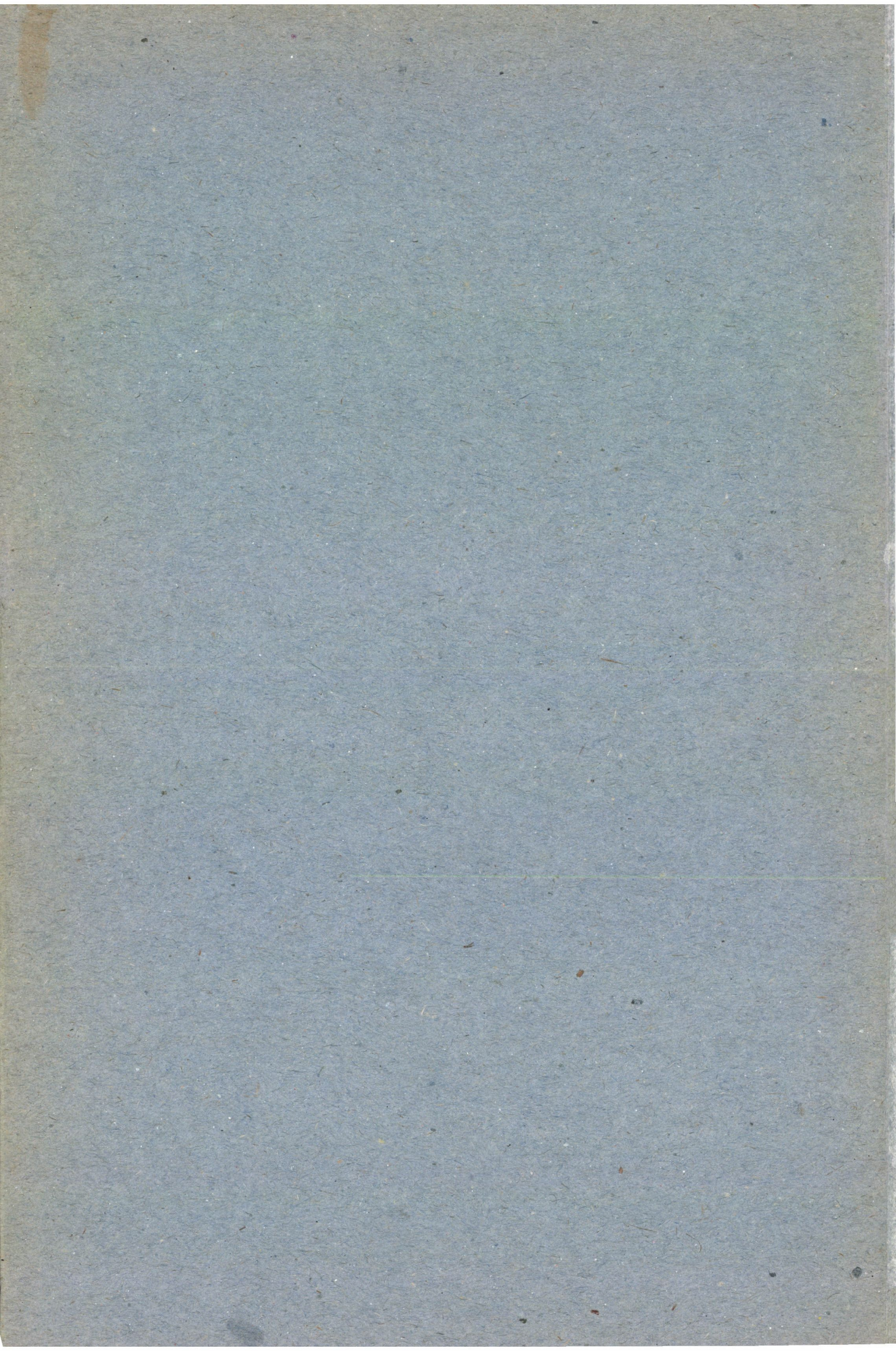
# IZOTÓPTÉCHNIKA

23. ÉVFOLYAM 1. SZÁM (1980)

2

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE





# IZOTÓPTECHNIKA

23. ÉVFOLYAM 1. SZÁM

BUDAPEST 1980. JANUÁR - FEBRUÁR

Szerkeszti, és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete  
Szerkesztőbizottság:

Bába Miklós  
Fehér László  
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/  
Gróz Péter  
Illy József /titkár/  
Kocsár László, az orvostudományok doktora  
Lengyel Tamás, a kémiai tudományok doktora  
Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa  
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa  
Sirokmán Ferenc, a kémiai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség címe: MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf. 77, 1525  
Telefon: 166-547/154

Számunk írói:

Le Van Dieu; Kiss Béla; Jakab Tivadar, az orvostudományok kandidátusa  
Orvostovábbképző Intézet Anaesthesiológiai és Intenzív Therápiás  
Intézete, Budapest, Pf. 112, 1389

Spett Borbála; Kocsár László, az orvostudományok doktora  
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi  
Kutató Intézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Busbarna László  
Baranya megyei Közegészségügyi és Járványügyi Állomás Sugárlabora-  
tóriuma, Pécs, Pf. 47, 7601

Antal Sára; Bertók Loránd, az állatorvostudományok kandidátusa  
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi  
Kutató Intézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Félszerfalvi János  
Kossuth Lajos Tudományegyetem Alkalmazott Fizikai Intézete, Debrecen,  
Pf. 2, 4010

Maleczki Emil, a kémiai tudományok kandidátusa  
Veszprémi Vegyipari Egyetem Radiokémia Tanszéke, Veszprém, Pf. 28,  
8201

Drozda Tamás  
Magyar Ásványolaj- és Földgázkísérleti Intézet, Veszprém, Pf. 92, 8201

Spitkó Ernő  
Gamma Művek, Budapest, Pf. 1, 1509

Medgyes Sándor  
Gamma Művek, Budapest, Pf. 1, 1509

Felelős kiadó: Veres Árpád, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója  
Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének házi sokszorosítójában  
F.v.: Nagy Károly  
Engedélyszám: III/SZI/299/1976

Indexszám: 25.399  
Törzsszám: KFKI-1980-253

1980. 1. szám.

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalban, a kézbesítőnél,  
a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlapirodájánál /KHI, Budapest  
V. József nádor tér 1, távbeszélő: 180-850, postacím: A Posta Központi Hírlap-  
irodája, Budapest, 1900/ a 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámlára

Megjelenik évente hatszor  
évi előfizetési díja: 240,- R  
Példányszám: 300

Egyes szám ára: 40,- R  
Kettős szám ára: 80,- R

## TARTALOM

A posztoperatív pulmonális trombóziskészség vizsgálata izotópos módszerrel .....	1
Le Van Dieu, Spett B., Kiss B., Kocsár L., Jakab T.	
Изучение изотопным методом появления легочного тромбоза после операции	
Examination of Post-Operative Pulmonary Thrombosis Using Isotope Method	
A szabad levegő radonkoncentrációja .....	9
Busbarna L.	
Концентрация радона на вольном воздухе	
The Concentration of Radon in Free Air	
A sugárdetoxifikált endotoxin pirogén hatása .....	16
Antal S., Bertók L.	
Пирогенный эффект эндотоксина, детоксифицированного облучением	
Pyrogen-Effect of Rבודetoxified Endotoxin	
A liolumineszcencia. Egy újabb szövetekvivalens szilárdtestdózismérő rendszer /Irodalmi összefoglaló/ .....	21
Félszerfalvi J.	
Лиолюминесценция: новая ткано-эквивалентная дозиметрическая система твердых тел /Обзорная статья/	
Lyoluminescence: A New Tissue Equivalent System of Solid State Dosimetry /Review Article/	
Konverziós réteg kialakulásának nyomjelzéses vizsgálata alumíniumon	33
Maleczki E., Drozda T.	
Изучение формирования конверсионного покрытия на поверхности алюминия методом меченых атомов	
Studies on the Formation of Conversion Coatings on Aluminium Using a Radioactive Tracer Method	
A MB-8100 Scinticart M .....	49
Spitkó E.	
Сцинтикарт М типа MB-8100	
The Scinticart M Type MB-8100	
Az MB-8200-as Scinticart K .....	53
Medgyes S.	
Сцинтикарт К типа MB-8200	
The Scinticart K Type MB-8200	
HIREK .....	58



## A POSZTOPERATIV PULMONÁLIS TROMBÓZISKÉSZSÉG VIZSGÁLATA IZOTÓPOS MÓDSZERREL

Le Van Dieu,\*\* Spett B.,\* Kiss B.,\*\* Kocsár L.,\* Jakab T.\*\*

\*Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest,

\*\*Orvostovábbképző Intézet Anaesthesiológiai és Intenzív Therápiás Intézete, Budapest

/Érkezett 1979. október 31-én/

A különböző ideig végzett narkózis a jelzett fibrinogén felvételét nem befolyásolta. A második csoportnál, a műtét típusától, a narkózis időtartamától és a bioassay idejétől függetlenül, szignifikáns aktivitásfokozódást a tüdőben nem találtunk, de a májban igen.

A narkózis tehát nem hajlamosít mikro-tromboembolusok képződésére a tüdőben. Tapasztalataink egyeznek Holmes és munkatársai megfigyelésével, akik klinikai beteganyagban, indirekt módon zárják ki a posztoperatív pulmonális mikro-tromboembolusok lehetőségét.

A májszövet fokozott jelzettfibrinogén-felvételének okát további vizsgálattal kell tisztázni.

Изучение изотопным методом появления легочного тромбоза после операции  
Ле Ван Дие, Шпетт, Б., Киши, В., Кочар, Л., Якаб, Т.

Наркоз, проведенный разные периоды не влиял на принятие меченого фибриногена. Однако, независимо от типа операции, времени наркоза и биоанализа, значительного повышения активности не наблюдалось в легких, а происходило в печени.

Следовательно наркоз не предрасполагает легкие к образованию микро-тромбоэмболов. Опыты совпадают с наблюдениями над клиническим контингентом больных Холмса и сотрудников, исключаями возможность развития микро-тромбоэмболов после операции.

Для объяснения повышенного принятия тканей печени меченого фибриногена требуются дальнейшие исследования.

Examination of Post-Operative Pulmonary Thrombosis Using Isotope Method  
Le Van Dieu, Spett, B., Kiss, B., Kocsár, L., Jakab, T.

Anaesthesia lasting for different periods did not effect the uptake of the labelled fibrinogen. In the second group, nevertheless, independently of the type of operation, the period of anaesthesia and bioassay, no significant activity increase was found in the lungs, while the liver showed an increase.

Anaesthesia does not predispose micro-thrombi formation in the lungs. Experiences agree with those of Holmes et al. who indirectly excluded the possibility of postoperative pulmonary micro-thromboemboli formation in clinical patients.

The cause of the increased labelled fibrinogen uptake of the liver tissue should be revealed by further investigation.

Narkózisban végzett műtét után különböző fokú és időtartamu hypoxaemia alakul ki<sup>1,2</sup>. Kiváltásában több tényező játszik szerepet. Egyikük a külső gázcseré károsodása, melyre a légzésfunkciós paraméterek jelentős mértékű csökkenése utal. A tüdőterefogat csökkenése a kis légutak korai elzáródását, valamint a shuntkeringés fokozódását segíti elő<sup>3,4</sup>. A műtétet követő fájdalom, sedatívumok, bronchialis váladék, a rekeszizom cranialis irányba való tolódása, a hasfali izomzat csökkent működése mind olyan tényező, mely lényegesen rontja a légzés határfokát, kedvez az atelectasia, valamint infectio kialakulásának<sup>5</sup>.

Emellett számolni kell a szivperctérfogat csökkenésével, valamint trombo-embóliás szövődmény felleléptével. Lahnborg és munkatársai szerint<sup>6</sup> különös

jelentőségük van a mikro-tromboembolusoknak, melyek ugyan közvetlen életveszélyt nem jelentenek, de a tüdő perfúziós viszonyainak megváltoztatásával a posztoperatív hypoxaemia elmélyítéséhez hozzájárulnak<sup>7</sup>. Ezek az apró embólusok nem annyira az ér mechanikus eltömeszelése, mint inkább vazomotoros anyagok felszabadítása útján akadályozzák a pulmonális keringést. A ventiláció és a perfúzió arányának kedvezőtlen változása főleg idősebb egyénnél jár súlyosabb következménnyel<sup>8,9</sup>. Kis dózisu heparin profilaktikus adása csökkenti a mélyvénás trombózis, valamint a következményes pulmonális embólia kialakulásának lehetőségét<sup>10,11</sup>.

E megfigyelésekből kiindulva Lahnborg és munkatársai megvizsgálták a trombózis profilaxis és posztoperatív hypoxaemia összefüggését, és azt találták, hogy kis dózisu heparinkezelésben részesült betegnél a hypoxaemia mérsékelt, és rövidebb tartamu, mint ezen készítményt nem kapó műtött betegnél. Ezt azzal magyarázták, hogy a heparin gátolja a mikro-tromboembolusok kialakulását, és ezáltal a posztoperatív hypoxaemia előfordulása szignifikánsan csökken<sup>6</sup>. Kedvező tapasztalataikat azonban a később végzett utánvizsgálat nem mindenben tudta megerősíteni<sup>12</sup>.

Annak eldöntésére végeztük állatkísérletes vizsgálatainkat, hogy milyen tényezők befolyásolják a posztoperatív tromboembolizáció kialakulását. Választ kerestünk arra a kérdésre, milyen hatással van a narkózis, valamint a műtét típusa a posztoperatív embolizációra. Igyekeztünk felderíteni, melyek azok a szervek, amelyek embolizáció szempontjából különösen veszélyeztetettek, és mindezek alapján szerepet játszik-e a posztoperatív hypoxaemia létrejöttében a pulmonális mikro-tromboembolizáció. Tekintve, hogy a radioaktív fibrinogén meglehetősen bevált, érzékeny és megbízható módszer a posztoperatív kialakuló intravasculáris trombózis, valamint az embolusok kimutatására, ezért vizsgálatainkban <sup>125</sup>I fibrinogént használtunk.

## VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Kísérleteinket Wistar R/Amsterdam/ Long Evans /csuklyás/ F<sub>1</sub> hibrid /LATI Gödöllő/ him, 180-200 g súlyu patkányon végeztük. Megfelelő tenyészetből származó állatok általában egészségesek, és ez az altatás hatására létrejövő elhullást a minimális szintre csökkenti<sup>13</sup>. A vizsgált állatokat - a beavatkozástól függően - két nagy csoportra osztottuk: megfelelő kontroll csoportról is gondoskodtunk. A kezelt csoportok mindegyikébe 10 - 10 állat, míg a hozzájuk tartozó kontroll csoportba 5 - 5 állat tartozott. Összesen 105 patkányon végeztük el a kísérletet.

Az első csoportba kerültek azok az állatok, amelyeknél a narkotikum esetleges mikrotrombózist előidéző hatását vizsgáltuk. Ezen a csoporton belül a narkózis tartamától, valamint a bioassay idejétől függően négy alcsoportot alkottunk.

## 1. táblázat

A narkózis tartama, a bioassay ideje, valamint az elvégzett beavatkozás alapján kialakított csoportok

Csoport	Beavatkozás	Narkotikum és izotóp	Narkózis tartama /óra/	Bioassay ideje /óra/
I	N A R K O Z I S	H A L O T H A N N E	1	2
			3	2
			3	24
			5	2
II	N A R K O Z I S + M U T E T	ÉS 125.I F I B R I N O G E N	3	2
			3	24
			3	24

A második csoport állatainál a narkózis alatt műtéti beavatkozás is történt. Ennek típusától /lépexstirpatio, vagy gyomorresectio/, valamint a narkózis tartamától és a bioassay idejétől függően három alcsoportot képeztünk. A narkózist mindkét csoportnál azonos módon, Halothannal, maszkon keresztül, inhalációs módszerrel végeztük. Ennek befejezése után az állatok 5 - 10 perc múlva ébredtek. Ekkor 0,74 MBq /20 µCi/ humán <sup>125</sup>I fibrinogént adtunk intravénásan, hogy megállapíthassuk a radioaktív fibrinogén depozíciójának helyét és hozzávetőleges mennyiségét. A jelzett fibrinogén az OSSKI törzskönyvezett készítménye, melynek fajlagos aktivitása 3,7 MBq/mg/ampulla /100 µCi/mg/ampulla/, aktivitásának több, mint 85%-a alvasztható; szabadjód-tartalma 1-2%. A készítmény beadása után az állatokat leöltük, és a szervekből bioassayt végeztünk. Ennek során mértük a vér, a tüdő és a máj aktivitását NK 350-es üreges mérőhellyel ellátott scaleren, A radioaktivitást cpm-ben adjuk meg az illető szerv grammjára számítva.

Az első csoport állatainál csak a narkózis tartama, valamint az utána végzett bioassay ideje változott.

A második csoportban azonos narkózistartam mellett különféle beavatkozásokat végeztünk, és a bioassayt is különböző időpontokban hajtottuk végre. Ezen változtatásokkal azt kívántuk tisztázni, van-e a narkózisnak, illetve a műtétnek tromboembóliás szövődményt előidéző hatása, és ha igen, akkor a trombózisképződés mikor indul meg. A narkózis és műtét együttes hatásának tisztázása céljából a 3 órán át narkotizált, gyomorresecált, majd 24 óra múlva bioassay meghatározáson átesett állatok tüdejét szövettanilag megvizsgáltuk, emellett sztripping film autoradiográfiával is vizsgáltuk a tüdőt.

## EREDMÉNYEINK

A 2. táblázat és az 1. ábra a különböző ideig narkotizált patkányok szerveiben levő <sup>125</sup>I fibrinogén aktivitását mutatja. A táblázatban foglalt eredmé-

## 2. táblázat

Az egyes szervek  $^{125}\text{I}$  felvétele narkózis után.  
/Az aktivitás cpm-ben, a szerv 1 grammjára vonatkoztatva van megadva./

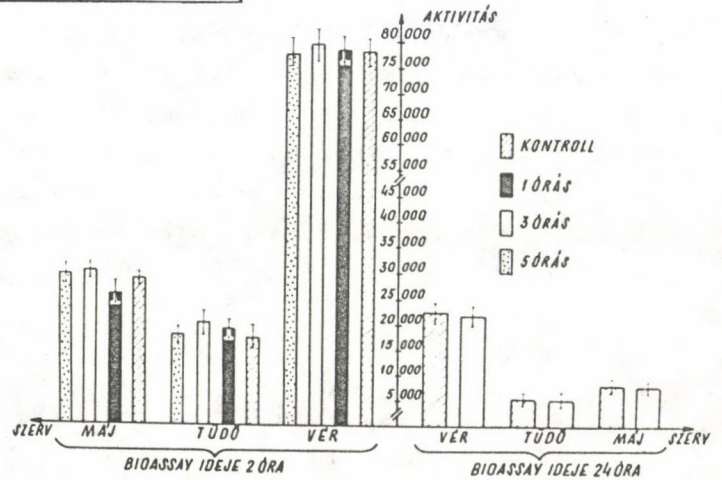
CSOPORTOK		NARKÓZIS HATÁSA $^{125}\text{I}$ -FIBRINOGÉN FELVÉTELE		
Narkózis tartama	Bioassay ideje	VÉR	TUDÓ	MÁJ
		AKTIVITÁS ABSZOLUT ÉS %-OS ÉRTÉKBEN		
Kontroll	2 óra	78384 ± 3168	17581 ± 1458	29031 ± 1051
		100 ± 4,04	22,43 ± 1,86	37,03 ± 1,34
1 óra	2 óra	78633 ± 2282	19189 ± 1329	26526 ± 1715
		100 ± 2,90	24,40 ± 1,69 NS	33,73 ± 2,18 NS
3 óra	2 óra	79873 ± 3410	20304 ± 1789	30466 ± 1494
		100 ± 4,27	25,42 ± 2,24 NS	38,14 ± 1,87 NS
5 óra	2 óra	77958 ± 2936	17791 ± 1528	29725 ± 1801
		100 ± 3,77	22,82 ± 1,96 NS	38,18 ± 2,31 NS
Kontroll	24 óra	22398 ± 1816	5243 ± 931	7897 ± 951
		100 ± 8,11	23,41 ± 4,16	35,27 ± 4,24
3 óra	24 óra	21976 ± 1641	5166 ± 856	7733 ± 893
		100 ± 7,47	23,51 ± 3,89 NS	35,19 ± 4,06 NS

nyek szerint lényeges eltérés - a kontrollal való egybevetés alapján - egyik alcsoportban sincs. A különböző időpontban végzett bioassay szerint az inhalációs narkózis nem játszik szerepet a posztoperatív tromboembóliás szövődmény kialakulásában.

A második csoport állatainál, ahol a narkózis egységesen három órán át tartott, és ez idő alatt műtéti beavatkozás is történt, a jelzett fibrinogén intravénás beadása után két órával nem találtunk értékelhető aktivitásbeli különbséget a vér és a tüdő között, a máj aktivitása viszont szignifikánsan meghaladta a kontroll csoportét / $p < 0,001$ / /3. táblázat, 2. ábra/.

1. ábra

$^{125}\text{I}$ -fibrinogén felvétele különböző szervekben, narkózis után



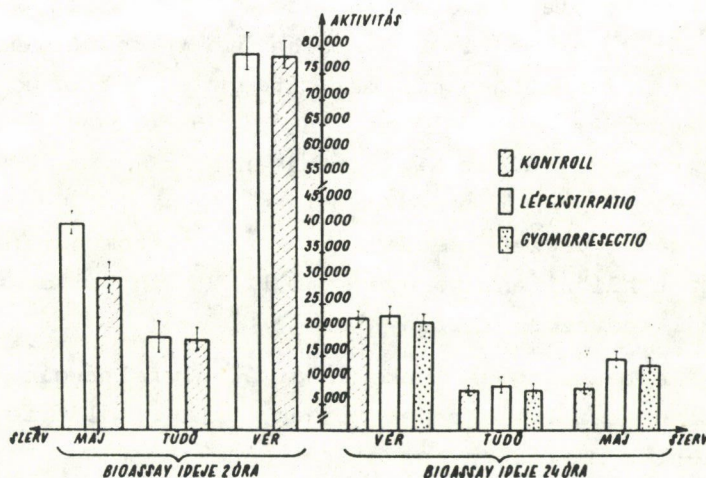
3. táblázat  
Különböző szervek  $^{125}\text{I}$ -felvétele műtét után

CSOPORTOK			NARKÓZIS + MŰTÉT HATÁSA $^{125}\text{I}$ -FIBRINOGÉN FELVÉTELE		
Narkózis tartama / óra /	Bioassay ideje /óra/	Műtét típusa	VÉR	TUDÓ	MÁJ
			AKTIVITÁS ABSOLUT ÉS %-OS ÉRTÉKBEN		
Kontroll		2 óra	78463 ± 2456 100 ± 3,13	18031 ± 1852 22,98 ± 2,36	30020 ± 2676 38,26 ± 3,41
3 óra	2 óra	Lépektirpatio	79214 ± 3224 100 ± 4,07	18346 ± 2424 23,16 ± 3,06 NS	40668 ± 2076 51,34 ± 2,62 P < 0,001
Kontroll		24 óra	22245 ± 1391 100 ± 6,25	7779 ± 726 34,97 ± 3,26	8511 ± 679 38,26 ± 3,05
3 óra	24 óra	Lépektirpatio	22479 ± 1593 100 ± 7,11	8501 ± 1003 37,82 ± 4,46 NS	13768 ± 951 61,25 ± 4,23 P < 0,001
3 óra	24 óra	Gyomorresectio	21280 ± 1391 100 ± 6,53	7864 ± 769 36,95 ± 3,61 NS	12724 ± 615 59,79 ± 2,89 P < 0,001

Ugyanilyen eredményt kaptunk akkor is, ha a bioassayre az intravénás fibrinogén beadása után 24 órával került sor. Tüdőben és vérben a kontroll csoporthoz viszonyítva egyik esetben sem mutatkozott értékelhető különbség, de a májban, ugyanugy, mint az előbbieken, a lépektirpatió és gyomorresectió állatoknál is jelentős aktivitáshalmozódást tapasztaltunk. Az eltérés a kontrollhoz viszonyítva itt is szignifikánsnak bizonyult /p < 0,001/.

A kontroll csoport, valamint a narkotizált, gyomorresectión átesett állatok tüdejének szövettani vizsgálata során különbséget nem találtunk. A kapillárisok fala sima, vékony, normális átméretű volt.

2. ábra  
A májszövet  $^{125}\text{I}$ -felvétele műtét után szignifikánsan megnő



Fibrinogént, valamint a kapillárisokban falhoz rögzített trombocitákat nem találtunk. Mikrotrombózis sem volt kimutatható. A vizsgált tüdőautoradiogramok kis részletein kizárólag a tüdőalveolusok lumenének megfelelően találtunk grainek felszaporodását.

## MEGBESZÉLÉS

Az alsó végtagok mélyvénás trombózisa, valamint a következményes pulmonális embólia jelentős szerepet játszik a posztoperatív morbiditásban és mortalitásban<sup>14</sup>. A mélyvénás folyamat diagnosztikáját igen megnehezíti, hogy az esetek jelentős részében panasz- és tünetmentesen alakul ki<sup>15,16</sup>.

Érthető, hogy az elmúlt években több olyan eljárást dolgoztak ki, mely alkalmas a mélyvénás trombózis időbeni felismerésére. Közülük az ultrahang, a Doppler-eljárás, a flebográfia, valamint a radioaktív jelzett fibrinogén trombusba történő beépülésének detektálása az ismertebbek. Irodalmi tapasztalatok alapján a radioaktív fibrinogén felhasználásán alapuló vizsgáló módszerek érzékenysége a flebográfiáéval egyezik, és lényegesen meghaladja az említett többi módszer pontosságát<sup>17</sup>. Az eljárás alapját a vénában bejuttatott, keringő, jelzett fibrinogénnek a trombusba való beépülése képezi. A módszer alkalmasságát, mind klinikai, mind kísérleti körülmények között, már a 1960-as évek elején bebizonyították, de széleskörű elterjedésére csak mintegy tíz év múlva került sor. Ennek okát részben a regisztráló berendezés költséges voltában, részben bizonyos technikai kérdések nem teljes tisztázottságában kereshetjük<sup>17</sup>.

Többek között meg kellett határozni a radioaktív jelzett fibrinogén optimális bejuttatásának idejét ahhoz, hogy maximális aktivitással épüljön be a képződő trombusba<sup>18</sup>. Martin és munkatársai<sup>19</sup> kutya vena jugularis intimájának elektromos sértésével trombózist hoztak létre. A trombus kialakulását megelőzően, valamint létrejötté után, különböző időpontokban, <sup>125</sup>I jelzett fibrinogént juttattak be az állatokba. Tapasztalataik szerint a trombus kialakulása után 24 órával beadott <sup>125</sup>I fibrinogén is beépül, és a folyamat detektálását megbízhatóan lehetővé teszi. Coleman és munkatársai<sup>20</sup> szerint a jelzett fibrinogén maximális beépülése akkor következett be, amikor a trombusképződés megindulása után négy órával adták az állatoknak. Ezt követően a trombus és a vér aktivitásaránya lassan csökkent, jelezvén a fibrinogén fokozatosan csökkenő mértékű beépülését. A jelzett fibrinogén bevitele után 96 órával végzett detektálás során a trombus még mindig biztonsággal el lehetett különíteni környezetétől. A klinikai diagnosztikai tapasztalat is rendkívül kedvezőnek bizonyult.

A Lahnberg és munkatársai által feltételezett mikro-tromboembolusok<sup>6</sup> közvetlen veszélyt nem jelentenek, de a belőlük felszabaduló vazoaktív anyagok jelentős mértékben hozzájárulhatnak a posztoperatív hypoxia kialakításához.

Keletkezésük oka tisztázatlan, diagnosztikájuk az előbbieken ismertetett eljárásokkal nem oldható meg. A kérdés állatkísérletes vizsgálatára sem hazai, sem nemzetközi irodalmi adat nem állott rendelkezésünkre, ezért határoztuk el tisztázását. Tekintettel arra, hogy a  $^{125}\text{I}$  jelzett fibrinogén a tromboembóliás betegségek diagnosztikájában igen elterjedt és megbízható, választásunk rá esett. Megállapítottuk, hogy a narkózisnak nincs trombozist és embóliát előidéző hatása. A kontroll és a narkotizált állatok szervei azonos jelzett fibrinogénfelvételt mutattak, függetlenül a narkózis tartamától valamint a bioassay időpontjától. Az értékek között szignifikáns különbséget nem találtunk. A második csoport állatainál, ahol a narkózis alatt már lépezstirpátio vagy gyomorresektio is történt, a  $^{125}\text{I}$ -fibrinogén felvétele - a narkózis tartamától, a bioassay idejétől és a műtét típusától függetlenül - a májszövetben bizonyult a legnagyobb. A tüdő izotópfelvétele nem mutatott szignifikáns különbséget a kontroll csoport értékeihez viszonyítva. Ezen vizsgálati eredmények alapján nem látjuk bizonyítva a Lahnborg-féle mikro-tromboembólia elméletét. Tapasztalataink egyeznek Holms és munkatársai megfigyeléseivel<sup>12</sup>, akik klinikai beteganyagban - indirekt módon - zárták ki a posztoperatív pulmonális mikro-tromboembolusok lehetőségét. A máj fokozott fibrinogénfelvételét a tromboembólia mellett esetleges fibrinogénlebomlás is magyarázhatja. Ezzel a kérdéssel azonban jelen munkánkban nem foglalkoztunk.

#### IRODALOM

1. R.H. Overholt, J. Amer. Med. Ass. 95 /1930/ 1484
2. D. Schlosser, Langenbecks Arch. Chir. 330 /1972/ 348
3. J. I. Alexander, A.A. Spence, R.K. Parikh, B. Stuart, Brit. J. Anaesth. 45 /1973/ 34
4. Le Van Dieu, Kiss B., Kroó M., Légzésfunkciós, sav-bázis és elektrolyt értékek változása felső hasi, valamint thoraco-abdominalis műtéti beavatkozások után, A Magyar Gastroenterológiai Társaság 21. nagygyűlése, Keszthely, 1979. május 23-26
5. P.G. Bevan, Brit. J. Surg. 49 /1961/ 126
6. G. Lahnborg, H. Lagergren, G. Hedenstierna, Effect of Low-Dose Heparin Prophylaxis on Arterial Oxygen Tension after High Laparotomy, Lancet 1976, I. 54.
7. J.N. Siber, H. Rosenberg, T.D. Mull, J.A. Kaplan, P.C. Trainess, H. Barding, Amer. Surg. 17 /1974/ 149
8. G.B. Drummond, Postoperative Hypoxaemia and Oxygen Therapy, Brit. J. Anaesth. 47 /1975/ 491
9. H. Kitamura, T. Sawa, E. Ikezono, Postoperative Hypoxaemia, Anaesthesiology 36 /1972/ 244

10. S.S. Gallus, J. Hirsh, R.J. Tuttle, R. Trebilcock, S.E. O'Brien, J.J. Carrol, H.H. Mindin, M. Hudecki, *New England J. Med.* 288 /1973/ 11
11. V.V. Kakkar, E.S. Field, A.N. Nicolaidis, P.T. Flute, S. Wessler, E.T. Yin, *Lancet* 1971,II. 669
12. U. Helms, H. Weihrauch, K. Jacobitz, I. Conrad, M. Lux, Einflüsse einer Low-Dose-Heparinisierung auf das postoperative Verhalten der Blutgase nach Oberbaucheingriffen, *Anaesthesist* 28 /1979/ 85
13. M. Ben, R.L. Dixon, R.H. Adamson, *Anaesthesia in the Rat. Federation Proceedings* 28 /1969/ 1522
14. R.F. Caretta és mtsai, Early Diagnosis of Venous Thrombosis Using  $^{125}\text{I}$ -Fibrinogen, *J. Nucl. Med.* 18 /1977/ 5
15. C. Flanc, V.V. Kakkar, M.B. Clarke, The Detection of Venous Thrombosis of the Legs Using  $^{125}\text{I}$ -Labelled Fibrinogen, *Brit. J. Surg.* 55 /1968/ 742
16. V. Kakkar, The Diagnosis of Deep Vein Thrombosis Using  $^{125}\text{I}$  Fibrinogen Test, *Arch. Surg.* 104 /1972/ 152
17. J. Hirsch, A. Galeus,  $^{125}\text{I}$ -Labeled Fibrinogen Use in the Diagnosis of Venous Thrombosis, *JAMA* 233 /1975/ 970
18. H. Howard, J. Kaufman és mtsai, Radioiodinated Fibrinogen for Clot Detection in a Canin Model of Cervical Carotid Thrombosis, *J. Nucl. Med.* 19 /1978/ 370
19. D.L. Martin, S.A. Buckner, P. Somain, Localization of Blood Clot of Varying Ages by  $^{125}\text{I}$ -Labeled Human Fibrinogen, *Clin. Res.* 21 /1973/ 832
20. F.E. Coleman, S.S.L. Hornig, és mtsai, Fibrinogen Uptake by Thrombi: Effect of Thrombus Age, *J. Nucl. Med.* 16 /1975/ 370

## A SZABAD LEVEGŐ RADONKONCENTRÁCIÓJA

Busbarna L.

Baranya megyei Közegészségügyi és Járványügyi Állomás Sugárlaboratóriuma, Pécs  
/Érkezett 1979. október 31-én/

A légnyomás, a hőmérséklet és a légmozgás csökkenésével, valamint az őszi és téli hónapokban nő a  $^{222}\text{Rn}$  és bomlástermékei koncentrációja.

Концентрация радона на вольном воздухе  
Бушбарна, Л.

Концентрация  $^{222}\text{Rn}$  и его продуктов распада повысилась при снижении атмосферного давления, температуры и движения воздуха, а также в осенних и зимних месяцах.

The Concentration of Radon in Free Air  
Busbarna, L.

The concentration of  $^{222}\text{Rn}$  and its decay products increases with decreasing air pressure, temperature, air circulation and in the autumn and winter months.

### BEVEZETÉS

A lakosság természetes eredetű sugárterhelésének egyik forrása a levegőben lévő radon és bomlástermékei. E radioaktív anyagok belégzés útján jutnak a szervezetbe, s elsősorban a tüdő és a vese sugárterhelését okozhatják<sup>1</sup>.

Vizsgálataink kizárólag a  $^{222}\text{Rn}$ , illetve a mérőkamrában egyensúlyi állapotban lévő bomlástermékei meghatározására szorítkoznak.

#### 1. táblázat

A mért  $\alpha$ -bomló részecskék jellemzői

Részecske	Felezési idő	$\alpha$ -energia
$^{222}\text{Rn}$	3,83 d	5,48 MeV
RaA	3,05 min	6,00 MeV
RaC'	164 $\mu\text{s}$	7,68 MeV

A vizsgálatok célja: a légkör fizikai állapotváltozásainak a radon koncentrációjára gyakorolt hatásának elemzése. Feltételezésünk szerint - az egyszerűen nyomon követhető változások közül - a légnyomás, a hőmérséklet, a légmozgás, az évszakok és az időjárás befolyásolhatja a szabad levegő radonkoncentrációját, ezért a vizsgálatok mindezek figyelembevételével történtek.

A mérésorozatot  $1000 \text{ cm}^3$ -es, paraboloid tükrös szcintillációs kamrával végeztük. A kamrával mérhető legkisebb aktivitás  $(0,93 \pm 0,2) \cdot 10^{-6} \text{ Bq/cm}^3$ , tehát alkalmas a szabad levegőben előforduló radonkoncentráció minimumértékének a meghatározására<sup>2</sup>.

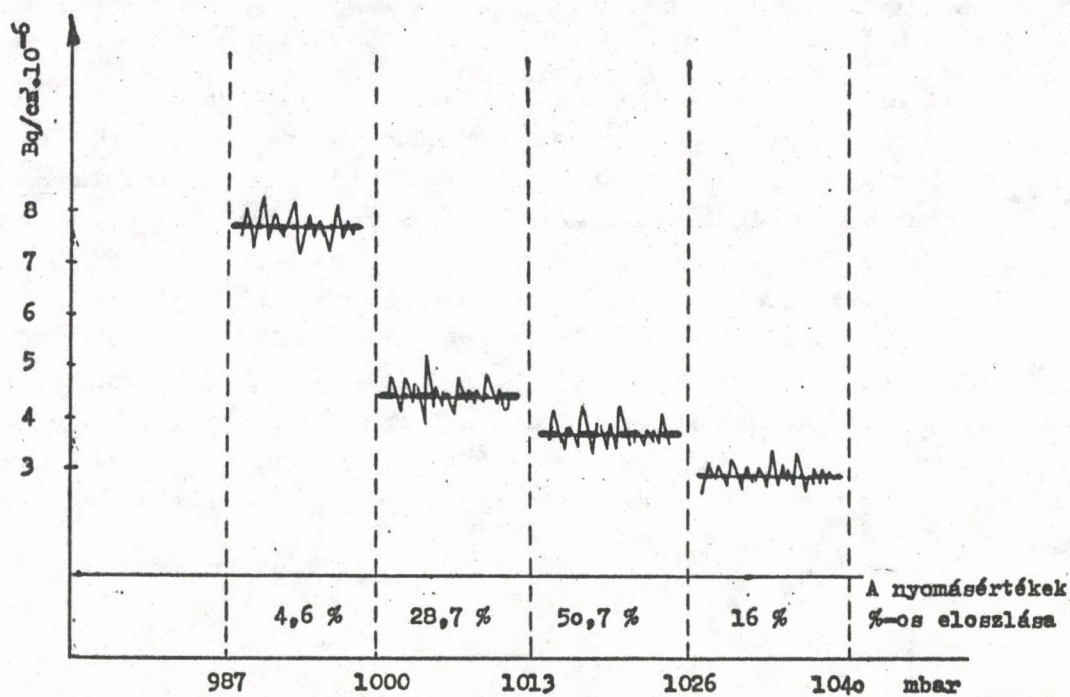
A mérések száma 300, a figyelembe vett tényezők száma pedig 1500 volt. A közölt értékek a mérési eredmény számtani középértékei, ezért gyakori, hogy a számított átlagérték nem szimmetrikusan helyezkedik el a maximum és minimum között. Ez különösen szembetűnő a hónapok függvényében felvett diagramnál. Az adott hónapokban ugyanis egy-egy kiugró maximumcsúcsot mértünk, azonban a többi érték zöme nagyobb vagy kisebb átlagérték körül ingadozott. Mindez tehát utal arra, hogy egy-egy tényező nem határozza meg kizárólagosan a radonkoncentrációt, amint ezt a tényezők külön-külön elvégzett vizsgálata is igazolja.

#### A LÉGNYOMÁS HATÁSA A RADONKONCENTRÁCIÓRA

Zárt helyiségben végzett mérés tanúsága szerint a légnyomás csökkenésével a radonkoncentráció növekszik, és viszont<sup>1,3</sup>. Ez mutatható ki a szabad légkörben is /1. ábra/. A leggyakrabban előforduló 1013-1026 mbar légnyomástartományhoz viszonyítva. 1000 mbar-ig a koncentráció növekedése nem haladja meg a 15%-ot. Hasonló mértékű tapasztalható 1026-1040 mbar tartományba. A ritkán előforduló 987-1000 mbar között viszont az átlagértékek differenciája tullepi a 100%-ot is. A viszonylag nagy koncentrációt részben az is magyarázza, hogy a légnyomás kis értéke többnyire csapadékkal, szélcsenddel párosul, amely a koncentráció növekedését -vizsgálataink szerint - elősegíti. Ugyancsak szerepet játszhat a beépített terület mikroklímája is, ahol - a zárt, szellőzetlen helyiséghez hasonlóan - a kis légnyomás miatt intenzívebb a fölszabaduló emanáció.

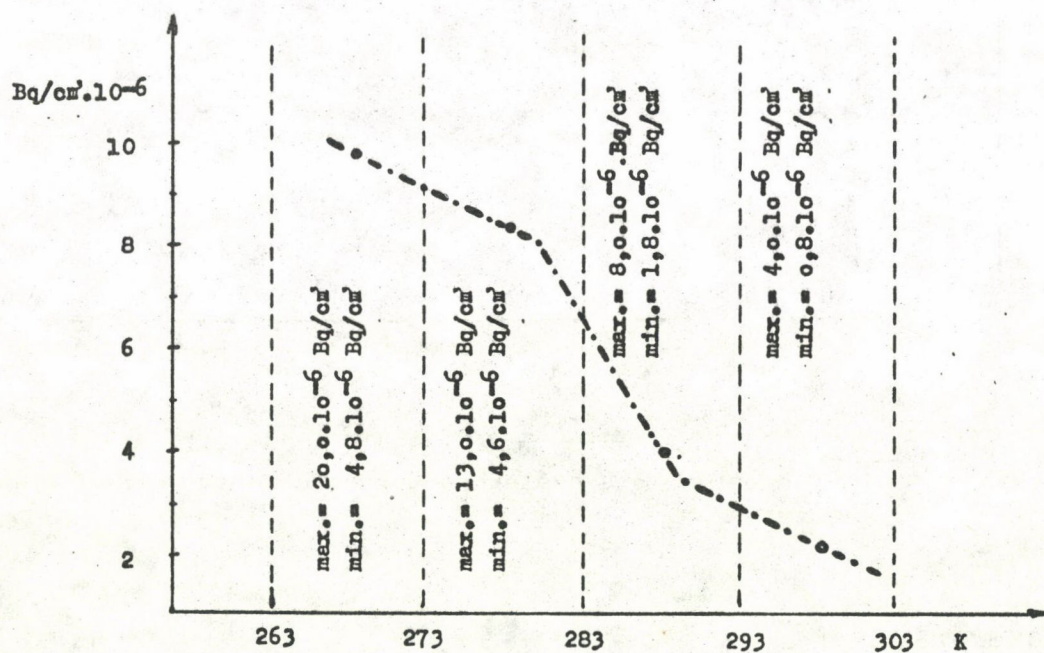
#### A HŐMÉRSÉKLET HATÁSA

A 2. ábrán megfigyelhető, hogy a hőmérséklet emelkedésével a radonkoncentráció csökken. Bár más meteorológiai tényezők /csapadék, légmozgás, évszak/ itt sem hagyhatók figyelmen kívül, az átlagértékek alakulása a hőmérséklet befolyását igazolja. A  $-10$  és  $0^\circ\text{C}$  közti tartományban mért maximális csúccsal kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy fagypont alatti hőmérséklet és ködös, szélcsendes idő volt. A legkisebb koncentrációt ugyanakkor  $30^\circ$  közelében, derült időben mértük. Feltételezhető, hogy meleg időben a fölszálló légmozgás miatt függőleges légcseré alakul ki, amely csökkenti a földközeli légréteg radonkoncentrációját, amint az szeles időben is bekövetkezik. A szélsőértékek ingadozása egyébként fagypont alatti hőmérsékletnél volt a legnagyobb, és  $20^\circ$  fölött a legkisebb.



1. ábra

A  $^{222}\text{Rn}$ -koncentráció a légnyomás függvényében

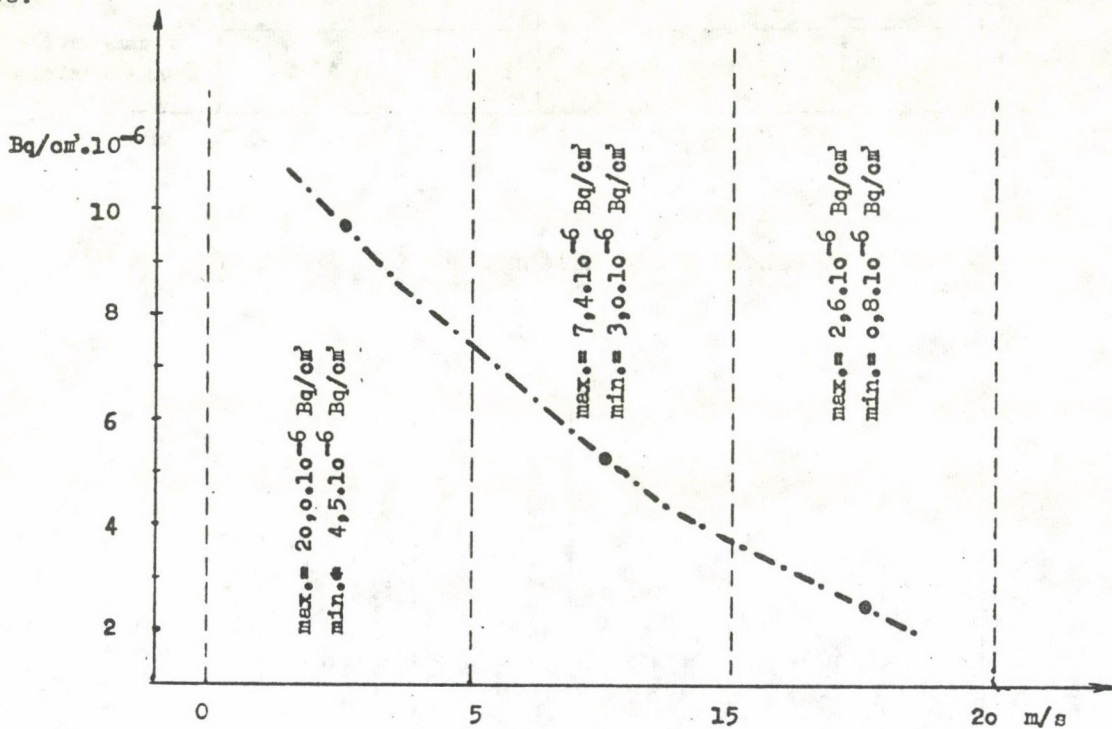


2. ábra

A  $^{222}\text{Rn}$ -koncentráció a hőmérséklet függvényében

## A LÉGMOZGÁS HATÁSA

A szél erősségének fokozódása - amint azt a 3. ábra szemlélteti - a koncentráció csökkenését eredményezi. Szembetűnő, hogy viharos erősségű légmozgásnál - minden más hatástól eltérően - igen kis aktivitási átlagérték adódik, és a maximum-minimum szélsőértékek is mérsékeltek. Valószínű, hogy a légmozgás következtében a magasabb légrétegek kisebb koncentrációja keveredik a talajközeli légréteggel, és annak koncentrációját csökkenti. Ez a természetes szellőző hatás elsősorban a beépített /városi/ terület légterében okozhat jól érzékelhető változást, ahol az építőanyagokból felszabaduló radon miatt a koncentráció föltehetően nagyobb, mint a természetes környezetben. Ezzel szemben a 0-5 m/s sebességű légmozgásnál mért maximumcsúcs is jelzi, hogy a talajból és az építőanyagokból kiszivárgó emanáció zavaró hatás nélkül érvényesülhet.



3. ábra

A  $^{222}\text{Rn}$ -koncentráció a szélerősség függvényében

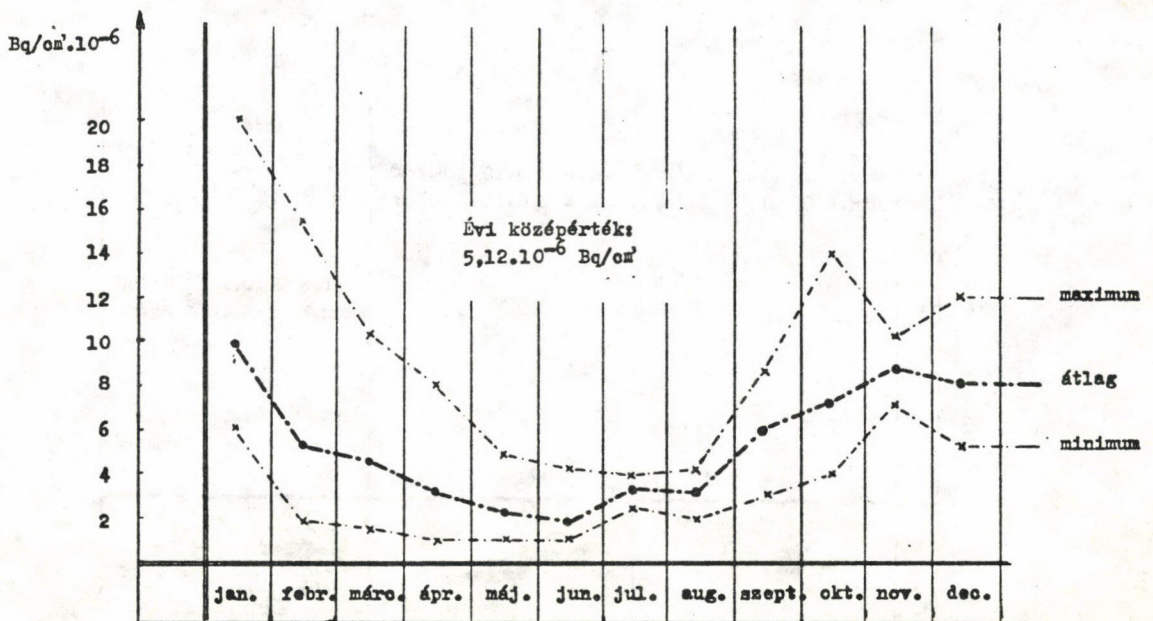
## AZ ÉVSZAKOK HATÁSA

A radonkoncentráció téli és őszi átlagértékei nagyobbak, a nyári hónapokéi kisebbek. A koncentráció csökkenése a tavaszi hónapokban egyenletes, és legkisebb átlagértékét a vizsgált időszakban /1976/ júniusban érte el.

A júliusi és augusztusi átlag a várhatónál nagyobb volt, és ekkor adódott a szélsőértékek legkisebb szórása. Magyarázatul szolgálhat, hogy ezekben a hónapokban a szokottnál sokkal csapadékosabb, hűvösebb volt az időjárás, ugyanakkor a légnyomásban, a légmozgásban csak mérsékelt ingadozás volt tapasztalható. Szeptember végén és októberben ismét ködös, csapadékos idő volt,  $13-15^{\circ}$  hőmérséklettel a délelőtti órákban.

Érdekesen alakultak a maximum-minimumértékek. Amíg a minimumok jó közelséggel követték az átlagértékek mozgását, addig a maximumok jelentősen eltértek tőle. Különösen két maximumcsúcs érdemel figyelmet: az első januárban, a második októberben.

A januári csúcst  $20 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/cm}^3$  fagypont alatti hőmérsékletnél, csapadékos, ködös időben és 1000 mbar alatti légnyomásnál mértük, az októberit  $13^{\circ}$  hőmérsékletnél, 1000 mbar légnyomásnál és teljes szélcsendben. Az említett összefüggések a 4. ábrán figyelhetők meg.



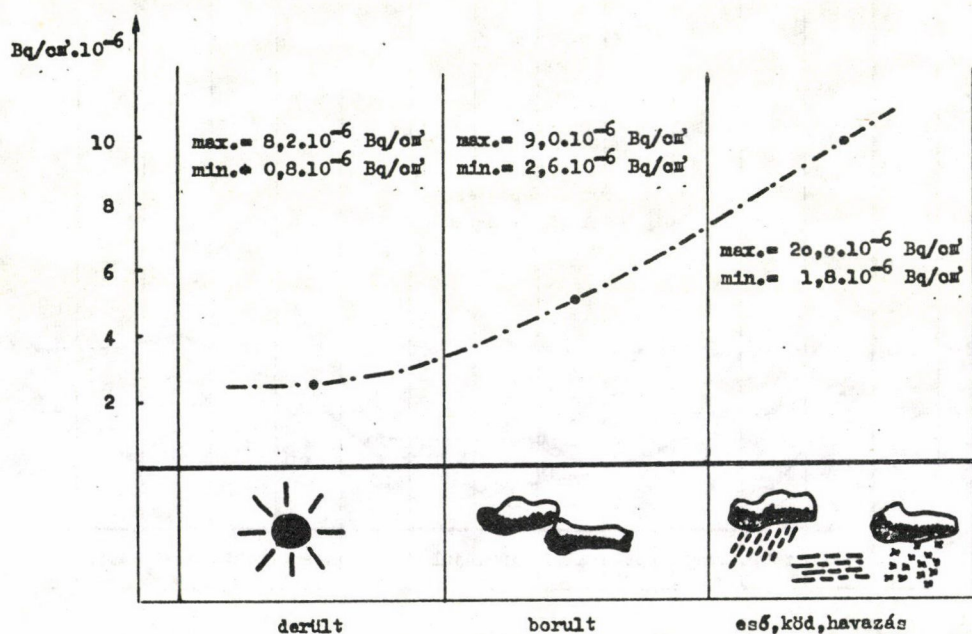
4. ábra

A  $^{222}\text{Rn}$ -koncentráció a hónapok függvényében

## AZ IDŐJÁRÁS HATÁSA

A derült, borult és csapadékos idő koncentrációt befolyásoló hatása az eddigiekből már felismerhető. A legkisebb átlagérték napos időben alakul ki, a legnagyobb csapadékos időszakban [5. ábra]. A minimumcsucs is derült időben volt mérhető.  $0,8 \cdot 10^{-6}$  Bq/cm<sup>3</sup>, a maximumcsucs pedig,  $20 \cdot 10^{-6}$  Bq/cm<sup>3</sup> koncentrációval, ködös, csapadékos időben.

A radonkoncentráció egyébként csak átlagában követi az 5. ábrán jelzett összefüggéseket. A koncentrációváltozás már a mérés időpontjában adott viszonyoktól függetlenül, 12-36 órával előbb jelzi az időjárás megváltozását. Így például derült időben, stabilis, normális légnyomás ellenére, növekvő aktivitás mérhető, ha ezt az időt csapadékos időre váltja fel. Hasonló irányzat figyelhető meg visszafelé is: a csapadékos időben mért koncentrációcsökkenés a derült idő előjele. Erre nézve magyarázatot adhat a légkör kémiai tulajdonságaiban végbemenő változás, esetleg a pozitív és negatív ionok viszonyának megváltozása.



5. ábra

A <sup>222</sup>Rn-koncentráció az időjárás függvényében

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az 1976-1979 között végzett méréssorozatok jól értékelhetően bizonyítják a légköri változás és a radonkoncentráció közötti összefüggést. A tényezők természetesen együttesen fejtik ki hatásukat, így külön-külön végzett vizsgálatuk csak a hatásmechanizmus megismerését segítheti elő.

További elemzéssel arra kívánunk majd választ találni, hogy a már említett pozitív, illetve negatív ionok túlsúlya a radonkoncentráció következménye-e, vagy azt részben meghatározza. Ugyancsak további méréssorozattal szeretnénk megvizsgálni, hogy a városi szabad levegő és a természetes környezet szabad levegőjének radonkoncentrációja között kimutatható-e a feltételezett különbség.

## IRODALOM

1. *Tóth Á.*, A népességnek az építőanyag radioaktivitása által okozott természetes sugárterhelése. Radon-toron dózis becslése, *Izotóptechnika /Budapest/* 19 /1976/ 148
2. *Bűsbarna L.*, Szcintillációs mérési módszer paraboloid tükörrel, *Izotóptechnika /Budapest/* 21 /1978/ 258
3. *N. Jonassen*, On the Effect of Atmospheric Pressure Variations on the Radon-222 Concentration of Unventilated Rooms, *Health Physics* 29 /1975/ 216

## A SUGÁRDETOXIFIKÁLT ENDOTOXIN PIROGÉN HATÁSA\*

Antal S., Bertók L.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

/Érkezett 1979. december 12-én/

Vizsgálták az 50, 100 és 200 kGy  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ -dózissal detoxifikált endotoxinok nyulak hőmérsékletére gyakorolt hatását. A legmagasabb hőmérséklet 1-2 órával hamarabb lép föl, és az egész folyamat gyorsabb, mint az "anyaendotoxin" beadása után. A pirogén hatás mértékét az endotoxin detoxifikálási dózisa értékelhetően nem befolyásolta.

Пирогенный эффект эндотоксина, детоксицированного облучением  
Антал, Ш., Берток, Л.

V az experimentaх на кроликах было установлено влияние эндотоксина, детоксицированного облучением гамма-лучей  $^{60}\text{Co}$  в дозах 50, 100 и 200 кГр на температуру тела. Было установлено, что температура, вызываемая препаратом, достигает максимальное значение на 1-2 часа раньше и сам процесс протекает быстрее чем при материнском эндотоксине. Доза детоксикации эндотоксина не влияет достоверно на величину пирогенного эффекта.

Pyrogen-Effect of Radiodetoxified Endotoxin  
Antal, S., Berók, L.

Experiments were performed to study the effect of the detoxified endotoxin, exposed to 50, 100, 200 kGy  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -radiation on the temperature of rabbits. Temperature induced by the preparations appears 1-2 hours earlier and the running of the process is faster than that of the "mother" endotoxin. The rate of the pyrogen-effect was not influenced in a valuable manner by the detoxifying dose of the endotoxin.

### BEVEZETÉS

A Gram-negatív baktériumok sejtfalából izolálható lipopoliszaccharid jellegű endotoxinoknak /LPS/ számos, a gyakorlati életben is felhasználható biológiai tulajdonságuk van. Jelentősen fokozzák például a természetes ellenállóképességet, és immunoadjuvánsok is.<sup>1,2</sup> Ainsworth és Michell<sup>3</sup>, Hanks és Ainsworth<sup>4</sup>, Boggs és munkatársai<sup>5</sup> munkáiból ismert, hogy az endotoxinkezelés fokozza a sugárrezisztenciát, valamint a besugárzás utáni regenerációt. Sajnos a kedvező hatások mellett a bakteriális LPS-nek számos hátránya is van. A legfontosabb az anyag toxikus és lázkeltő volta, mely lehetetlenné teszi gyakorlati felhasználását.

Az LPS lázkeltő hatását egyébként már a múlt század végén, 1889-ben Roussay<sup>6</sup> felismerte. Később Jona<sup>7</sup> kimutatta, hogy a baktériumkulturából készített kivonat nyulnál hőmérsékletemelkedést okoz. Az elmúlt évtized-

\*A cikk az egészségügyi minisztérium 10.sz. tárcaszintű főirányához tartozó és a minisztérium által anyagilag részben támogatott 6-13-1001-01-0/B sz. kutatási témáról számol be.

dekben sok szerző foglalkozott e hatással, de még napjainkban sem tisztázott pontos mechanizmusa<sup>8</sup>.

Figyelembe véve az endotoxinok előnyös hatásait, számos próbálkozás történt olyan detoxifikált preparátum előállítására, amelynek csak a hasznos tulajdonságai maradnak meg. Westphal és munkatársai<sup>9</sup> parciális hidrolizissal, Novotny<sup>10</sup> és mások kémiai detoxifikálással próbálkoztak megszabadulni a káros hatásoktól. Ezek a módszerek azonban, bizonyos mértékig a biológiailag előnyös tulajdonságokat is csökkentették, és nehezen voltak standardizálhatók.

1972-ben Bertók és Kocsár<sup>11</sup> leköszölte az endotoxin ionizáló sugárzással történő detoxifikálását. Kimutatták, hogy a sugárdózis növelésével csökken az LPS több biológiai hatása, de megmarad az endotoxin toleranciakiváltó, természetes ellenállóképességet fokozó tulajdonsága<sup>12-15</sup>

Kísérleteinkben arra a kérdésre kívántunk választ kapni, hogy az ionizáló sugárzással végzett detoxifikálás hat-e és ha igen, milyen mértékben a pirogenitásra.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

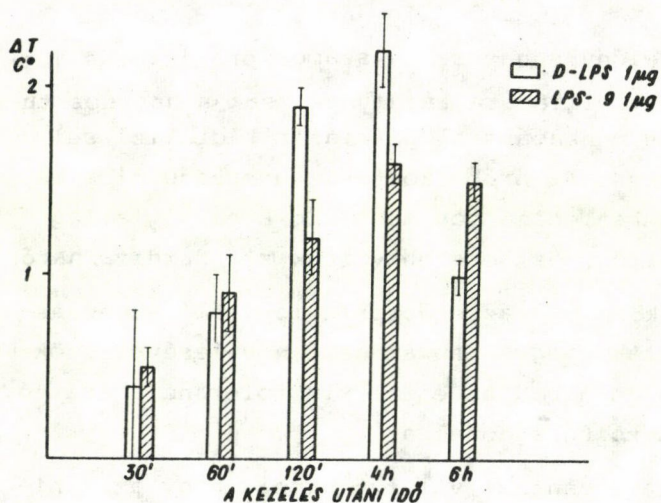
Kísérleteinkhez 2,5 kg átlagsulyu, új zélandi fehér him nyulakat használtunk /KATKI, Gödöllő/, csoportonként hármat. Állataink nyultápot /LATI, Gödöllő/ és vizet ad libitum kaptak. Az LPS-t E.coli O89 törzs fermentor tenyészetéből állítottuk elő /LPS-9=anyaendotoxin/. Az endotoxint Bertók és Kocsár<sup>11</sup> módszere szerint <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -sugárforrásban /Noratom/ 50, 100, 200 kGy /5, 10, 20 Mrad/ dózissal kezeltük. Összehasonlításként Lipopolysaccharide B E.coli O26 /Difco, Detroit, Mich. USA/ készítményt használtunk. Az állatok a vizsgálati anyagból 1  $\mu$ g-t kaptak intravénásan a fül laterális vénájába.

## EREDMÉNYEK

Első kísérletünkben összehasonlítottuk a Difco cég által és az osztályunkon Westphal és munkatársai<sup>9</sup> módszerével előállított endotoxin pirogén hatását /1. ábra/. Megállapítottuk, hogy a két anyag pirogenitása között a beadás utáni 2-6. órában van különbség. A kezelés utáni 2-4 órában a Difco-LPS hatása eléri a maximumot, míg az osztályunkon előállított preparátum hőmérsékleti maximuma 4-6 órára tehető.

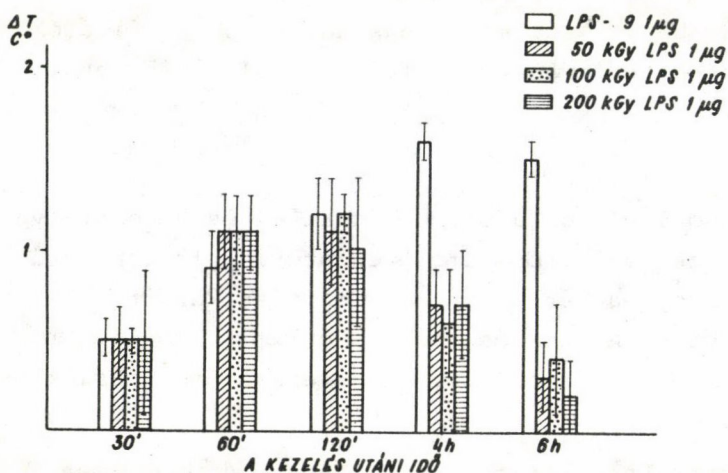
Következő kísérleteinkben összehasonlítottuk a különböző dózisméréssel detoxifikált preparátumok hatását. A 2. ábrán az 50, 100, 200 kGy-jel besugározott LPS preparátumokkal kezelt állatok hőmérsékletváltozását tüntettük fel.

Megállapítható, hogy a detoxifikálás mértéke nem befolyásolta számottevően a pirogén hatást. Ha azonban összehasonlítjuk az anyaendotoxinnal a de-



1. ábra

1 μg Difco LPS és 1 μg LPS-9 hatása nyulak hőmérsékletváltozására



2. ábra

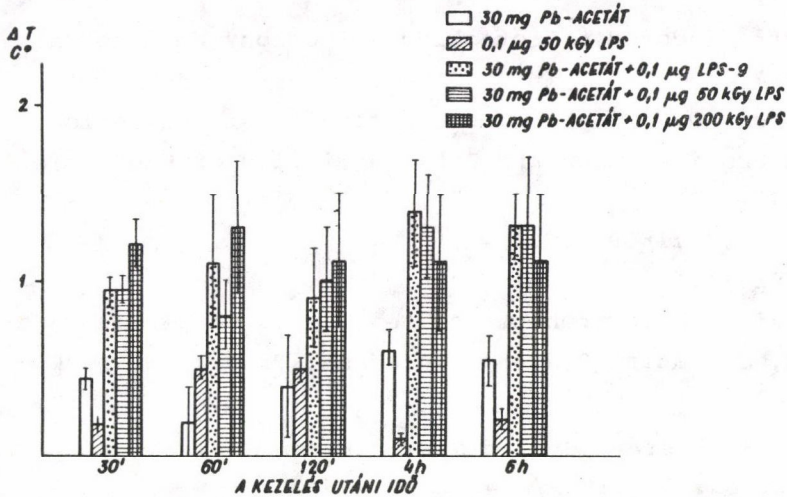
1 μg LPS-9 és különböző dózisu ionizáló sugárzással detoxifikált LPS hatása nyulak hőmérsékletváltozására

toxifikált preparátumokat, azt látjuk, hogy a beadást követő 4. órában már csak igen kis hatásuk van.

Az irodalomból ismert, hogy patkányokban a nem toxikus mennyiségű ólomacetát intravénásan adva, fokozza az endotoxin iránti érzékenységet<sup>16</sup>. Jelen kísérleteinkben választ kívántunk kapni arra, hogy nyulak érzékennyé tehetőek-e endotoxin iránt ólomacetátos kezeléssel, különös tekintettel a pirogén hatásra. /Eredményeinket a 3. ábra foglalja össze./ Az ólomacetát érzékenyítő dózisa 12 mg/kg volt. Az ábrából látható, hogy már 0,1 μg endotoxin hőmérsékletnövelő hatása is kimutatható a kezelés után. Világosan kitűnik az is, hogy az ólomacetát önmagában csak kis mértékben hat a hőmérsékletre, míg az ólomacetátos kezeléssel egyidőben adott 0,1 μg endotoxin már 60 perc múlva lényegesen megemelte a hőmérsékletet. Az endotoxin detoxifikálásának mértéke nem befolyásolta számottevően a hőmérsékletváltozást.

MEGBESZÉLÉS

Munkánknak az volt a célja, hogy megvizsgál-



3. ábra

12 mg/kg Pb-acetát és 0,1 μg LPS-9, valamint különböző dózissal sugárdetoxifikált endotoxin hatása nyulak hőmérsékletváltozására

juk, vajon az ionizáló sugárzással detoxifikált endotoxin preparátumok megtartják-e pirogén hatásukat Számos szerző kimutatta, hogy nyulakban a lázkeltő anyagok hatása összefüggésbe hozható az endogén pirogén jelenlétével. Ez az anyag részben a granulocitákból<sup>17,18</sup>, részben a monocitákból<sup>17,19</sup>, részben a Kupffer-sejtekből<sup>17,20</sup> szabadul fel. Az endogén pirogén felszabadulása tehető felelőssé a kezelés után néhány órával jelentkező hőmérsékletváltozás maximumáért.

Az ionizáló sugárzással detoxifikált endotoxin preparátumok okozta hőmérsékleti maximumot is a korábbi időpontokban mértük. A változás gyorsan lezajlik, hiszen a kezelés utáni 6. órában a pirogén hatás gyakorlatilag már nem mutatható ki. Az endotoxin molekulában az ionizáló sugárzás hatására jelentős szerkezeti változás jön létre<sup>21,22</sup>. Valószínűleg ez lehet az oka, hogy a tisztított preparátumok lázkeltő hatása rövidebb ideig tart.

A detoxifikálás mértéke nem befolyásolta lényegesen a láz nagyságát, bár hatott a lázhullám lefutására. Ezért is tartjuk fontosnak a mérési pontok megfelelő megválasztását.

Kísérleteinkben meghatároztuk az ólomacetátnak azt a dózisát, amellyel állatainkat érzékenyvé tehetjük endotoxin iránt. Az ólomacetáttal együtt adott 0,1 μg endotoxin lázkeltő hatását is mérni tudtuk, bár az endotoxin detoxifikálásának mértéke ebben az esetben sem okozott különbséget a hőmérséklet-emelő hatásban.

## IRODALOM

1. A.G. Johnson, A. Novotny, Relationship to Function in Bacterial O Antigens, III. Biological Properties of Endotoxins, J. Bact. 87 /1967/ 809
2. K. Merrit, A.G. Johnson, Studies on the Adjuvant Action of Bacterial Endotoxins on Antibody Formation, VI. Enhancement of Antibody Formation by Nucleic Acids, J. Immunol. 94 /1965/ 416

3. *E.J. Ainsworth, F.A. Michell*, Endotoxin Protection of X-Irradiated Dogs, *Radiat. Res.* 25 /1971/ 171
4. *G.E. Hanks, E.J. Ainsworth*, Endotoxin Protection and Colony Forming Units, *Radiat. Res.* 32 /1967/ 367
5. *S.S. Boggs, P.A. Chervenick, D.R. Boggs*, The Effect of Postirradiation Bleeding or Endotoxin on Proliferation and Differentiation of Haemopoietic Stem Cells, *Blood* 40 /1972/ 375
6. *G. Roussy*, *Gaz. Hop. Paris* 62 /1889/ 171
7. *J.L. Jona*, *J. Hyg.* 15 /1916/ 169
8. *E.S. Snell*, Microbial Toxins, "A Comprehensive Treatise on Bacterial Endotoxins", Ed. G. Weinbraun, S. Kadis, S.J. Ajl, Academic Press, New York - London, 1971
9. *O. Westphal, O. Lüderitz, F. Bister*, Über die Extraktion der Bakterien mit Phenol-Wasser, *Z. Naturforsch.* 7b /1952/ 148
10. *A. Novotny*, Endotoxoid Preparation, *Nature* 179 /1963/ 721
11. *Bertók L., Kocsár L.*, Ionizáló sugárzással detoxifikált bakteriális endotoxin preparátum előállítására és a természetes ellenállóképességet fokozó hatásának vizsgálata, *Izotóptechnika /Budapest/* 11 /1972/ 543
12. *Bertók L.*, Radiodetoxified Endotoxin as a Potent Stimulator of Non-Specific Resistance, *Perspective in Biology and Medicine*, /megjelenés alatt/
13. *Elekes E., Bertók L., Merétey K.*, Különböző endotoxin preparátumok immunológiai hatásának vizsgálata normál és besugározott patkányokban, *Izotóptechnika /Budapest/* 19 /1976/ 382
14. *Elekes E., Bertók L.*, Sugárzással csökkentett toxicitású endotoxin /LPS/ készítmények hatása ép és besugározott patkány immunválaszára, *Izotóptechnika /Budapest/* 22 /1979/ 73
15. *Füst Gy., Bertók L., Juhász-Nagy S.*, Interactions of Radiodetoxified *Escherichia coli* Endotoxin Preparations with the Complement System, *Infect. Immunity* 16 /1977/ 26
16. *H. Selye, B. Tuchweber, L. Bertók*, Effect of Lead Acetate on Susceptibility of Rats to Bacterial Endotoxins, *J. Bact.* 91 /1966/ 884
17. *A. Atkins, P. Bodel*, *Fever*, Ed. B.W. Zweifach, L. Grant, R.T. McClushey "The Inflammatory Processes", Academic Press Inc. New York, 1974, 3.k. 467
18. *V. Schuh, V. Hribalova*, The Pyrogenic Effect of Scarlet Fever Toxin, VI. Leukocytic Pyrogen Formation Induced by Scarlet Fever Toxin or *Salmonella paratyphi B* Endotoxin, *Folia Microbiol. /Prága/* 11 /1966/ 112
19. *P. Bodel, H. Miller*, Pyrogen from Mouse Macrophages Causes Fever in Mice, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 151 /1976/ 93
20. *C.A. Dinarello, P. Bodel, E. Atkins*, The Role of the Liver in the Production of Fever and in Pyrogenic Tolerance, *Trans. Assoc. Am. Physicians* 81 /1968/ 334
21. *Antoni F., Bertók L.*, Személyes közlés, 1979
22. *C. Galanos, L. Bertók, E. Sabbach, Gy. Füst*, Effect of Ionizing Radiation on Biological and Biochemical Properties of *Salmonella minnesota R 595* Lipid-A, 4. Európai Imm. Kongr. Budapest, 1978, /Abstract/

## A LIOLUMINESZCENCIA

### EGY UJABB SZÖVETEKVIVALENS SZILÁRDTESTDÓZISMÉRŐ RENDSZER

/Irodalmi összefoglaló/

Félszerfalvi J.

Kossuth Lajos Tudományegyetem Alkalmazott Fizikai Tanszéke, Debrecen

/Érkezett 1979. december 18-án/

A dózismérő rendszer a liolumineszcencia jelenségén alapul, azaz azon, hogy a besugárzott szilárdtestek vízben vagy egyéb oldószerben való oldódását fényemisszió kíséri. Az első kvantitatív mérési eredményeket 1973-ban Ettinger és munkatársai közölték. Az irodalmi összefoglaló a LL dozimetria rövid áttekintésén kívül bibliográfiáját is tartalmazza.

Лиолюминесценция: новая тканно-эквивалентная дозиметрическая система твердых тел /Обзорная статья/  
Фелсерфальви, Я.

Система основана на эффект лиолюминесценции: облученные твердые тела при растворении в воде или другом растворителе выпускают свет. Первые количественные результаты были достигнуты Эттингером и сотрудниками в 1973 г. Статья является обзором литературы о ЛЛ дозиметрии и дает современную ее библиографию.

Lyoluminescence: A New Tissue Equivalent System of Solid State Dosimetry  
/Review Article/  
Félszerfalvi, J.

The system is based on the effect of lyoluminescence, i.e. on the emission of light when irradiated solids are dissolved in water or other solvent. The first quantitative measurements were reported by Ettinger et al. in 1973. The review is a brief compilation of the LL dosimetry with an up-to-date bibliography.

## BEVEZETÉS

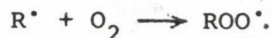
1973-ban jelentek meg az első közlemények<sup>1-2</sup> a szilárdtest-dózismérő újabb fajtájáról, a liolumineszcens /a továbbiakban LL/ dózismérőről\*, E rendszer a besugárzott szilárdtest vízben vagy egyéb oldószerben történő feloldásakor észlelhető fényemisszión alapul.

\*Tekintettel arra, hogy LL-val kapcsolatos kutatómunkát jelenleg gyakorlatilag csak két nagyobb intézetben végeznek - az egyik Skóciában van, a téma irányítója K.V. Ettinger /University of Aberdeen, Department of Medical Physics and Bio-Engineering/, a másik Hollandiában, a téma irányítója K.J. Puite /Association Euratom - ITAL, Wageningen/-, az ismertetésben mellőzzük a szerzők név szerinti idézését.

A liolumineszcencia jelenségéről korábban, már 1895-ben, Wiedemann és Schmidt számolt be<sup>3</sup>, akik katódsugárral besugárzott alkáli halogenidek vízben való oldásakor fényemissziót figyeltek meg. 1959-ben Ahnström és Ehrenstejn<sup>4-5</sup> ugyanezt az effektust észlelte glükóz esetében, majd Westermarck és Grapenieser<sup>6</sup> a legtöbb alkáli halogenid, különféle szénhidrátok és egyéb szerves anyagok esetében is.

Kiterjedt vizsgálatokat végzett Ahnström 1965-ben<sup>5</sup> nátrium-kloridon fluoreszcen oldat adagolásával, és azt tette fel, hogy a besugárzott NaCl oldásakor az elsődleges termék a hidratált elektron és a hidratált klór-atom. Ennek a két terméknek a reakciója gerjesztett klórint hoz létre, amely gerjesztési energiáját a fluoreszkáló molekulának adja át. Ezt a munkát később a kibocsátott fény spektrális analizisével egészítették ki, és megpróbálták összehasonlítani a LL-t a TL-val. Tiliks<sup>7</sup> ugyanezt a jelenséget tanulmányozva additive színezett NaCl kristályokat és  $\gamma$ -sugárzással besugárzott NaCl kristályokat használt. Azt tapasztalta, hogy a LL fényhozam arányos az F-centrumok koncentrációjával, és nem függ a kristályban levő V-centrumoktól. Ujabban feltételezik, hogy mind az F-, mind a V-centrumok szerepet játszanak a fényemissziós folyamatoknál<sup>8-9</sup>.

A legújabb közleményekben sem találhatunk olyan eredményeket, amelyekből a jelenség mechanizmusáról teljes és pontos képet alkothatnánk. Minden jel arra utal, hogy a szilárdtestben a besugárzás alatt képződött szabad gyököktől függ a LL, így a LL rendszerek alkalmazásával bizonyos esetekben a keletkezett szabadgyökök koncentrációjára is következtethetünk<sup>10-16</sup>. A besugárzott anyag oldásakor az eredetileg képződött szabad gyökök peroxi gyökké alakulnak át. Ehhez az oldószerben oldott oxigént használják fel. Mivel az ilyen típusú reakció szénhidrogénekben láncreakció jellegű, lehetséges, hogy azok a reakciók, amelyek szénhidrogének és aminosavak oldásakor játszódnak le, hasonlóak. Ezen reakciók végeredménye.



Két peroxi gyök rekombinációja gerjesztett szingulett állapotú oxigén molekulát eredményez. Az LL spektrum vizsgálata azt mutatja, hogy ebben a jelenségben a szingulett oxigén igen gyakori, jóllehet egyéb más folyamatok is fényemisszióhoz vezetnek. Az emittált fény általában a spektrum látható részében, 400-620 nm között van<sup>13,15,17</sup>.

Néhány LL rendszer által emittált fény az elnyelt dózis függvényében az 1-3. ábrán látható. Ezek nem követik pontosan az ESR-mérésből a szabadgyökökre vonatkozó, a koncentráció és dózis közti összefüggést, A főbb különbségek a következők:

a/ a LL fényhozamát a következő függvénnel írhatjuk le:

$$Y = KD^b + Y_0,$$

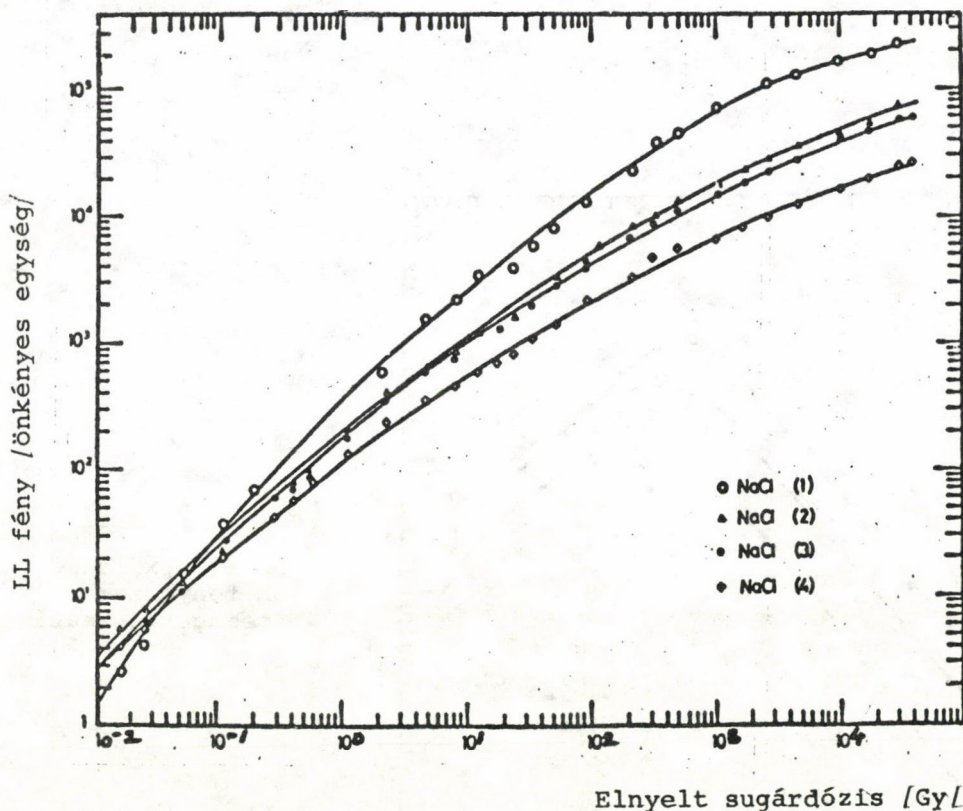
ahol  $Y$  a fényhozam,  $K$  az adott oldott anyagra jellemző állandó,  $b$  hatványkitevő, rendszerint  $b \leq 1$ , azonban néhány esetben egynél nagyobb  $b$ -t is megfigyeltek,  $Y_0$  az "LL háttér" /az a fény mennyiség, amely oldáskor besugárzás nélkül is megfigyelhető. Ez szabja meg a dozimetriában a detektálhatóság alsó határát/.

A szabad gyökök koncentrációja monoton növekszik az elnyelt dózissal:

$$C = C_\infty / (1 - \exp - (D/D_0)) /$$

ahol  $C_\infty$  a telítési koncentráció és  $D_0$  a vizsgált anyagra jellemző állandó.

b/ A LL fényhozam rendszerint a szabadgyök-koncentrációhoz viszonyítva kisebb dózison mutat telítést. Ez arra utal, hogy a telítés az oldatban lejátszódó egyéb folyamatoktól is függ<sup>18-19</sup>.

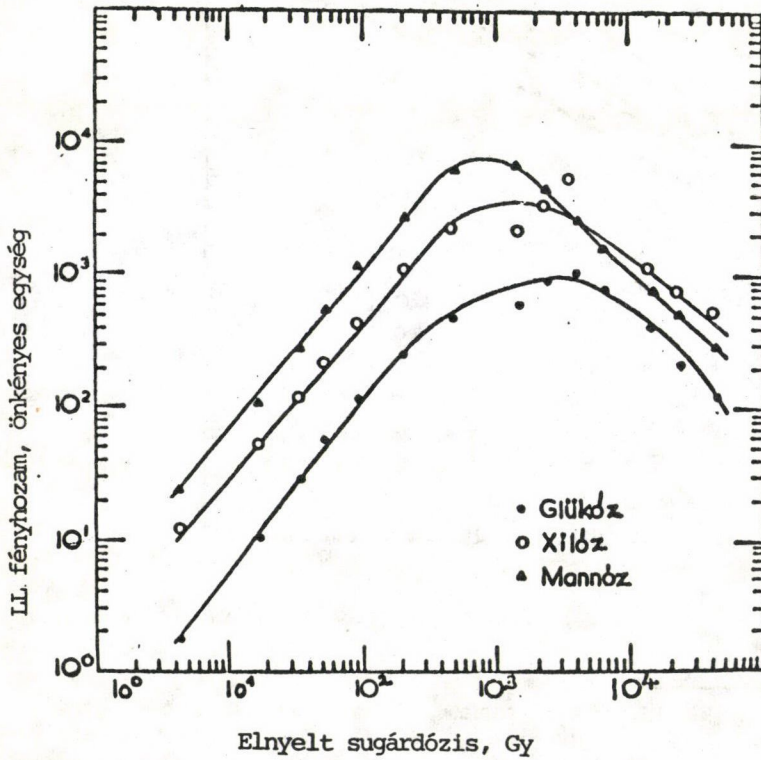
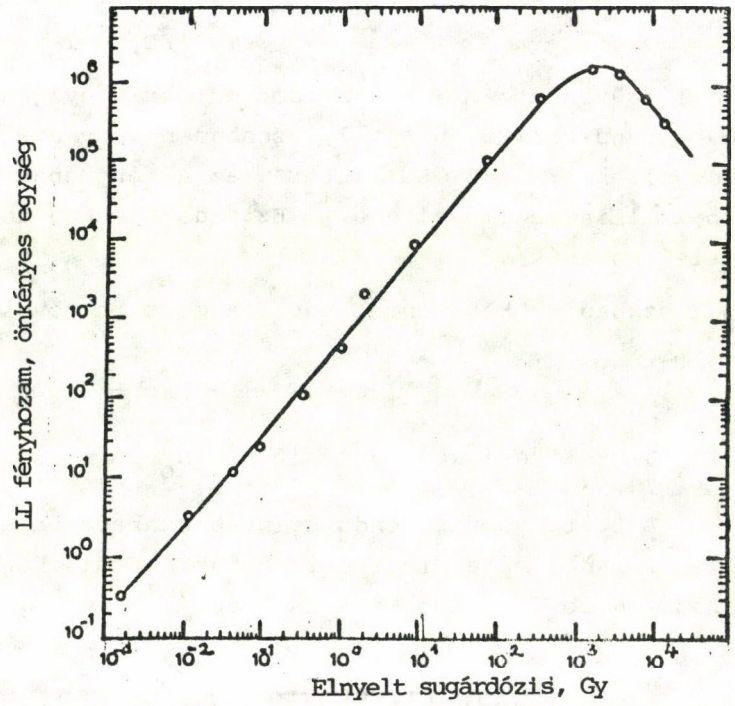


1. ábra

Különböző eredetű NaCl minták LL fényhozama <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -besugárzás hatására<sup>8</sup>

2. ábra

A trehalóz-dihidrát LL fényhozama  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -sugárzás hatására<sup>10</sup>

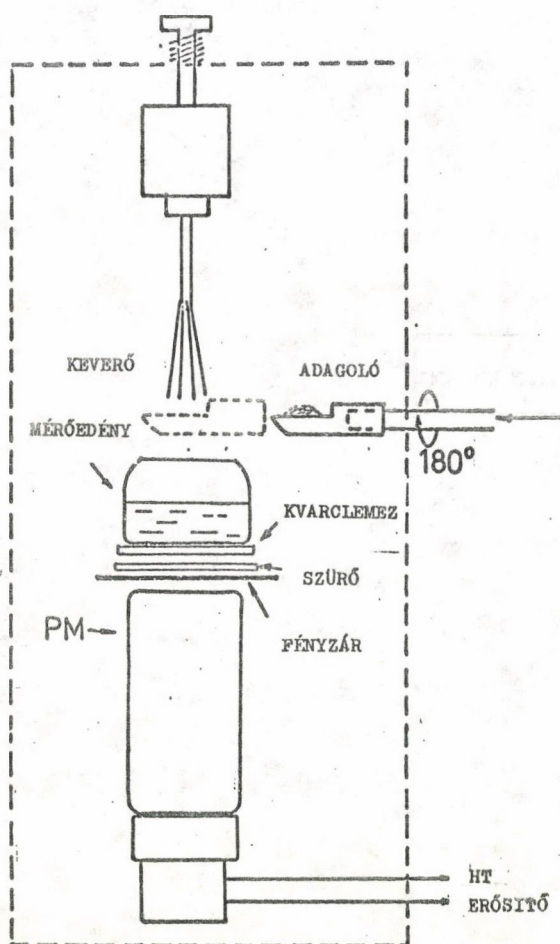


3. ábra

Glükóz, xilóz és mannóz LL fényhozama<sup>10</sup>  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$ -besugárzás hatására

## MÉRŐ MÓDSZEREK

A 4. ábrán a LL mérőberendezés felépítése látható<sup>20-21</sup>. Alapvetően két-féle rendszerről beszélhetünk, egyiknél az oldószerbe öntik az oldandó anyagot, a másiknál az anyagra fecskendezik az oldószert. Az első rendszer fél-automatikus kiértékelő rendszernél is előnyös. A második igen könnyen megvalósítható orvosi fecskendő alkalmazásával.



4/a ábra

K.V. Ettinger LL mérőberendezésének vázlata<sup>20</sup>

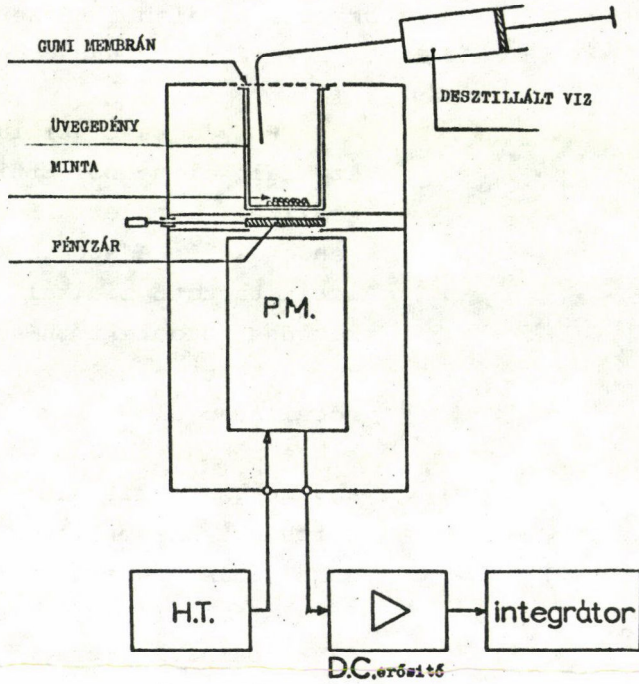
Folyadékszintillációs számláló elemeiből Ettinger készített komplett LL mérőberendezést<sup>20</sup>. A szobahőmérsékleten tartott bialkáli fotokatódos fotoelektron-sokszorozó fölött elhelyezett mérőcellában oldja kavarás közben a néhányszor 10 mg LL anyagot, az emittált fényt a fotoelektron-sokszorozó méri az oldódás meghatározott ideje alatt. A TLD-nél szokásos elektronikával mérhető az integrált fényösszeg.

Az oldódáskor tapasztalt fényemisszió időbeli lefutása az 5. ábrán látható<sup>18</sup>. A görbe két szakaszból áll: az oldódás első másodpercében igen intenzív fényemissziót lassu lecsengési szakasz követi. Ha az integrálási periódus 10 s, manózz mintánál a teljes fény mintegy 98%-a ebben a periódusban észlelhető.

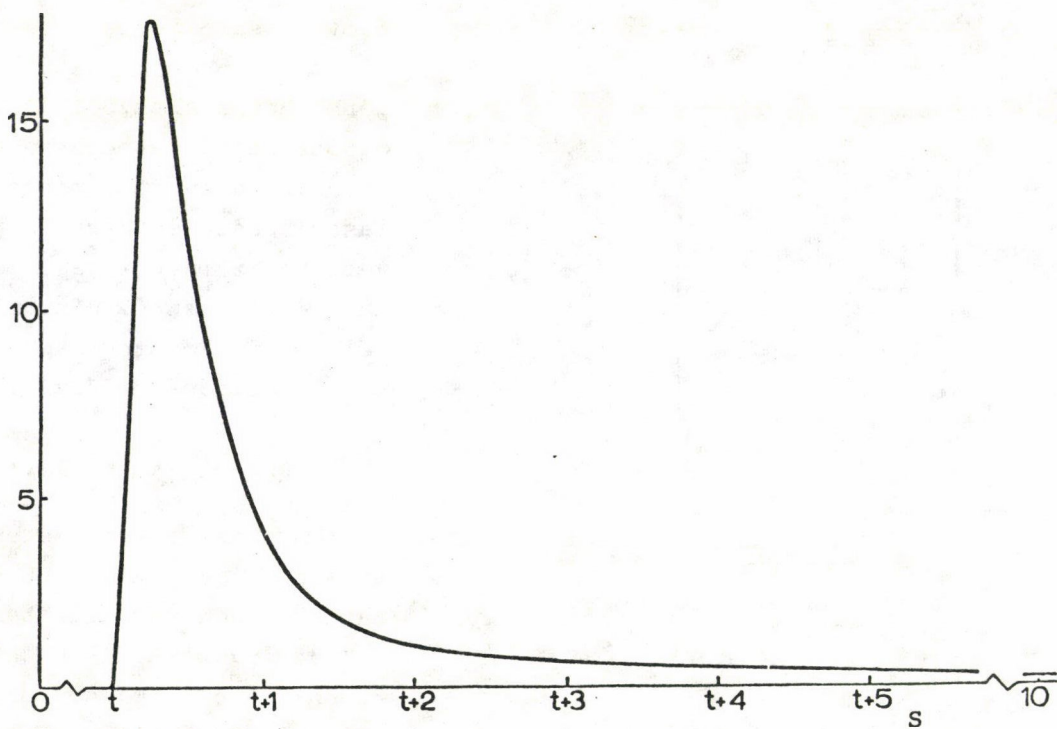
## KÜLÖNFÉLE DÓZISMÉRŐ ANYAGOK

Azoknak a vegyületeknek a csoportja, amelyek LL-t mutatnak, igen tág. Ide tartoznak az egyszerű és összetett szénhidrátok /aminocukor, cellulóz és keményítőszármazékok/, aminosavak, poliaminosavak, glikoproteinek, nukleinsavak

/nukleoproteinek/, továbbá számos szintetikus polimer /poli(metil-metakrilát), polisztirol stb./. Ezeknek az anyagoknak LL tulajdonságait az irodalom részletesen tárgyalja<sup>22-29</sup>.



4/b ábra  
K.J. Puite LL mérőberendezésének vázlat<sup>21</sup>

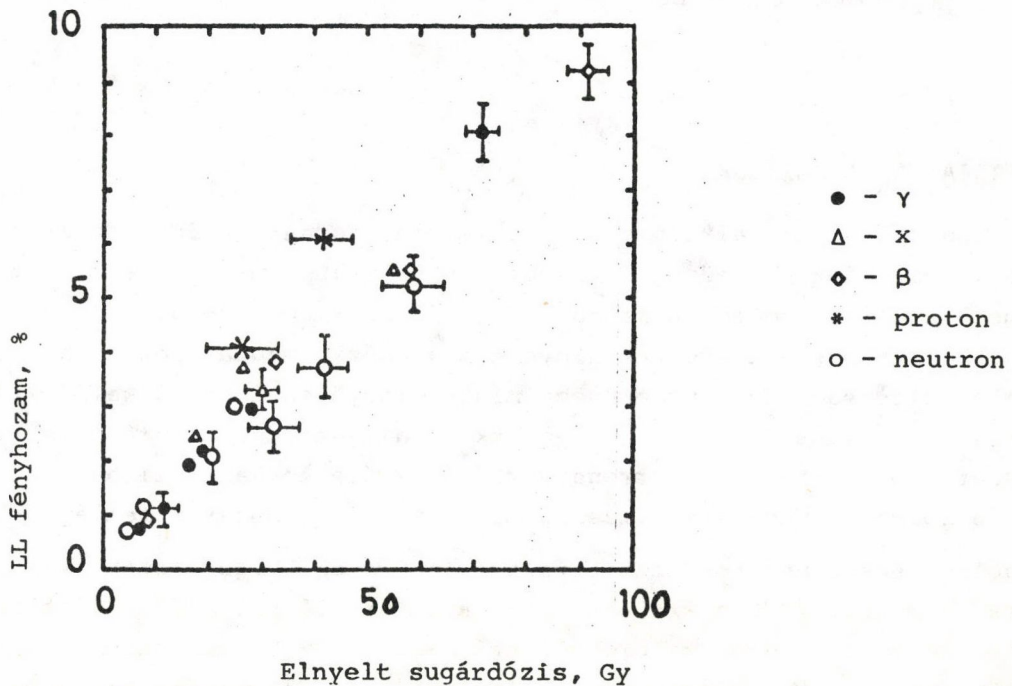


5. ábra

A LL fényemisszió időbeli lefutása<sup>18</sup>

A LL dozimetriai alkalmazása szempontjából jelentős szerepe a szerves szilárd anyagok közül elsősorban a szénhidrátoknak van. A szénhidrát elemi összetétele igen hasonló az emberi lágyszövetéhez, így a közölt dózis a dózismérőben is és a lágyszövetben is azonos<sup>30-32</sup>. A 6. ábra szerint a különböző fajta radioaktív sugárzásokra a LL anyagok, a TL anyagokkal ellentétben, azonos dózisegyséértékűek<sup>33, 34</sup>.

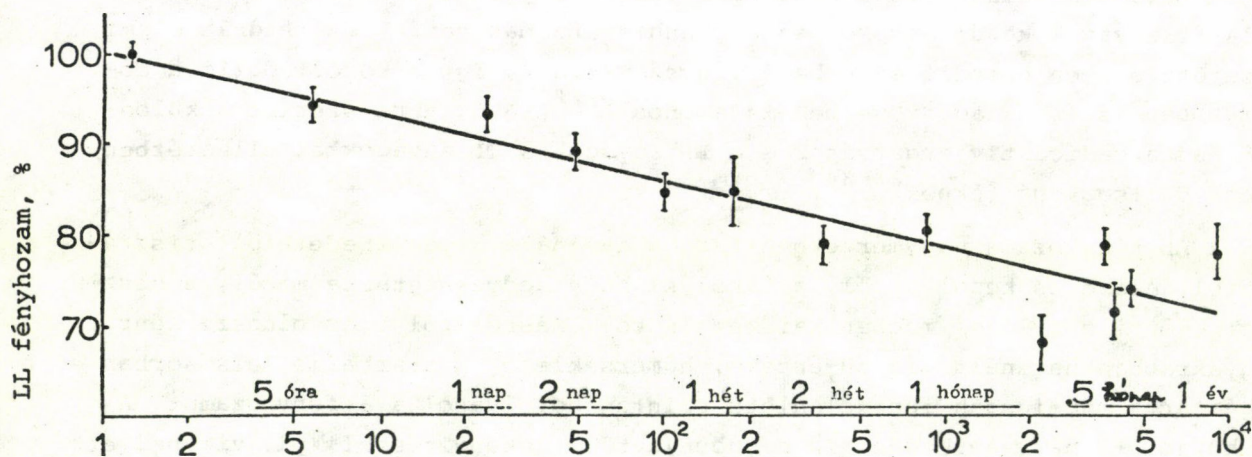
A LL fényhozama nagymértékben függ a használt anyag eredetétől, tisztaságától, előzetes kezelésétől, a tárolási hely nedvességtartalmától, a használat előtti esetleges mechanikai kezeléstől. Másrészt az oldószerként leggyakrabban használt víz pH-értéke, hőmérséklete, gáztartalma /elsősorban oxigéntartalma/, idegen ion jelenléte szintén befolyásolja a fényhozamot. A fényhozam 3-4 nagyságrenddel is megnövelhető érzékenyítéssel, pl. víz helyett NaOH/12,5 pH/ oldat vagy luminol /3-amino-ftalsavhidrazid/ alkalmazásával. Ilyen érzékenyített rendszerrel  $10^{-5}$  Gy elnyelt sugárdózis detektálható<sup>17</sup>



6. ábra

A glükóz LL fényhozama az elnyelt sugárdózis függvényében, különféle sugárzásoknál<sup>33</sup>

A tárolási veszteségről a 7. ábra nyújt tájékoztatást. 1,8 mm vastag, zárt polietilén kapszulában szobahőmérsékleten és sötétben tartott mannóz mintára /BDH gyártmány/ vonatkozik. A besugárzási dózis 0,774 C/kg volt. Az első 48 órában a tárolási veszteség 12%, az ezt követő egy hét után újabb 6%.



7. ábra

Besugárzott mannóz LL fényhozama a tárolási idő függvényében<sup>18</sup>

#### DOZIMETRIAI ALKALMAZÁSOK

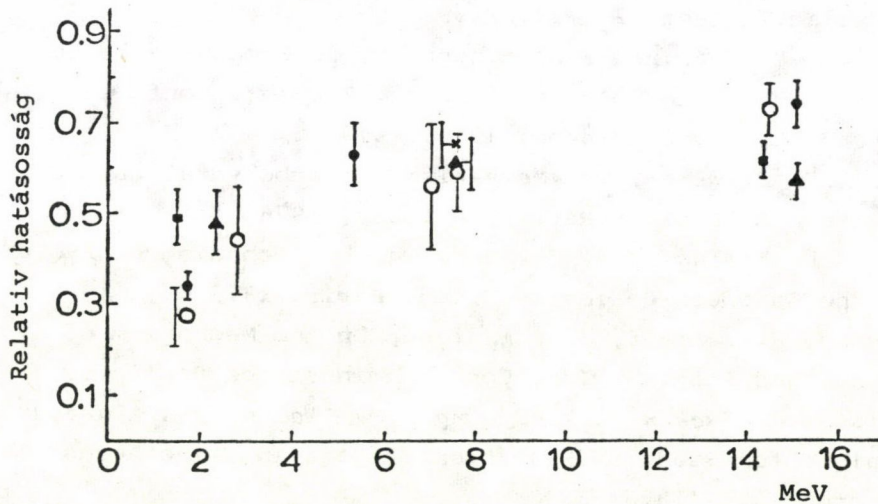
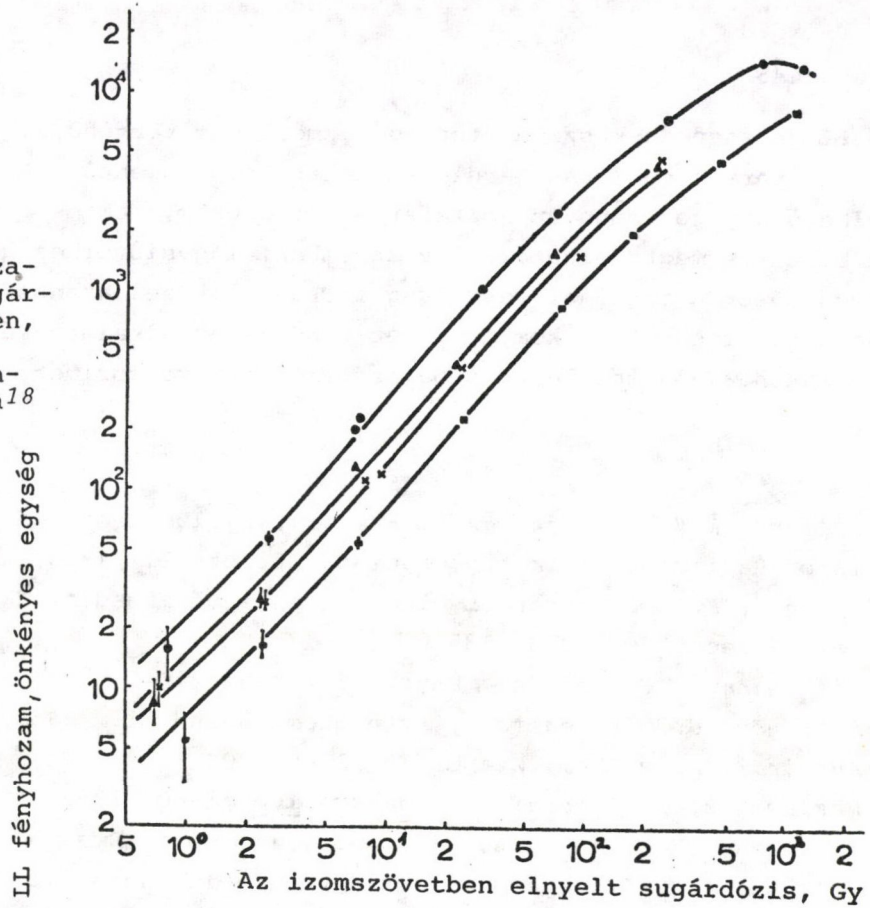
A sugárzás ipari alkalmazási területein használt Fricke-dózismérő [40-400 Gy/, valamint plexitűveg dózismérő [2,5-50 kGy/ méréshatárai közé jól illeszthető a LL dózismérő. A mannóz 3 Gy-től 900-1000 Gy-ig, a glutamin 250 Gy-25 kGy között használható. Az elnyelt sugárdózis meghatározásának bizonytalansága  $\pm 5\%$ . Olcsósága és egyszerűsége miatt előnyösen lehet alkalmazni élelmiszer sugártartósításánál<sup>23, 39-41</sup>, ugyanakkor baleseti dozimetriára is<sup>42</sup>. Ugyancsak a baleseti dozimetria [ $\gamma$ +neutronsugárzás/ területén hasznosítható az emberi haj, köröm és bőr nátriumsulfid vizes oldatában való oldásakor fellépő LL<sup>43</sup>.

Jelentősek a neutrondozimetria területére eső vizsgálatok is<sup>21, 44-45</sup>. A 8. ábrán a mannóz [BDH gyártmány/ LL fényhozama látható 1,7 MeV átlagenergiájú hasadási neutronok, d+D reakciókból származó 5,3 MeV-os neutronok, d+T reakcióból származó 15 MeV-es neutronok, valamint <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -sugárzása hatására az izomszövetben elnyelt sugárdózis függvényében. A különböző energiájú neutronok <sup>60</sup>Co-ra vonatkoztatott relatív hatásossága a 9. ábráról olvasható le, amelyen más dózismérő rendszerekkel kapott adatok is szerepelnek.

Jól látható, hogy 1,5-15 MeV között az egyes rendszerek jelzésének hatásossága között kiugró eltérés nincs. Ez a tény, az LL dózismérés egyszerűsége miatt, a LL neutrondozimetriai alkalmazásának elterjedését eredményezheti.

8. ábra

Mannóz LL fényhozáma az elnyelt sugárdózis függvényében,  $\gamma$ - és különféle energiájú neutron-sugárzás hatására<sup>18</sup>



9. ábra

A neutronok relatív hatásossága mannózban, különféle neutronenergiáknál<sup>44, 45</sup>

- ● - Mannóz LL<sup>44, 45</sup>
- x - Szabad gyökök alaninban
- , ▲ - Fricke-dóziómérő

## ÖSSZEFOGLALÁS

A LL jelenségének szilárdtest-dózismérőként történő alkalmazása elsősorban az ipari besugárzás területén lehet igen jelentős. A dózismérőként használható anyagok könnyen hozzáférhetőek, olcsók, nem mérgezők, és az élő szervezetben is megtalálhatók, így az emberi légyszövethez hasonlóan nyelik el a sugárzást. A tárolási veszteség a TLD-vel közel azonos. Érzékenysége, méréshatára, linearitása komplementer rendszerek alkalmazásával megfelelően nagyvá tehető. Jelentős lehet a baleseti és neutronozimetriai alkalmazása is.

## IRODALOM

1. N.A. Atari, K.V. Ettinger, J.H. Franklin, Lyoluminescence as a Possible Basis of Radiation Dosimetry, *Radiat. Effects* 17 /1973/ 45
2. N.A. Atari, K.V. Ettinger, Lyoluminescence of Irradiated Saccharides, *Radiat. Effects* 20 /1973/ 135
3. E. Wiedemann, G.C. Schmidt, *A.Phys.* 56 /1895/ 210
4. G. Ahnström, G.V. Ehrenstein, *Acta Chem. Scand.* 13 /1959/ 855
5. G. Ahnström, *Acta Chem. Scand.* 19 /1965/ 300
6. T. Westermark, B. Grapenieser, *Nature* 188 /1960/ 395
7. Ю. Е. Тилинс, *Изв. АН Латв. ССР, сер. физ.-техн. Вып. 5* /1970/ 19
8. N.A. Atari, K.V. Ettinger, Lyoluminescence in Inorganic Solids Proc. IV. Int. Conf. Luminescence Dosimetry, ed. T. Niewiadomski, Publ. Inst. Nucl. Phys. Cracow, 1974 395
9. N.A. Atari, K.V. Ettinger, On the Lyoluminescence of Irradiated Alkali Halides, *Radiat. Effects* 26 /1975/ 39
10. K.V. Ettinger, N.A. Atari, Lyoluminescence in Some Organic Solids and Its Application to Radiation Dosimetry, Proc. IV. Int. Conf. ed. T. Niewiadomski, Publ. Inst. Nucl. Phys., Cracow, 1974, 417
11. G. Buchan, K.V. Ettinger, The Mechanism of Carbohydrate Lyoluminescence, Lyoluminescence Laboratory Report, October, 1976
12. G. Buchan, K.V. Ettinger, A. Takavar, On the Mechanism of Lyoluminescence, Report to the European Dosimetry Group, Paris, 1977
13. K.V. Ettinger, N.A. Atari, J.R. Mallard, On the Mechanism of Lyoluminescence in Alkali Halides, Proc. V. Int. Conf. Luminescence Dosimetry, Sao Paulo 1977
14. D.I. Thwaites, G. Buchan, K.V. Ettinger, J.R. Mallard, A. Takavar, A New Sensitive Technique for Study of Radiation Effects in Amino Acids, *Int. J. Appl. Radiat. Isotopes* 27 /1976/ 663
15. D.T. Bartlett, J.K. Brown, Irradiation Effects in D-Mannose as Studied by Electron Spin Resonance Spectroscopy, *Radiat. Effects* 41 /1979/ 43
16. K.V. Ettinger, G. Buchan, Free Radical Lyoluminescence in Some Irradiated Biochemicals and Related Phenomena, Lyoluminescence Laboratory Report, 1978

17. В.В. Матюшков, Г.А. Михалченко, В.Я. Сигаев, И.В. Юдин, А.В. Лымарев, Люолуминесцентная дозиметрия ионизирующих излучений, Изв. АН СССР 41 /1977/ 1363
18. K.J. Puite, D.L.J.M. Crebolder, Lyoluminescence Dosimetry in Photon and Fast Neutron Beams, Phys. Med. Biol. 22 /1977/ 1136
19. D.T. Bartlett, Increased Lyoluminescence Response of Mannose on Storage, Phys. Med. Biol. 24 /1979/ 63
20. C.I. Anunuso, K.V. Ettinger, J. Halliday, Design of a Simple Lyoluminescence Reader, Report of the Lyoluminescence Lab., September, 1978
21. K.J. Puite, Perspectives for Using Lyoluminescence in Photon and Fast Neutron Fields, IV. Congress IRPA, Comm. 176, Paris, 1977
22. K.V. Ettinger, J.R. Mallard, S. Srirath, A. Takavar, On the Lyoluminescence Dosimetry with Some Saccharides, Phys. Med. Biol. 22 /1977/ 481
23. K.V. Ettinger, S. Srirath, C.I. Anunuso, A. Ghosh, Some Dosimetric Properties of Mannose and Glutamine in the Industrial Range of Doses, Report of the Lyoluminescence Laboratory, September, 1978
24. K.V. Ettinger, R.W. Rowe, J.R. Mallard, A. Takavar, J.P. Sephton, Dosimetric Response of Some Biochemicals Used as Lyoluminescent Dosimeters, IV. Congr. IRPA, Comm. 413, Paris, 1977
25. K.V. Ettinger, R.W. Rowe, J.R. Mallard, A. Takavar, J.P. Sephton, D.I. Thwaites, The Lyoluminescence of Amino Acids, Proteins, Nucleic Acids and Its Applications, Proc. V. Int. Conf. Luminescence Dosimetry, Sao Paulo, 1977
26. J.P. Sephton, K.V. Ettinger, On the Lyoluminescence of Certain Irradiated Proteins, Lyoluminescence Laboratory Report, September, 1976
27. A. Takavar, Studies of Radiation Effects in Some Organic Solids by Means of Lyoluminescence Technique, Report of the Lyoluminescence Laboratory, January, 1978
28. A. Takavar, K.V. Ettinger, J.R. Mallard, N.A. Atari, S. Srirath, Progress in Lyoluminescence Dosimetry Using Saccharides, Proc. V. Int. Conf. Luminescence Dosimetry, Sao Paulo, 1977
29. D.I. Thwaites, K.V. Ettinger, Lyoluminescence in Some Amino Acids, Lyoluminescence Laboratory Report, September, 1975
30. N.A. Atari, K.V. Ettinger, A Lyoluminescent Tissue Equivalent Radiation Dosimeter, Nature 247 /1974/ 193
31. N.A. Atari, K.V. Ettinger, The Importance of Lyoluminescence of Tissue Equivalent Dosimetry and Its Implementation by Means of Lyoluminescence, Int. Symp. Radiation Protection, paper SRP AV3, 12 Aviemore, 1974
32. K.V. Ettinger, J.R. Mallard, Tissue Equivalent Dosimetry Based on Lyoluminescence, Proc. XIV. Int. Congress of Radiologists, Rio de Janeiro, 1977
33. D.T. Bartlett, M. Sc. Thesis, University of Birmingham, 1973

34. *D.T. Bartlett*, Lyoluminescence, Seventh DOE Workshop on Personnel Neutron Dosimetry, October 23-24, 1978, London.- PNL - 2807, 101
35. *J.A. Burkill, K.V. Ettienger*, Properties and Preparation of Some Sensitized Lyoluminescent Phosphors, Lyoluminescence Laboratory Report, August, 1977
36. *A. Burkill, S. Srirath*, Some Properties of Sensitized Lyoluminescence Phosphors, Report to the European Dosimetry Group, Paris, 1977
37. *K.V. Ettienger, A. Takavar, J.R. Mallard, G. Buchan*, Lyoluminescence Dosimetry with Sensitizers, IV. Congr. Int. IRPA, Comm. 414, Paris, 1977
38. *A. Takavar*, Report on Luminol, Lyoluminescence Laboratory Report, September, 1975
39. *K.V. Ettienger, J.R. Mallard, S. Srirath, A Takavar*, Development of a Lyoluminescence Dosimetry System for the Radiation Processing of Food, "Food Preservation by Irradiation" IAEA, Vienna, Vol. II., 1978, 345, IAEA-SM-221/78
40. *K.V. Ettienger, S. Srirath*, Packaging of Lyoluminescent Dosimeters for Industrial and Clinical Applications, Report of the Lyoluminescence Laboratory, September, 1978
41. *K.J. Puite, D. Rintjema, D.L.J.M. Crebolder*, High Dose Level Dosimetry Using the Lyoluminescence Technique, "Food Preservation by Irradiation" IAEA, Vienna, Vol. II., 1978, 335, IAEA-SM-221/40
42. *K.V. Ettienger*, Lyoluminescence in Some Biological Materials and Its Applications to Accident Dosimetry and Detection of Radiation Processing Report to the European Dosimetry Group, Paris, 1977
43. *И.А. Алехин, С.П. Бафенно, И.Б. Неирим-Маркус, С.Н. Крайтор, Н.Н. Нушнерева*, Радиолиолуминесценция биологических тканей как метод индивидуальной дозиметрии, Новые методы индивидуальной дозиметрии, г. Градец Кралове, ЧССР, 1977, Чехословацкая комиссия по атомной энергии, Прага, 1977, 368
44. *K.V. Ettienger, A. Takavar, J.R. Mallard*, Use of LL in Keutron Dosimetry, Third Symp. Neutron Dosimetry in Biology and Medicine, Neuherberg /München/, 1977
45. *K.J. Puite, J. Zoetelief*, The Application of Lyoluminescence in Fast Neutron Fields, Third Symp. Neutron Dosimetry in Biology and Medicine, Neuherberg /München/, 1977
46. *N.A. Atari, K.V. Ettienger*, Lyoluminescence Processes in Coloured Alkali Halides, Lyoluminescence Laboratory Report, January, 1975
47. *R.W. Rowe, K.V. Ettienger*, Lyoluminescence Induced by UV, Lyoluminescence Laboratory Report, September, 1976
48. *S.A. Durrani, N.A. Atari, K.V. Ettienger*, Lyoluminescence of Lunar Fines, Proc. Houston Conf. Lunar Science, 1977
49. *K.J. Puite, D.L.J.M. Crebolder*, Energy-Independent System Based on Lyoluminescence, Intercomparison Procedures in the Dosimetry of Photon Radiation, Technical Reports Series No. 182. IAEA, Vienna, 1978, 147

## KONVERZIÓS RÉTEG KIALAKULÁSÁNAK NYOMJELZÉSES VIZSGÁLATA ALUMINIUMON

Maleczki E.\*, Drozda T.\*\*

\*Veszprémi Vegyipari Egyetem, Radiokémia Tanszék

\*\*Magyar Ásványolaj- és Földgázkísérleti Intézet, Veszprém

/Érkezett 1980. március 12-én/

Az alumínium felületén kémiai felületkezelő eljárással különféle bevonatokat állítottak elő. A kezelőfürdő komponenseinek jelzésére  $^{32}\text{P}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{59}\text{Fe}$  és  $^{60}\text{Co}$  izotópot használtak, és módszert dolgoztak ki a jelzett komponensek felületi rétegmennyiségének meghatározására. Megállapították a kezelési idő és a felületi rétegmennyiség összefüggését, és ezt empirikus egyenlettel írták le.

Изучение формирования конверсионного покрытия на поверхности алюминия методом меченых атомов  
Малецки, Э., Дрозда, Т.

С помощью химической обработки поверхности были изготовлены покрытия на алюминиевой поверхности. Для мечения компонентов ванны использовались изотопы  $^{32}\text{P}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{59}\text{Fe}$  и  $^{60}\text{Co}$  и был разработан метод определения в покрытии количества меченых компонентов. Была определена и описана эмпирическим уравнением зависимость количества компонентов в покрытии от времени обработки.

Studies on the Formation of Conversion Coatings on Aluminium Using a Radioactive Tracer Method  
Maleczki, E., Drozda, T.

With the aid of chemical procedures different types of conversion coatings were produced on aluminium surface.  $^{32}\text{P}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{59}\text{Fe}$  and  $^{60}\text{Co}$  isotopes were used to label the components of the coating bath. Tracer methods were developed for the determination of the amount of the components in the coating. A relationship between the period of surfacing and the amount of coating was derived and described by an empirical equation.

### BEVEZETÉS

Közismert, hogy az alumínium felületén keletkező vékony oxidréteg védi a fémet a további oxidációtól, ezért az alumínium az atmoszférikus korrózióknak viszonylag jól ellenáll. A természetes uton kialakuló alumínium-oxidréteg védőhatása gyakorlati célra legtöbbször azonban nem kielégítő. A kémiai felületkezelő eljárások arra irányulnak, hogy olyan vegyülete réteget állítsanak elő az alumínium felületén, amely a természetes oxidrétegnél vastagabb, és a korrózióknak jobban ellenáll. A kémiai kezelőfürdőkben kialakított bevonatok főleg lack- és festékalapul szolgálnak, bár egyes felhasználási területen önmagukban, utókezelés nélkül is alkalmazzák őket.

### AZ ALUMINIUM FELÜLETÉN KIALAKÍTHATÓ VÉDŐRÉTEGEK ÖSSZETÉTELE ÉS KÉPZŐDÉSE

Az alumínium felületén kialakított védőrétegek kémiai összetétele többé-kevésbé ismert.

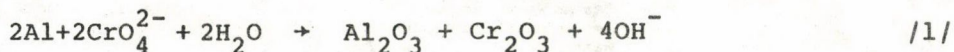
Az MBV eljárással kialakított rétegben Helling szerint<sup>1</sup> 72,8% Al/OH/3, 24,5% Cr/OH/3, 1,7% Na és 1% Si található.

Az LW oxidbevonatok a fürdő foszfáttartalma következtében az aluminium- és króm-oxid, illetve oxidhidrát mellett bizonyos mennyiségben aluminium-foszfátot, esetleg króm/III/-foszfátot is tartalmaznak<sup>2</sup>.

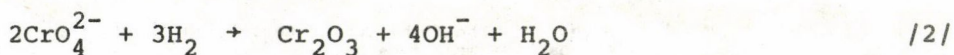
Neuhaus és Gebhardt<sup>3</sup> közleményükben az aluminium foszfátosítása során alkáli-foszfát oldatban 98°C-on képződő réteget AlPO<sub>4</sub>-nak írják le. Szintén ők állapították meg, hogy savanyu cink-foszfát fürdőbe helyezett aluminiumon Zn<sub>3</sub>/PO<sub>4</sub>/2·4H<sub>2</sub>O összetételű réteg képződik.

Reeves és Newhard<sup>4</sup> az aluminium konverziós rétegeinek tárgyalásánál amorf kromátbevonatot említ. A sárga kromatózó eljárásnál e réteg szerintük króm-kromátot, hidratált aluminium-oxidot és esetleg gyorsítót tartalmaz. A zöld kromatózásnál keletkező bevonatot króm-foszfátból és hidratált aluminium-oxidból állónak írják le. A szerzők szerint a bevonat összetétele változik a kezelőfürdő összetételével és a képződött réteg vastagságával.

Nedey<sup>5</sup> megadja az aluminium kromatózásánál lejátszódó reakciók egyenletét. E szerint az aluminium oxidációja kromáttal a



egyenlettel írható le, a kromát redukciója hidrogén hatására pedig a



egyenlet szerint megy végbe.

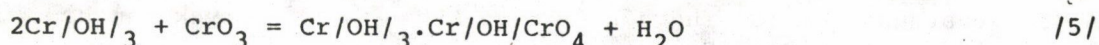
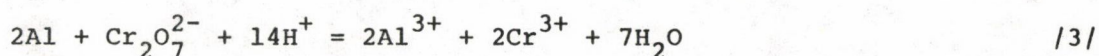
Nimon és Korpi<sup>6</sup> megvizsgálta a zöld kromatózásnál képződő bevonat összetételét, és azt, hogy valóban függ-e az összetétel a réteg vastagságától. Az amorf foszfátnak leírt réteg legjellemzőbb komponense a hidratált króm-foszfát, ha a réteg friss. Száritás után hidratált króm- és aluminium-foszfát gyakorlatilag azonos mennyiségben van jelen. A hidratált króm-oxid jelentéktelen alkotórész, és nem változik a mennyisége a száritás folyamán. Lehetséges, hogy a réteg Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ot is tartalmaz, de csak nyomnyi mennyiségben. Megállapították, hogy a réteg összetétele független a réteg vastagságától.

Gebhardt<sup>7</sup> szerint a kromátbevonat - ellentétben az irodalomban vallott nézetekkel - nem amorf, hanem a bevonatot finomkristályos fázis alkotja. Gottwald<sup>8</sup> a sárga kromatózaskor keletkező bevonatot α-AlOOH/diaszpor/-, α-CrOOH- és CrO<sub>2</sub> a zöld kromatózás esetében pedig β-CrPO<sub>4</sub> és NaAlPO<sub>4</sub>F/fremonit/ tartalmúnak írja le.

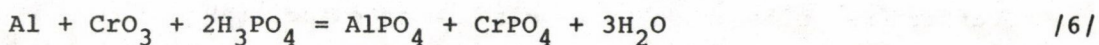
Kaysser<sup>9</sup> foszfátrétegekről írt közleményében az aluminiumon kristályos cink-foszfát bevonat képződéséről számol be. Nelson és Newhard<sup>10</sup> véleménye szerint az aluminiumon kialakított konverziós rétegek amorfak és kristályosak is

lehetnek. Infravörös spektroszkópiai, termogravimetriás és gravimetriás elemzésre támaszkodva<sup>11</sup>, az amorf foszfátbevonat összetételét  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CrPO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , a kristályos foszfát összetételét  $54\text{Zn}_3/\text{PO}_4/2 \cdot 11\text{AlPO}_4 \cdot \text{Ni}_3/\text{PO}_4/2 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$  képlettel oldják meg. Az amorf kromátréteget  $\text{Cr}/\text{OH}/2 \cdot \text{HCrO}_4 \cdot \text{Al}/\text{OH}/3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  képlettel írják le. A szerzők szerint a hexaciano-ferrát/III/ gyorsító adalékot tartalmazó fürdőben kialakult bevonat összetétele  $\text{CrFe}/\text{CN}/6 \cdot 6\text{Cr}/\text{OH}/2 \cdot \text{HCrO}_4 \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  formulával adható meg.

Machu<sup>12,13</sup> a sárga kromatózó fürdőben végbemenő reakciókról a következőket írja. A fém felületén kialakuló lokálkatódokon hidrogénionok redukálódnak, míg a lokálanódokon szabad fémionok keletkeznek. A lokálkatódokon a Cr/VI/ redukciót szenved és Cr/III/-má alakul. A hidrogénionok koncentrációjának változása miatt a pH érték a fémfelületen növekszik, ennek megfelelően alumínium-oxidhidrát, króm-hidroxid, bázisos kromátok és fémkromátok keletkeznek:



A zöld rétegek előállításánál az alábbi egyenleteket adja meg a szerző, ami ellenkezik a<sup>4</sup> irodalmi közleménnyel:

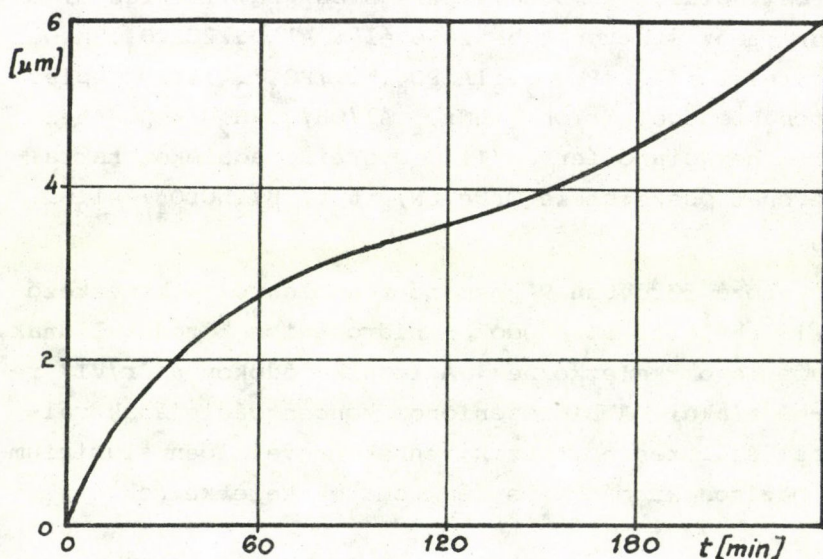


Az alumínium felületén kialakítható védőrétegek képződéséről az oxidréteg keletkezési mechanizmusának tárgyalásán keresztül kaphattunk először ismereteket. Bártfai<sup>14</sup> kifejti, hogy a kémiai oxidációs eljárás elvi alapját az alumínium vízbontó képessége szolgáltatja. Két fő folyamatot különböztet meg:

- I. a természetes oxidréteg oldódása, hogy a szinéfém vizet bonthasson;
- II. a növekedés: a hatóanyag a keletkezett friss réteg pórusain mindaddig átdiffundál, amíg a póruscsatornák lehetővé teszik. Amikor a hatóanyag már nem tud a csupasz fémmel érintkezésbe kerülni, a védőbevonat növekedése befejeződik.

A rétegvastagság növekedése az idő függvényében az MBV eljárásnál<sup>14</sup> az 1. ábrán látható.

Lényegében hasonlóképpen írja le Bácskai<sup>15</sup> és Csokán<sup>2</sup> is a képződési folyamatot, azonban Csokán szerint a fém- és az elektrolit határfelületén



1. ábra

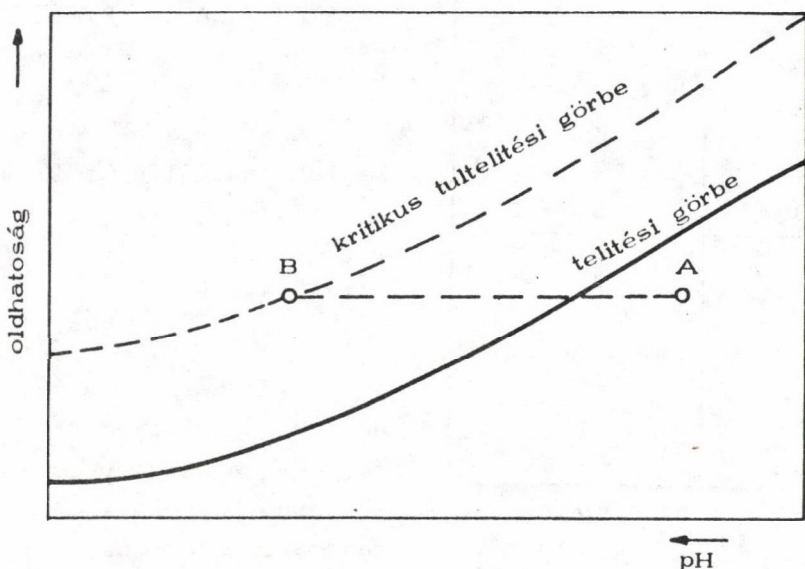
A rétegvastagság az idő függvényében az MBV eljárásnál

szabálytalanul elhatárolt, diszkrét pontokban, a kísérleti körülményektől függő sűrűségben és méretben. A közeg összetételétől és hőmérsékletétől függ, hogy a következő reakciószakaszban az elsődleges oxidcsirák növekednek-e tovább, vagy újabb és újabb oxidcsirák jelennek meg. Az elkülönülten megjelent oxidcsirák oldalirányú növekedése miatt idővel a gócok egymáshoz zárkoznak, és összefüggően borítják be az egész fémfelületet. A felület teljes befedése után a további oxidképződést kizárólag a rétegen keresztülhaladó, merőleges irányú diffúzió tartja fenn, tehát az oxidáció sebességét a diffúziósebesség határozza meg.

Machu<sup>12,16</sup> közleményeiben a kristályosodásra, mint fizikai folyamatra hívja fel a figyelmet. A vasfoszfátózással kapcsolatban egy másodperc alatt képződött rétegről megállapítja, hogy kristályos. Ha a fémfelületen kevés kristálycsira képződik, akkor ezek egymástól távol helyezkednek el. A három dimenzióban növekedő kristályok lassan fedik be a felületet, és a réteg is vastag, porózus lesz. A csiraképződés a fémfelület ún. aktív centrumain indul meg, ahol nagyobb a szabadenergia, így negatívabb potenciálu, mint a környezete.

A pácolási reakció a fém és az oldat fázishatárán a 2. ábrán pl. az A pontnak megfelelő helyzetből indul ki. A pH-érték növekedése során /amit maga a pácreakció okoz/ a B pontnál érhető el a kritikus túltelítési görbe<sup>17</sup>.

végbemenő oxidképződés egyes szakaszaiban eltérő jelenségek figyelhetők meg. Az luminium felületén a oxidációs termék, mint új fázis megjelenését mindig csiraképződési folyamat /nukleáció/ vezeti be, és csak az ezt követő szakaszban csatlakoznak ehhez a csiranövekedés jelenségei. A nukleációs szakaszban az elsődleges oxidképződmények nem homogén eloszlásban jelennek meg, hanem egymástól



2. ábra

Az oldat telítési és teltelési állapotának ábrázolása

A labilis telteltettségi tartományban a kristályképződés és a szilárd fázis spontán kicsapódása lehetséges, elsősorban a kristályszemcsehatárokon<sup>17</sup>.

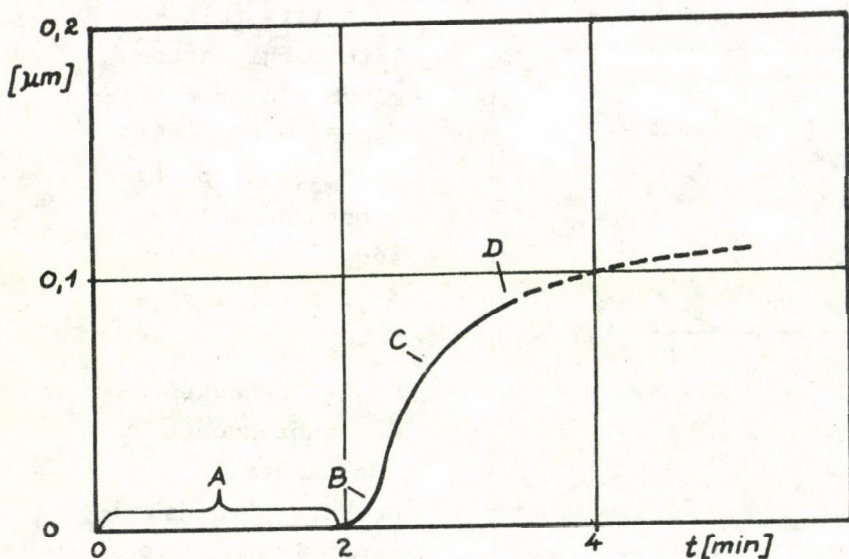
A réteggépződés időfüggését külön tárgyalja Gebhardt<sup>18</sup> a nem réteggépző és réteggépző fürdők esetében.

- A réteggépző kémiai kezelőfürdők esetében az alapfém kationjai csak kis mértékben épülnek be a konverziós rétegbe,

így főleg a fürdő nehézfémion-tartalmából képződik a bevonat az alapfémen. A nem réteggépző fürdőknél az alapfém kationjai fő komponensként vesznek részt a réteg felépítésében.

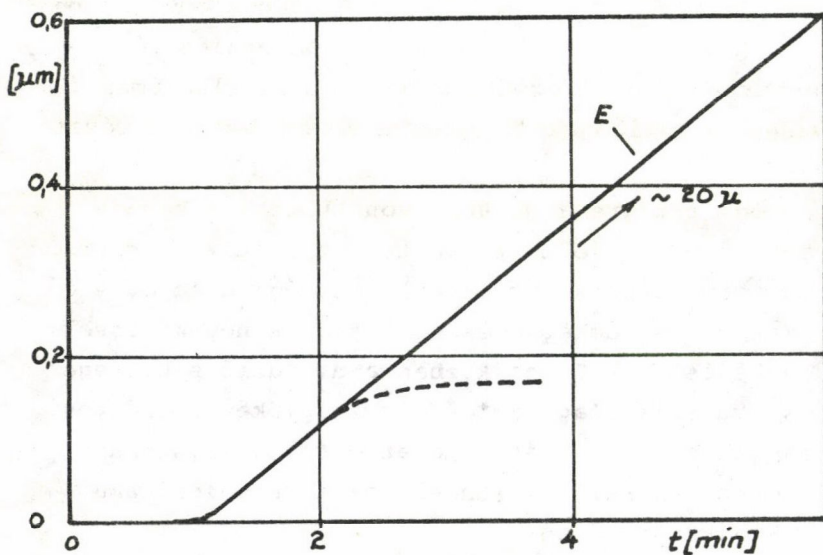
- A nem réteggépző fürdőkben képződő rétegre a 3. ábra vonatkozik. A kezdeti reakció a pácreakció, amely az ábrán A jelzést kapott. Ez alatt - a szerző szerint - még nincs göcképződés sem, a kritikus telteltettségi állapot elérése folyik. A B-vel jelölt szakasz, a göcképződés epitaxiális növekedéssel indul meg. A réteg további növekedésére a C szakaszban a diffúzió sebessége a meghatározó, a réteggépződés gyakorlatilag az idő négyzetgyökével arányos.
- Ezután a növekvő rétegvastagsággal a gyarapodás önmagát gátolja /D szakasz/, ui. az alapfémből származó ionoknak ki kell diffundálniuk a reakciózónába, és ezt a folyamatot gátolja a kialakult réteg.

A nehézfémionokat tartalmazó fürdőben a réteggépződést a 4. ábra mutatja be. Abból a feltételből kiindulva, hogy a réteggépző fürdőben az oldat koncentrációja állandó /a nagy térfogat miatt/, az A és B szakasz után az elsődleges foszfátréteg folyamatosan növekszik /"E"-vel jelzett periódus/. A réteg növekedéséhez szükséges nehézfémionok a fürdőben kialakuló kristályok külső felületével közvetlenül érintkeznek. E határzónában a folyadék mechanikus mozgása és a hőkonvekciós áramlás biztosítja a növekedéshez szükséges koncentrációt.



3. ábra

A rétegvastagság növekedése nem réteggépző foszfátzó fürdőben



4. ábra

A rétegvastagság növekedése réteggépző foszfátzó fürdőben

ezres alóosztású számlálót, illetve NK 108 típusú energiaszelektív számlálót csatlakoztattunk.

### A KONVERZIÓS RÉTEG VIZSGÁLATÁNAK RADIOKÉMIAI MÓDSZERE

A konverziós réteg kialakításánál a kémiai kezelőfürdőket a következő radioaktív izotópokkal jeleztük:  
 $^{32}\text{P}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Co}$ .

Az alumíniumon végbemenő réteggépződési folyamat a felületkezelő fürdő komponenseinek radioaktív izotópos nyomjelzésével nyomon követhető. A védőréteg jelzett komponense, illetve komponensei mennyiségileg meghatározhatók. Ha foszfort és krómot vagy krómot és vasat is tartalmazó felületkezelő fürdőket tanulmányoztunk, és egyidejűleg alkalmaztunk  $^{32}\text{P}$  és  $^{51}\text{Cr}$ , illetve  $^{51}\text{Cr}$  és  $^{59}\text{Fe}$  izotópot, akkor is egyszerű mérőműszerekkel megállapítható volt a védőrétegbe beépült foszfor és króm, illetve króm és vas mennyisége.

A  $^{32}\text{P}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{59}\text{Fe}$  és  $^{60}\text{Co}$  aktivitásának mérésénél GM számlálócsövet, illetve szcintillációs mérőfejet használtunk, amelyekhez Orion EMG gyártmányú 1872 típusú

A  $^{51}\text{Cr}$  és  $^{59}\text{Fe}$   $\gamma$ -sugárzásának fotocsucsaira vonatkozó optimális jel/zaj viszonyt az erősítés és a nagyfeszültség változtatásával határoztuk meg /1000 V, 20x./. Az így kapott paraméterek mellett differenciális diszkriminátorral választottuk külön a króm és a vas fotocsucsait. /Igy  $^{51}\text{Cr}$  és  $^{59}\text{Fe}$  együttes alkalmazásakor is külön-külön meghatározható volt a minták króm- és vastartalma./

A konverziós bevonatok radioaktivitásának mérésénél az aktivitásmérés relatív módszerét alkalmaztuk. Így az egyes mintáknál számlálási sebességet mérünk /cpm/. Az összehasonlító módszerrel rövid idő alatt, megfelelő pontossággal lehet nyomon követni a konverziós rétegbe beépült komponensek mennyiségi változását. Szigoruan azonos mérési körülmények között mérünk, így nem kellett figyelembe vennünk számos tényezőt, amelyeket az abszolút aktivitás mérésének módszere esetén meg kell határozni /visszaszórás, abszorpció, önabszorpció, szórás stb./.

A kémiai felületkezelésnél az alumíniumlemezek mindkét oldalára kialakítottuk a védőréteget, így a minták radioaktivitásának mérésénél a lemezek mindkét oldaláról származó sugárzást meghatároztuk. A felületi rétegmennyiség pontos számítása érdekében meghatároztuk az alumíniumlemez abszorpciós hatását a jelzésnél alkalmazott radioaktív izotópokból származó sugárzásra és az adott mérési módszerre vonatkozólag. Ismert mennyiségű radioaktív csapadékokat az alumínium mintalemezen elterítve meghatároztuk a számlálási sebességet, majd egy másik mintalemezzel lefedtük a csapadékokat, és megismételtük a mérést. A két mérés eredményének számtani átlagából képezhető egy tényező, mely figyelembe veszi, hogy a lemez detektor felőli oldaláról a sugárzás abszorpció nélkül, míg a tulsó oldaláról csak az alumíniumlemezen át juthat az észlelőig /1. táblázat/.

#### 1. táblázat

Az alumínium mintalemezek sugárabszorpciós hatása

$^{32}\text{P}$ GM	$^{51}\text{Cr}$ GM	$^{51}\text{Cr}$ szcintillációs detektor	$^{59}\text{Fe}$ szcintillációs detektor
fa = 0,720	fa = 0,598	fa = 1,000	fa = 1,000

/Számtnai átlag azért vehető, mert a lemez két oldalán képződő bevonat gyakorlatilag azonos./

A lemezekeken mért számlálási sebesség alapján meghatározható a bevonat jelzett komponenseinek mennyisége a felületi rétegben. A felületkezelő fürdőkből

a jelzett komponenseket megfelelő csapadék formájában leválasztottuk, és meghatároztuk a fajlagos számlálási sebességet (cpm/ $\mu\text{g}$ ). A krómot  $\text{BaCrO}_4$ , a foszfort  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , a kobaltot  $\text{Co}/\text{C}_9\text{H}_6\text{NO}/_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  csapadék formájában választottuk le. A vas fajlagos számlálási sebességét ismert kálium-[hexacianoferat/III/] koncentrációju kezelőfürdő adott részének alumínium tálkában való szárazra párlása, majd aktivitásmérése útján határoztuk meg.

Ha radioaktív izotóppal csak egy komponenst jeleztünk, a felületi rétegmennyiséget az alábbi összefüggés alapján számítottuk:

$$Q = \frac{N}{AF} , \quad /8/$$

ahol  $Q$  - a felületi rétegmennyiség  $[\mu\text{g}/\text{cm}^2]$ ,

$N$  - a lemez számlálási sebessége  $[\text{cpm}]$ ,

$A$  - a csapadékban leválasztott komponens fajlagos számlálási sebessége  $[\text{cpm}/\mu\text{g}]$ ,

$F$  - a lemez felülete.

A  $^{51}\text{Cr}$  és  $^{32}\text{P}$  izotópok együttes alkalmazásakor figyelembe kellett venni, hogy a GM-csőes számlálókészülék együttesen méri a króm és foszfor sugárzását. A foszforra és krómra vonatkozó felületi rétegmennyiség kiszámítását a két számlálóberendezéssel mért számlálási sebességek ismeretében végeztük el. A mérési adatokból olyan tényező képezhető  $/k/$ , amellyel megadható a króm-51, illetve a foszfor-32 radioaktív izotóptól származó aktivitáshányad. A króm felületi rétegmennyisége a szcintillációs számlálóval mért számlálási sebesség alapján a  $/8/$  egyenlet szerint számítható ki.

A foszfor felületi rétegmennyiségét  $/Q_P/$  az alábbiak szerint számítottuk:

$$Q_P = \frac{N_P - N_{\text{Cr}} \cdot k}{A_P F} . \quad /9/$$

A  $k$  tényező a két számlálóval mért, krómra vonatkozó fajlagos számlálási sebesség alapján számítható:

$$k = \frac{A_2}{A_1} , \quad /10/$$

ahol  $A_1$  - a szcintillációs számlálóval meghatározott fajlagos számlálási sebesség,

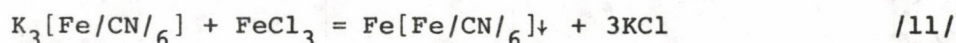
$A_2$  - a GM-csőes számlálóval meghatározott fajlagos számlálási sebesség.

Az említett két számlálóberendezéssel, modellanyagok alkalmazásával, vizsgálatokat végeztünk a  $k$  tényező meghatározására. A mérésorozatot ismert mennyiségű, különböző fajlagos aktivitású  $\text{BaCrO}_4$  csapadék számlálási sebességének mérésével, mindkét számlálókészülékkel elvégeztük. Ezekhez a mintákhoz

ismert mennyiségű és fajlagos számlálási sebességű  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  csapadékot adtunk, és ismét mindkét számlálóval mértünk. /A mérésnél olyan anyagmennyiségekkel dolgoztunk, ahol a minták önabszorpciója elhanyagolható volt./ Elvégeztük a számítást és a mérések közepes hibáját figyelembevéve a  $k$  tényezőre  $0,207 \pm 0,002$  értéket kaptunk a modellkísérletnél. Az adott fajlagos számlálási sebesség valódi értéke és a számítással kapott értékek között a legnagyobb eltérés sem haladta meg a 2%-ot, így az ismertetett egyszerű radio-kémiai módszerrel a konverziós bevonatok foszfor- és krómtartalmának együttes jelzéssel történő vizsgálata kellő pontossággal végezhető el.

A felületkezelő fürdők radioizotópos nyomjelzése nem okozott különösebb nehézséget, azonban a kálium-[hexaciano-ferrát/III/] tartalmu fürdők  $^{59}Fe$  izotóppal való nyomjelzéséhez elő kellett állítanunk az aktiv komplexet, mivel ilyen vegyületben  $^{59}Fe$  izotóp nem szerezhető be.

A komplexképződési reakció közvetlenül nem játszódik le vas/III/ ionokkal, ezért kálium-cianidból és vas/II/sóból állítják elő a komplex cianidot, majd oxidációval állítják elő kálium-[hexaciano-ferrát/III/] komplex sóit. Az irodalom szerint azonban átmeneti komplex képzésén keresztül /ammónium-foszfátos maszkrozás/<sup>19</sup> vas/III/sóból is előállítható a cianokomplex. Megkíséreltük a kálium-[hexaciano-ferrát/III/] előállítását kálium-cianidból és vas/III/-kloridból kation-cserélő gyantán és ammónium-foszfátos és borkősavas maszkrozással is, azonban megfelelő tisztaságu terméket csak az alábbi reakció-egyenletek szerint kaptunk:



Igy radioaktív vas/III/-klorid és kálium-[hexaciano-ferrát/III/] oldatból először  $Fe[Fe/CN/6]$  összetételű csapadék képződött, amely kálium-cianid feleslegben föloldódott, és ezen egyszerű módszerrel rendelkezésünkre állt a radioaktív kálium-[hexaciano-ferrát/III/].

## KISÉRLETI EREDMÉNYEK

A konverziós réteg kialakítását az eljáráshoz tartozó technológiai utasítás szerint végeztük.

Lugos közegben működő kémiai kezelőfürdők csoportjába tartozik az MBV, EW, Pylumin II és LW eljárás.

Az MBV fürdő összetétele:  $15 \text{ g dm}^{-3}$   $Na_2CrO_4$   
 $50 \text{ g dm}^{-3}$   $Na_2CO_3$

A  $^{51}\text{Cr}$  izotóp radioaktív koncentrációja a fürdőben  $0,74 \text{ MBq/ml}$  volt.

Az EW fürdő összetétele:  $15 \text{ g dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{CrO}_4$   
 $50 \text{ g dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{CO}_3$   
 $0,06 \text{ g dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{SiO}_3$

A  $^{51}\text{Cr}$  izotóp radioaktív koncentrációja itt is  $0,74 \text{ MBq/ml}$  volt.

A Pylumin II. fürdő összetétele:  $60 \text{ g dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{CO}_3$   
 $20 \text{ g dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{CrO}_4$   
 $2 \text{ g dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

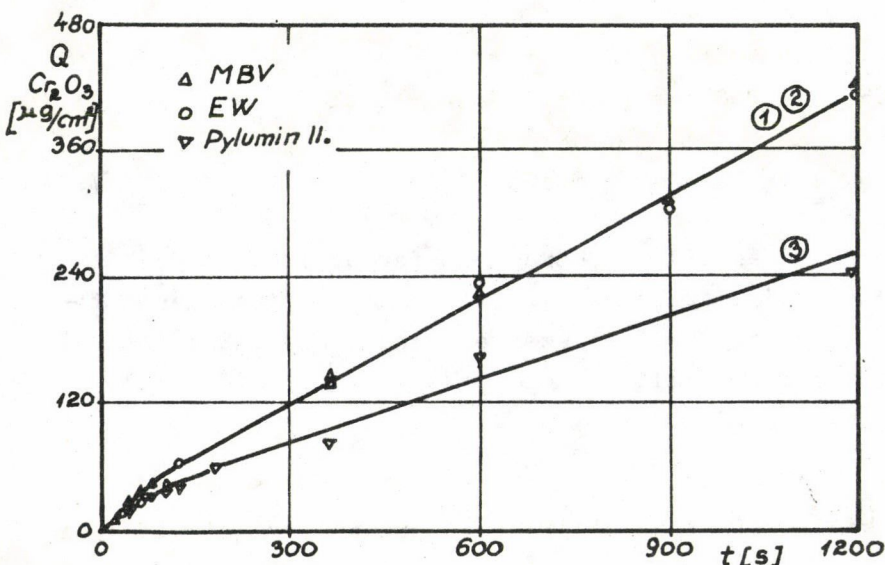
A  $^{51}\text{Cr}$  izotóp radioaktív koncentrációja a fürdőben  $0,55 \text{ MBq/ml}$  volt.

Az LW fürdő összetétele:  $50 \text{ g dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{CO}_3$   
 $15 \text{ g dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{CrO}_4$   
 $30 \text{ g dm}^{-3} \text{ Na}_2\text{HPO}_4$

A  $^{51}\text{Cr}$  izotóp radioaktív koncentrációja  $0,55 \text{ MBq/ml}$ , a  $^{32}\text{P}$  izotóp radioaktív koncentrációja  $0,15 \text{ MBq/ml}$  volt.

A felsorolt négy eljárásnál a fürdő hőmérséklete a kezelés alatt  $95^\circ\text{C}$ .

A különböző eljárással kialakított konverziós rétegbe beépült komponensek meghatározott mennyiségét a kezelési idő függvényében ábrázoltuk.



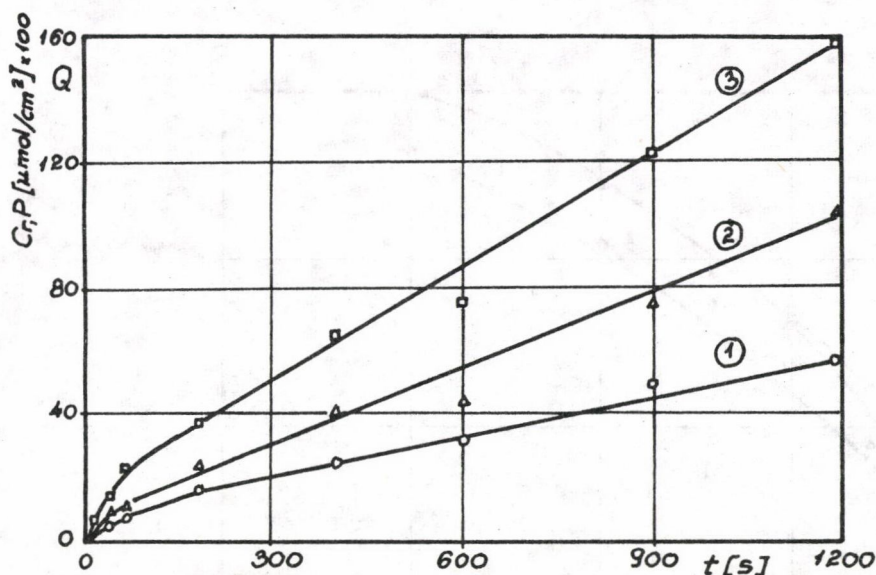
5. ábra

A króm MBV /1/, EW /2/ és Pylumin II /3/ eljárással kapott felületi rétegének mennyisége

Az 5. ábrán az MBV, EW és Pylumin II. eljárással kapott króm felületi rétegmennyiségét tüntettük fel  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ -ra számolva.

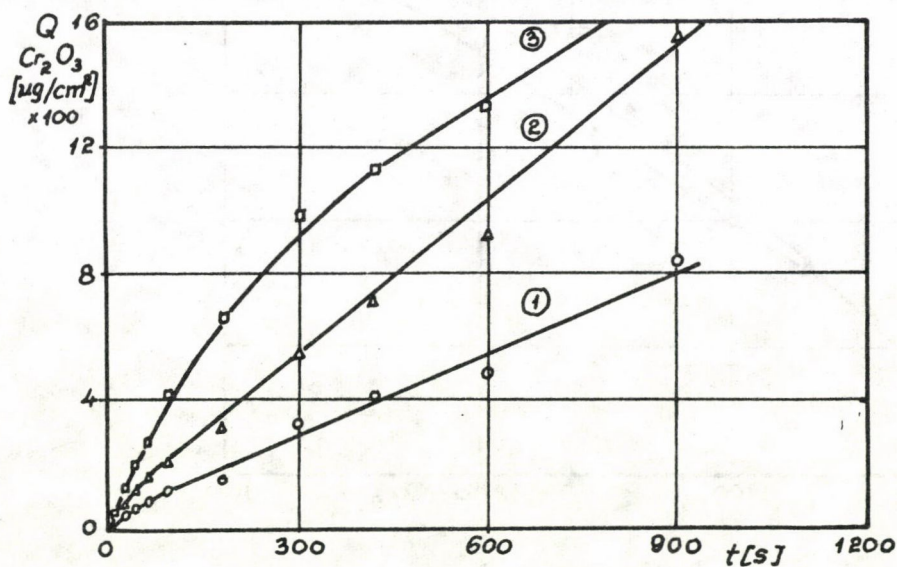
A következő /6. ábra/ adatösszeállítás az LW eljárással kialakított rétegbe épült króm, foszfor mennyiségét és összegüket tartalmazza.

Zöld kromatózó eljárásnak is nevezik az Alodine fürdőben történő rétegkialakítást.



6. ábra

A króm /1/ és a foszfor /2/ LW eljárással kapott felületi rétegének mennyisége és összegük /3/



7. ábra

A króm Alodine eljárással 50°C-on /1/, 60°C-on /2/ és 70°C-on /3/ kapott felületi rétegének mennyisége

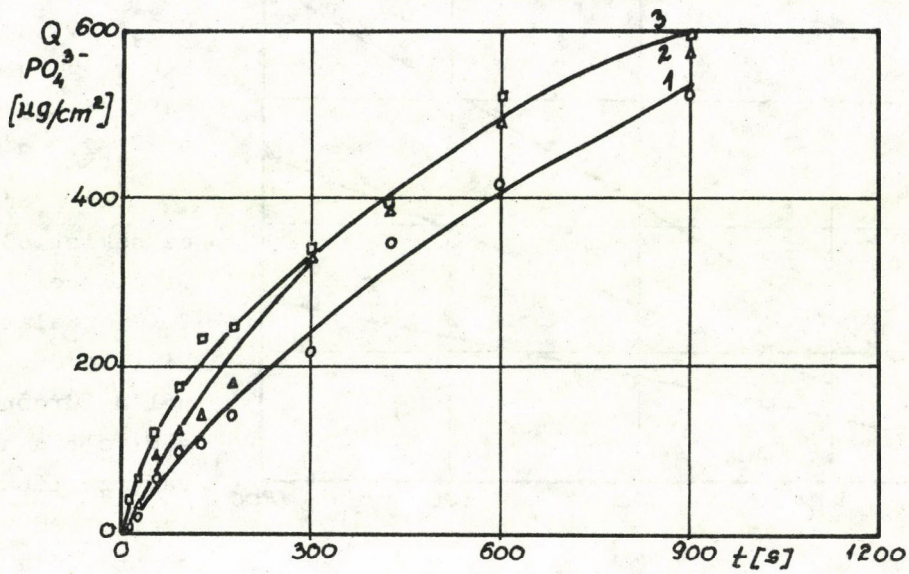
A fürdő összetétele:

CrO <sub>3</sub>	10 g dm <sup>-3</sup>
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	65 g dm <sup>-3</sup> /fs.:1,68/
NaF	4,2 g dm <sup>-3</sup>
HF	2,0 g dm <sup>-3</sup>

Az ajánlott hőmérséklet 60°C. Kísérleteinknél 50, 60 és 70°C-on alakítottunk ki réteget, mivel ennél a fürdőnél lehetőség volt a hőmérséklet változtatására. A <sup>51</sup>Cr izotóp radioaktív koncentrációja 0,37 MBq/ml, a <sup>32</sup>P izotóp radioaktív koncentrációja 0,074 MBq/ml volt.

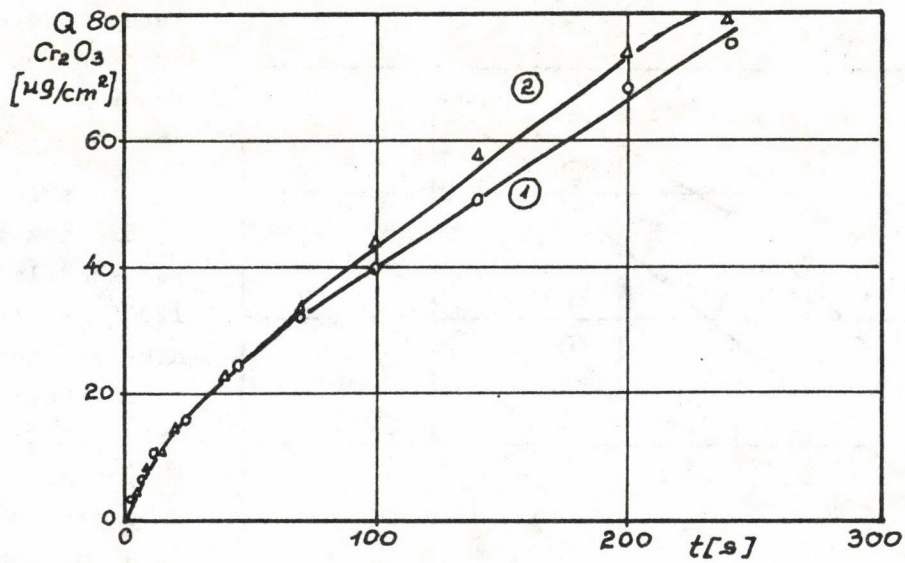
Az Alodine eljárással különböző hőmérsékleten a rétegbe épült króm és foszfor mennyiségét a 7. és 8. ábrán közöljük.

A sárga kromatózó eljáráshoz tartozik a kereskedelmi "Alocrom 1200" készítmény. Ennek összetételét nem adják meg, a réteget 25 és 35°C-on alakítottuk ki. A <sup>51</sup>Cr radioaktív koncentrációja a fürdőben 0,74 MBq/ml volt. A 9. ábrán tüntettük fel az eredményeket.



8. ábra

A foszfor Alodine eljárással 50°C-on /1/, 60°C-on /2/ és 70°C-on /3/ kapott felületi rétegének mennyisége



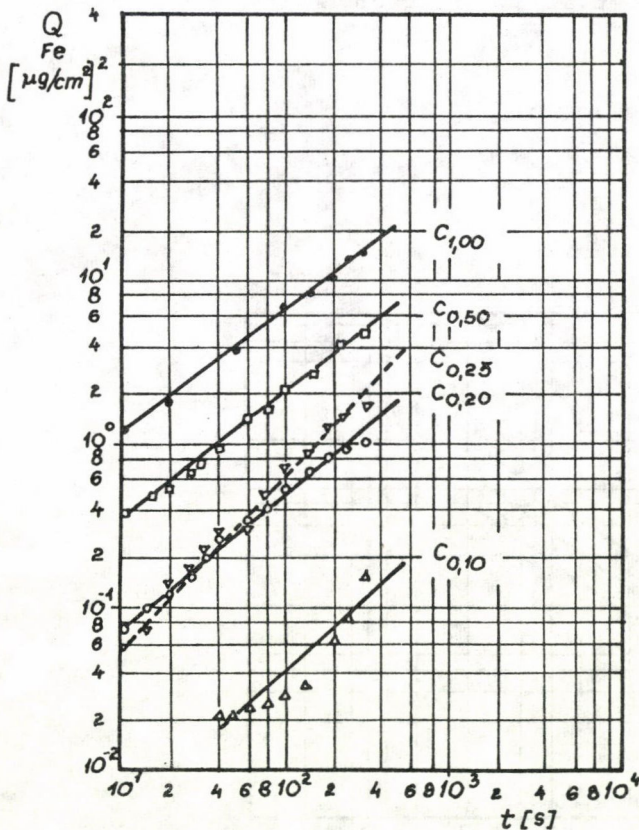
9. ábra

A króm Alocrom 1200 fürdőben 25°C-on kapott felületi rétegének mennyisége

A sárga kromatózó fürdők típusába tartozó, az irodalomban nem közölt összetételű, C jelű kezelőfürdőt is készítettünk, melynél a kálium-[hexaciano-ferrát/III/] gyorsító adalék mennyiségét változtattuk.

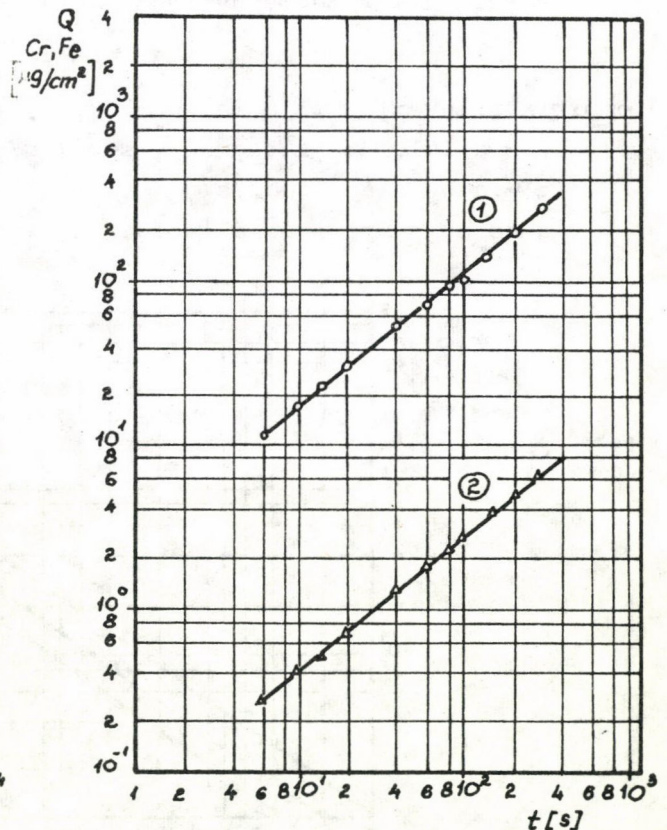
A fürdő összetétele:	$\text{CrO}_3$	$7,6 \text{ g dm}^{-3}$
	$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$5,0 \text{ g dm}^{-3}$
	$\text{NaBF}_4$	$10,0 \text{ g dm}^{-3}$
	$\text{HNO}_3$	$2,0 \text{ cm}^3 / 65\% / \text{dm}^{-3}$
	$\text{K}_3[\text{Fe}/\text{CN}/_6]$	$0,10 \text{ g dm}^{-3} - 1,00 \text{ g dm}^{-3}$

A gyorsító adalék öt különböző koncentrációja mellett ( $C_{0,10}$ ;  $C_{0,20}$ ;  $C_{0,25}$ ;  $C_{0,50}$ ;  $C_{1,00}$ , ahol az indexben szereplő szám a kálium-[hexacianoferrát/III/]  $\text{g dm}^{-3}$ -ban kifejezett koncentrációját jelenti) szobahőfokon alakítottunk ki bevonatot. A  $^{59}\text{Fe}$  radioaktív koncentrációja a gyorsító koncentrációjától függően  $1,85-18,5 \text{ MBq dm}^{-3}$  volt. Az eredményt logaritmikus ábrázolásban a 10. ábrán közöljük. A  $C_{0,50}$  jelű kezelőfürdőnél a  $^{51}\text{Cr}$  radioaktív koncentrációja  $3,7 \text{ GBq dm}^{-3}$ , a  $^{59}\text{Fe}$  izotóp radioaktív koncentrációja  $9,0 \text{ MBq dm}^{-3}$  volt. Az eredmény a 11. ábrán látható, ugyancsak logaritmikus ábrázolásban.



10. ábra

A vas felületi rétegének mennyisége különböző gyorsítókoncentrációk mellett



11. ábra

A króm /1/ és vas /2/  $C_{0,50}$  kettős jelzésű fürdőben kapott felületi rétegének mennyisége

## A KISÉRLETI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A rétegeképződés folyamán a fém és oldat határfelületén egymást követő, de egymás mellett párhuzamosan is lejátszódó fizikai és kémiai folyamatok mennek végbe. Heterogén reakcióról van tehát szó, a reagáló anyagok különböző fázisban vannak jelen. Az érdeki kémiai változás a határfelületen megy végbe. A kezelőfürdő koncentrációja a rétegeképződés alatt állandónak tekinthető. Az alumínium felületén a koncentrációváltozás a felületi rétegmennyiség  $/Q/$  növekedése. Az idő és a rétegmennyiség összefüggéséből megállapítottuk, hogy a kísérleti pontok  $\lg Q$  vs.  $\lg t$  koordinátarendszerben a tisztán oxidképző fürdők kivételével  $/MBV, EW$  és  $Alrok/$  mindig egy egyenesen helyezkedtek el.

A 12. ábra az LW eljárással kapott króm  $/1/$ , foszfor  $/2/$  felületi rétegmennyiség és ezek összegének  $/3/$   $\lg Q$  vs.  $\lg t$  koordinátarendszerbeli ábrázolása.

A 13. ábrán az Alodine eljárással a króm  $50, 60$  és  $70^\circ\text{C}$  hőmérsékleten rétegbe épült mennyiségét ábrázoltuk a  $\lg Q$  vs.  $\lg t$  koordinátarendszerben.

A felületi rétegmennyiség növekedését az idő függvényében a

$$\lg Q = a \lg t + \lg b$$

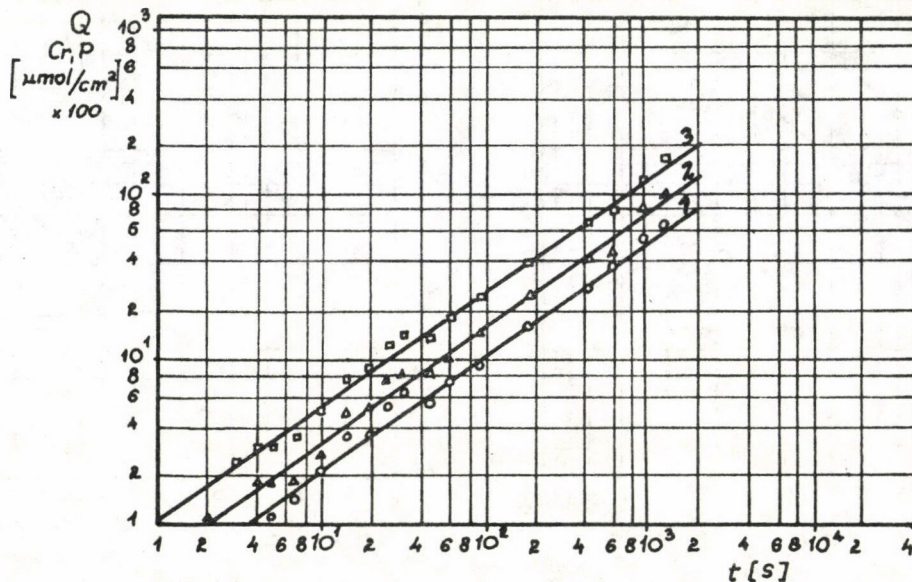
/13/

empirikus egyenlet írja le, ahol

$Q$  - a felületi rétegmennyiség  $[\mu\text{g}/\text{cm}^2]$ ,

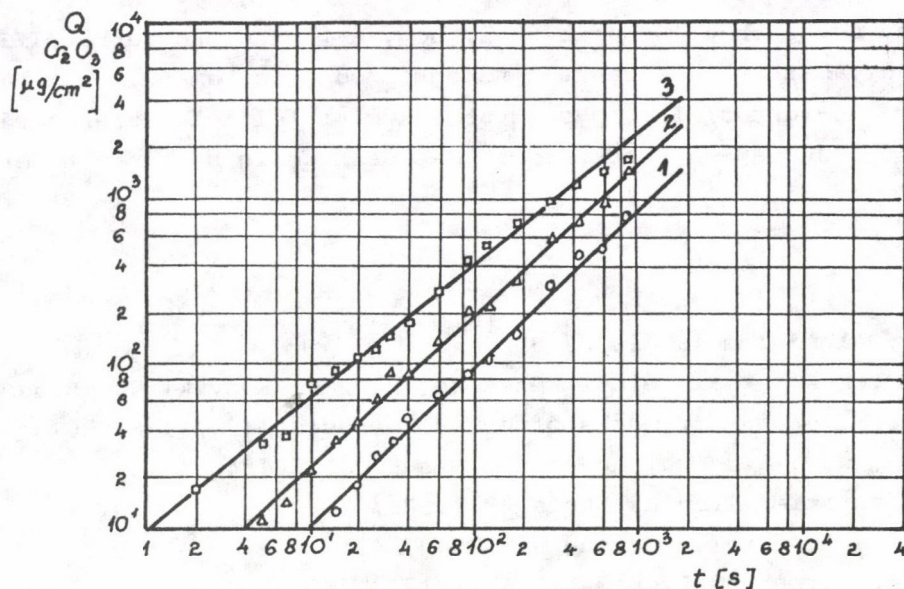
$t$  - a kezelési idő  $/s/$

$a$  és  $b$  - empirikus állandó.



12. ábra

LW eljárásnál a króm  $/1/$  és foszfor  $/2/$  és a króm+foszfor  $/3/$  változása a rétegben



13. ábra

A króm Alodine eljárással  $50^\circ\text{C}$ -on /1/,  $60^\circ\text{C}$ -on /2/ és  $70^\circ\text{C}$ -on /3/ kapott felületi rétegének mennyisége

Mint említettük, a tisztán oxidképző fürdők esetén a kísérleti pontok nem teljesen egy egyenesen fekszenek. Ezeknél az eljárásoknál alumínium-oxidból és króm-oxidból álló réteg képződik. Valószínű, hogy a réteggképződés kezdetekor az alumínium felületén az oxidok aránya más, mint később. Ebben az esetben viszont a felületi réteg komponensei közül csak a króm jelezhető, így a kérdést radiokémiai módszerrel eldönteni nem lehet.

A /13/ egyenlet  $a$  és  $b$  állandóját a legkisebb négyzetek módszerével, a VVE ODRA 1024 számítógépével határoztuk meg. A szórásértékek bizonyították, hogy a kísérleti pontok valóban egyenest adnak a  $\lg Q$  vs.  $\lg t$  koordináta-rendszerben.

Az általunk vizsgált eljárások mindegyikénél - az irodalomtól eltérően, a pácperiódusnak nevezett időtartam alatt is van gócképződés, amit a relatív aktivitások mérésének eredménye bizonyít. Mivel a ma ismert eljárások mindegyik típusát vizsgáltuk, az eltérést a radiokémiai módszer érzékenységevel magyarázzuk. Az alumínium felületén a réteggképződéshez szükséges feltételek a teljes kezelési időhöz viszonyítva rövid idő alatt kialakulnak. A réteggképződés folyamatát élesen elkülönülő szakaszra bontani a felületi réteg mennyiségének időbeli változása alapján nem indokolt.

A kálium-[hexaciano-ferrát/III/] gyorsító adalékkal kialakított rétegről Mössbauer-spektrométerrel felvételt készítettünk. A Mössbauer-spektrum

alapján minden kétséget kizárva [hexaciano-ferrát/II/]<sup>4-</sup> jelenléte mutatható ki a kromát bevonatban. Ez arra utal, hogy a [hexaciano-ferrát/III/]<sup>3-</sup> anion redox folyamatban vesz részt a rétegképződés folyamán, így tehát a kálium-[hexaciano-ferrát/III/] gyorsítót a kémiai felületkezelés során egyrészt oxidatív ágensnek kell tekinteni, másrészt pedig a redukált formája rétegképző komponens.

#### IRODALOM

1. W. Helling, Aluminium 19 /1937/ 375
2. P. Csokán, Fémek kémiai felületkezelése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969
3. A. Neuhaus, M. Gebhardt, Werkstoffe und Korrosion 17 /1966/ 567
4. R.E. Reeves, N.S. Newhard, Modern Metals 24 /1968/ 45
5. R. Nedey, Entratien Travaux Neufs 23 /1971/ 21
6. L.A. Nimon, G.K. Korpi, Plating 59 /1972/ 421
7. M. Gebhardt, Farbe und Lack 74 /1968/ 217
8. K.K. Gottwald, Der Maschinenmarkt 58 /1971/ 1289
9. F. Kaysser, Galvanotechnik 63 /1972/ 11
10. J. Nelson, I.R. Newhard, Metal Finishing /1972/ 49
11. J. Nelson, I.R. Newhard, Metal Finishing /1972/ 66
12. W. Machu, Publ. Prot. Corrosion Metal Finishing, 1966, 176
13. W. Machu, Jahrbuch der Oberflächentechnik 23 /1967/ 72
14. Bártfai B., Galvanotechnika, Bp., 1956
15. Bácskai Gy., Kémiai felületkezelés és inhibitorok /Jegyzet/ Tankönyvkiadó, Bp., 1969
16. W. Machu, Neue Hütte 14 /1969/ 238
17. Mucskai L., Kristályosodás, Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1971
18. M. Gebhardt, Oberfläche Surface 13 /1972/ 261
19. E. Rupp, Z. Anal. Chem. 86 /1931/ 217

## A MB-8100 SCINTICART M

Spitkó E.

Gamma Művek, Budapest

/Érkezett 1979. december 12-én/

A berendezés műszaki adatai. Felhasználói javaslatok.

Сцинтикарт М типа MB 8100  
Шпитко, Э.

Технические данные. Потребительские предложения.

The Scinticart M Type MB 8100  
Spitkó, E.

Specifications. Users' suggestions.

A Gamma Művekben kifejlesztett MB-8100 tipusszámu Scinticart M készüléket 1976-ban kezdtük gyártani. Azóta mintegy 300 darabot gyártottunk, és értékesítettünk. A berendezés műszaki paramétereiről, a felhasználói tapasztalatok alapján, az Interatominstrument adatgyűjteménye alapján számolhatunk be.

## A KÉSZÜLÉK SPECIFIKÁCIÓJA

### FUNKCIONÁLIS ADATOK

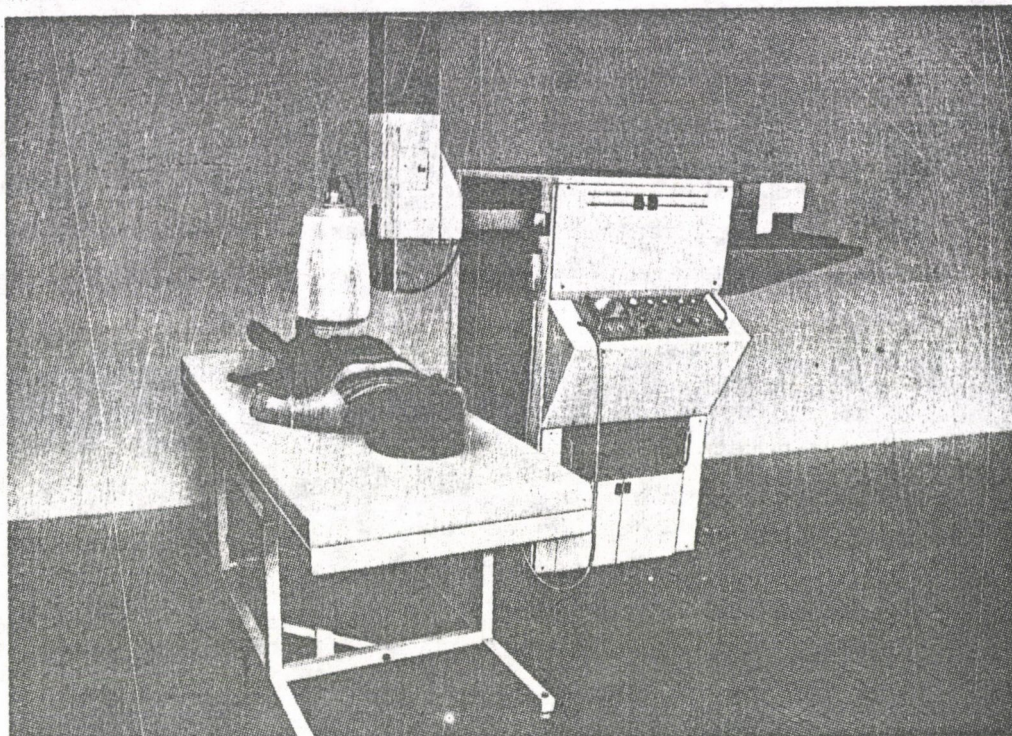
Kristály	5"x2"
Diafragmák száma	4
Fix izotópprogram	$^{198}\text{Au}$ , $^{113}\text{In}$ , $^{131}\text{I}$ , $^{203}\text{Hg}$ , $^{75}\text{Se}$ , $^{99}\text{Tc}^m$ , $^{67}\text{Ga}$ , $^{197}\text{Hg}$ , $^{125}\text{I}$
Diszkriminátor	fix és változtatható differenciális

Energiahatár	10 keV - 1 MeV
Ratemeter-méréshatár	10 keV - 100 keV
Időálló	30 - 10 <sup>4</sup> cps, hat fokozatban választható 50 ms - 1 s
Háttérlevonás	8 fokozatban, vagy fix a rutin üzemben
Expanzió	0 - 100%
Mozgás	bármely színre
Sebesség	meander vagy fésűs
A képkötés mérete	0,2 - 2 m/min, 12 fokozatban
Határolás	400 x 400 cm
Lépésméret	X irányu tetszőleges
Szin	2, 4, 6 mm
Dot üzemmód	9 szín
	9 szín + dotsűrűség
	9 szín
Dotszélesség	2,4 mm
Kézi vezérlés	X és Y irányban lassan és gyorsan
Anatómiai marker	
Fókuszálható kollimálás	
Akusztikus jelzés	

A nemzetközi felmérés során három magyar, két lengyel, négy szovjet és két NDK-véleményt gyűjtöttünk össze. A vélemények egybehangzóan azt tanúsították, hogy a berendezések a felmérés idejéig nagy megbízhatósággal működtek. A működési elvvel valamennyien egyetértettek, és a scannert rutin diagnosztikai vizsgálatra alkalmasnak ítélték.

A detektort a megkérdezettek jónak értékelték, az NDK és a szovjet fél javasolta kontrollforrás beépítését a detektorba.

Vállalatunk szakemberei úgy vélik, hogy mivel a berendezést izotópdia-  
nosztikai laboratóriumban használják, nem indokolt a beépített forrás a cél-  
ból, hogy a működés ellenőrzésére használják, nem is beszélve arról az  
adminisztratív és szállítási nehézségről, amivel szabad szintű izotóp export  
szállítása járna. A detektort tápláló nagyfeszültségű tápegység beállítását,  
a feszültség leolvashatóságát kérték az NDK-s szakemberek. A nagyfeszültségű  
tápegység stabilitását vevőink jónak tartják. A detektor öregedése során  
szükségessé váló utánállítás lehetősége adott. Véleményünk szerint az egy-  
szerű kezelhetőség és a rutin jelleg rovására menne, ha a vevő figyelmét  
ujabb kezelőelemekkel és műszerskálával kötnénk le. A nagyfeszültséget kijel-  
ző kalibrációs műszert elegendőnek tartjuk. Egyetlen kapcsolással rutinszerű-  
en ellenőrizhető a nagyfeszültség helyes értéke és stabilitása is.



Az analizátorral kapcsolatosan több felhasználó javasolta, hogy a fix higanyprogramokat hagyjuk el, és helyettük szabad program lehetőségét biztosítsunk. Tetszés szerinti izotópra ezek az állások a felhasználó által átalakítható, és ehhez műszaki tanácsot szívesen adunk. Az új scannerben is adunk ilyen lehetőséget. A csatornaszélesség folyamatos állíthatóságát a fix programoknál nem tartjuk célszerűnek, mivel a helipotál és az erősítéssel bármely izotópnál van lehetőség ilyen extrém beállításra.

A háttérlevonóval és expanderrel kapcsolatos kifogásokat az új scanner fejlesztésénél figyelembe vettük. Az írószerkezetet a gyártás során felgyorsítottuk. Elektronikus áramköri megoldással és a mechanikai áttétel növelésével csökkentettük a soreltolódást, de igazi minőségi javulást csak az új készüléktípusnál tudunk elérni, ezért a soreltolódás csökkentésére nagyobb sebességnél a jelenleg gyártott készülékeinknél is célszerű a fésűs üzemmódot használni.

Sorozatos módosításokkal, a sebesség némi csökkenése árán elértük, hogy a kollimátoremelő zaja nagyságrenddel csökkent. A diafragmák új, könnyített kivitele könnyebb kezelhetőséget biztosít. A választékból a 37 mm-es apertúrájú diafragmát többen feleslegesnek tartják. Ennek ellenére a választékból

nem kívánjuk kivenni, ugyanakkor új diafragmakonstrukcióval bővíteni akarjuk a készletet; mindenekelőtt a jó tulajdonságu technécium diafragmát céloztuk meg.

A mozgási rendszerrel kapcsolatban felmerült a nagyobb sebesség és - a melegpont keresése céljából - a könnyű kézi beállíthatóságigénye. Sajnos, a meglévő konstrukció mechanikai elve nem teszi lehetővé a motortól függetlenített mozgást, ezért a kézzel vonszolt fejbeállításra nincsen lehetőség csak lényegesen drágább mechanikai megoldás esetén. A felmérések szerint a szokásos rutin mérési eljárásokhoz a 2 m/min sebesség elegendő, ezért célszerűtlen lenne egyedi, extrém feladatokhoz, jelentős drágítással, nagyobb sebességet biztosítani, főleg ha rutin készülékről van szó.

A felmérés kapcsán tett észrevételeket a készülék rutin jellegét szem előtt tartva, megfontoltan rangsoroltuk, és a konstrukciószabta kereteken belül végre is hajtottuk. A továbbiakban tervezzük, hogy a készüléket újabb diafragmákkal egészítjük ki, a fejlesztéstől függően.

Egyéb változtatást már csak az MB 8200-as Scintikart K típusnál hajtunk végre.\*

---

\*Lásd következő cikkünket. Szerk.

## AZ MB-8200-AS SCINTICART K

Medgyes S.

Gamma Művek, Budapest

/Érkezett 1979. december 12-én/

A berendezés az MB 8100 Scinticart M színes dotscanner továbbfejlesztése, digitális jelfeldolgozóval, adatkivitelés -bevitellel, valamint automatikus normalizálással.

Сцинтикарт К типа MB-8200  
Меддеш, Ш.

Прибор является модернизированным вариантом скеннера Сцинтикарт М типа MB 8100 оборудованного цифровым выходом обработки сигналов, входом и выходом данных, а также автоматической нормализацией.

The Scinticart K Type MB-8200  
Medgyes, S.

The facility is an improvement of the scanner Scinticart M Type MB 8100 with digital processing, data output and input and automatic normalization.

Már az MB-8100 készülék fejlesztésének idején látható volt, hogy a szcintigráfiai vizsgálatok nagyrésztét könnyen, a hagyományos szcintigráfnál gyorsabban el lehet végezni az állódetektoros gamma-kamerával. Az is látható volt viszont, hogy bizonyos helyeken és bizonyos vizsgálatoknál a mozgódetektoros rendszer alkalmazása előnyökkel jár.

Ez a kép azóta sem változott, legfeljebb annyiban, hogy mi magunk is elkezdhattuk az állódetektoros rendszer gyártását. Ugyanakkor azonban új lehetőségeink nyíltak a szcintikart elhelyezésében is. Nem véletlen tehát, hogy az MB-8100 Scinticart M továbbfejlesztését magunkra nézve kötelezőnek tartottuk, és teljes felelősséggel folytattuk is.

A továbbfejlesztés célja ebben az esetben az volt, hogy megszüntessük azokat a körülményeket, amelyek a jelenlegi, analóg rendszerű szcintigráfnál

zavarják a felvétel kiértékelhetőségét. Amellett meg akartuk teremteni a lehetőségét annak, hogy a mérési adatokat kivihessük további feldolgozásra, valamint, hogy adatokat vihessünk be, ami lehetővé teszi a felvételek reprodukálását.

Az MB-8200 Scinticart hasonlít az ismert MB-8100-as készülékre. A detektor átmérője 127 mm, ehhez illeszkedik az árnyékolás, és a kollimátorok. Az újabb gyártású szcintikartokat már könnyített kivitelű kollimátorokkal szállítjuk, ezeket alkalmazzuk az új készüléken is. Jelenleg az MB-8100-hoz kifejlesztett négyféle kollimátorunk van. Foglalkozunk további típusok kidolgozásával is, technéciummal végzett vizsgálat céljára.

Az új szcintikart jelfeldolgozó része lényegesen eltér az előbitől. Kidolgozásakor arra törekedtünk, hogy kiküszöböljük az analóg rendszerű jelfeldolgozó működéséből eredő soreltolódást. Mint ismeretes, az analóg ratemeterrel működő szcintigráf, az időállandótól és a detektor mozgás sebességétől függően, a begyűjtött információt a regisztráló papíron a valóságtól eltérő helyen nyomtatja ki, emiatt a térképezést az esetek nagy részében a detektor egyirányú mozgásával kell végrehajtani. Ez a módszer idővesztéssel jár, amellett akár oda - vissza, akár egyirányban folyik a térképezés, a soreltolódás mindenképpen zavarja a kép kiértékelhetőségét. Ezt a hatást digitális rendszerű jelfeldolgozóval lehet kiküszöbölni.

A folyamatos mozgású szcintigráfnál használt digitális mérési elv - inkább úgy nevezném, hogy mintavételezéses elv - magában rejti a mintavételezett adatok kivitelének, tárolásának és visszajátzásának lehetőségét. Így a második fejlesztési célunk az volt, hogy megteremtsük a számítógépes adatfeldolgozás lehetőségét, ami a szcintigráf szempontjából az adatkivitel és adatbevitel lehetőségét jelenti.

Harmadik elképzelésünk az volt, hogy, részben az adatforgalom érdekében, részben a beállítás egyszerűsítése érdekében, a felvétel előtti normalizálást automatizáljuk. Az ehhez szükséges számítások elvégzésére a digitális jelfeldolgozó ad lehetőséget.

A felsorolt feladatok figyelembevételével terveztük meg a digitális rendszerű MB-8200-as Scinticart K-t. Természetesen felhasználtuk azokat az információkat is, amelyek az MB-8100 Scinticart M használata során hozzánk érkeztek.

Néhány szót a mintavételezéses mérési módszerről.

A detektor a vizsgált szerv felett a térképezési határokon belül egyenes vonalú egyenletes mozgást végez.

A mozgás pályája mentén, egymástól  $\Delta x$  távolságra mintavételezési pontokat jelölünk ki. Így rövid mérési szakaszokra osztjuk a határok közötti utat. Gondoskodunk róla, hogy a határok közötti szakasz hossza egész számú többszöröse legyen a mintavételezési szakasz hosszának. Így akárhányszor halad végig

a detektor a határok között, mindig ugyanannyi mintát vesz. Ha biztosítjuk a  $\Delta x$  mintavételezési szakaszok nagy pontosságát, továbbá az állandó detektor-sebességet /mindez nem jelent különösebb nehézséget, mivel ezeket a mennyiségeket az elektronikus rendszer vezérli, és a számításhoz ezeket a vezérlő jeleket használjuk/, akkor a

$$\Delta T = \frac{\Delta x}{v}$$

összefüggés alapján a két mennyiség az egész mérés folyamán állandó mintavételezési időt határoz meg. A  $\Delta x$  szakaszokon végzett mintavételezés alatt tehát voltaképpen a detektorból származó diszkriminált jeleket gyűjtjük állandó  $\Delta T$  ideig. A mérés eredménye a  $\Delta x$  szakaszok mentén mért átlagos beütésszám. Egy sorban  $n$  számú mérési eredményt kapunk, és  $\Delta y$  sortávolság mellett  $k$  számú sorral tudjuk az egész mérési területet lefedni. Végül az adatok  $n \times k$  méretű mátrixba rendezhetők.

A jelfeldolgozó egyetlen  $\Delta x$  szakasz /egyetlen képelem/ információját tárolja a következő mintavételezési szakasz végéig, ezután ennek a képelemnek az információja tárolódik ugyanigy. A regisztrátumon a sor  $i$ -edik mintavételezése idején az  $i-1$ -edik mintavételezés eredménye jelenik meg. Ennek az volna a következménye, hogy az adatok kiírása  $\Delta x$  távolsággal eltér az érzékelés helyétől, tehát  $\Delta x$  soreltolódás keletkezik. A soreltolódás a szomszédos sorok között ennek a kétszerese lenne. Azért, hogy ez ne következzen be, a készüléket mechanikus kompenzáló rendszerrel láttuk el, ami  $\Delta x$  mértékében késlelteti az írószerkezet mozgását. Így a detektor  $i$ -edik pozíciójában az írószerkezet az  $i-1$ -edik helyzetben tartózkodik, tehát az adat éppen a helyére kerül.

Az említett  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta T$ ,  $v$  olyan mennyiség, amelyet a felvétel előtt, a vizsgálat tárgya alapján kell beállítani, úgy hogy a detektort a vizsgált terület legaktívabb pontja fölé visszük, és megmérjük a sugárzás intenzitását  $/N_{\max}/$ . Meghatározzuk, hogy a mérés folyamán hány beütést kívánunk összegyűjteni a szerv legaktívabb területe felett  $1 \text{ cm}^3$  felületről  $/ID_{\max}/$ . Meghatározzuk, milyen sűrűn akarunk mintát venni  $/\Delta x/$ , és milyen sortávolságot kívánunk  $/\Delta y/$ . A jelfeldolgozó aritmetikai része ezen mennyiségek ismeretében, a

$$v = \frac{N_{\max}}{ID_{\max} \Delta y}$$

összefüggés alapján beállítja a detektor mozgatási sebességét. Ugyanakkor beállít egy programozott osztót is, amely a mérés folyamán minden mintavételi adatot olyan mértékben alakít át, hogy az adattárolóba a melegpont felett mérve 100 kerüljön, a többi képpont felett pedig a képpont aktivitásának megfelelő normalizált érték. Így tehát minden képponthez egy szám tartozik, és ez arányos az illető képpont felett mérhető sugárzás intenzitásával. Ez a szám kivihető a perifériára, ugyanakkor tovább vihető a képkalkotó részbe, ahol kilenc színű írószerkezet alkotja meg a képet.

A térképezési paraméterek ilyen beállításával lehet az adott információsűrűséghez, végső soron tehát az adott képminőséghez legalkalmasabb sebességet beállítani.

Az információsűrűség fogalma eléggé ismert és elterjedt, a mozgódetektoros és az állódetektoros rendszernél egyaránt. A mozgódetektoros készülék csak a melegpont felett érzékeli a sugárzás intenzitását a normalizálás folyamán, így beállításakor az információsűrűség maximumát veszi figyelembe. Ezzel szemben az állódetektoros rendszernek lehetősége van, hogy az egész szerv felülete alapján állapítsa meg az átlagos információsűrűséget. Ez természetesen többet mond az egész felvétel minőségéről, mint az információsűrűség maximuma, mégis, úgy gondoljuk, és a gyakorlat is azt mutatja, hogy a maximum és a kép minősége között kapcsolat van, és ez a kapcsolat jól használható a felvételek beállításakor.

Az eddigiekből látszik, hogy a jelfeldolgozónak az a feladata, hogy minden egyes képponthoz számot rendeljen, amely arányos a képpont felett mérhető átlagos sugárzásintenzitással. Ez a szám a jelfeldolgozó kimenetén jelenik meg, hétbites bináris szó formájában. Ehhez járul egy bit, ami azt az információt hordozza, hogy a detektor jobbra, vagy balra halad a mérés folyamán. Az így kialakult nyolcbites szó  $\Delta T$  ideig áll rendelkezésre.

Az adat értéke a melegpont felett mérve 100, minimális értéke 0, maximális értéke 124 lehet.

A bináris szóval kifejezett adat szalaglyukasztóval kivehető a készülékből. Ugyanígy a lyukszalagon tárolt kép szalagolvasóval vissza is játszható.

Adat természetesen más olyan perifériális készülékkel is ki- és bevihető, amely alkalmas a párhuzamos adatszó fogadására, illetve visszaadására.

Az adatszó be- és kivitele a felvétel alatt egymástól függetlenül is történhet, így az adatok azonnal cserélhetők, alkalmazható az on-line üzemmód. Ez a mindennapi gyakorlatban, egésztestfelvételnél, megfelelő mozgó ágy segítségével kicsinyítésre ad módot.

Akár belülről, akár kívülről származnak a képpontokra vonatkozó adatok, a képpalkotó rész analóg áramköreivel módosítani lehet a szcintigram tulajdonságait. A következő lehetőségek vannak: háttérlevonás /az alsó szint vágása/ expanderes üzemben /a melegpont felett mért intenzitás 0-70%-át lehet levonni úgy, hogy a maradék az egész regisztrálási tartományt kihasználja/; a felső szint vágása a melegpont feletti intenzitás 50-124%-áig /a beállított szint felett a regisztrálás megszűnik/. Ez az áramkör kikapcsolható, ha nincs rá szükség.

A szinskála maximuma az adatskála 100-as értékénél van, de be lehet úgy állítani, hogy a 100-as értékhez a szinskála 80%-a tartozzék. Így kihasználható az egész adatskála, 0-tól 124-ig. Erre általában szükség is van, hiszen az

adatok statisztikus bizonytalansága a melegpont felett is elég nagy, főként ha háttérlevonást is alkalmazunk.

Más készülékhez hasonlóan itt is létre akartuk hozni a sugárzás által keltett beütés és a képet eredményező kalapácsleütés közti közvetlen kapcsolatot. Ezt a dottényező beállításával szokták megteremteni. A szcintikartnál könnyű kezelhetőségre törekedtünk, ezért a dottényező helyett a dotsűrűség fogalmát vezettük be. Ez szerintünk nagy előnnyel jár. A dottényező beállításánál ugyanis a beütésszámon kívül a mozgási sebességet is figyelembe kell venni a leütési sűrűség meghatározásához. A dotsűrűség azonban közvetlenül azt jelenti, hogy a melegpont felett haladva hány leütést végezzen a kopogó, 1 mm elmozdulás esetén. A gyakorlat szerint a 2,5 dot/mm beállítás jó képet eredményez. Ezt véve alapul, ötszörösére lehet növelni a dotsűrűséget, tehát el lehet érni, hogy a kopogó az adatskála 20%-ához tartozó intenzitásnál érje el a 2,5 dot/mm sűrűséget.

A dotsűrűséget 1 dot/mm-re lehet csökkenteni, ez viszont már a kiértékelhetőség határa.

Visszajátszáshoz /rescan/ nincs primér beütés, kopogásra viszont szükség van, ezért a kopogást minden esetben közvetetten vezéreljük.

A sebesség közvetlen beállítása esetén - mivel ezt használjuk visszajátszáskor - a kopogási frekvencia a sebességtől és az adat értékétől függ, és a mintavételezés ütemében változhat. Az információsűrűség szerinti beállításnál a kopogási frekvencia a beütésszámtól és a sebességtől függ, és független a mintavételezés ütemétől.

A számítógépes feldolgozás és az adatvisszajátszás megkönnyítésére a felvétel indításakor 12-szavas azonosító kerül a lyukszalagra, amelyből hat szó a beteg azonosítására szolgál, a többi a felvételi paramétereket rögzíti automatikusan.

Az MB-8200 Scinticart K kifejlesztésével olyan szcintigráfot hoztunk létre, amely automatizáltságánál fogva az eddiginél jobban szolgálja a rutin vizsgálatot. A szubjektív tényezők kiszűrésével egyöntetűbb felvételek készítésére alkalmas, amellet, hogy optimális sebességbeállítást tesz lehetővé.

A kiértékelést zavaró soreltolódás nem jelentkezik a képen, ezáltal bátrabban lehet alkalmazni nagyobb térképezési sebességet is.

A dotsűrűség beállításának és az alsó, felső szint vágásának lehetősége, az on-line üzemmód speciális vizsgálatok elvégzését segíti. Ahol pedig olyan igény jelentkezik, mint pl. a felvétel korrigálása a kollimátorok modulációs transzfer függvényének ismeretében, ott kihasználható a lehetőség az adatok kivitelére, feldolgozására és visszajátszására.

Mindezen lehetőségek birtokában, úgy gondoljuk, sokoldaluan használható és legalább annyira megbízható készüléket sikerül az orvosok kezébe adni, mint amilyen az MB-8100.

## HÍREK

A 2. Nemzetközi Farmakológiai Szimpoziумot Chicagóban, 1981 szeptember 9-11-én rendezik. Célja az, hogy fóruma legyen a biológiában és az orvostudományban használt radioaktív nyomjelzők biológiai viselkedésére vonatkozó információcserének. Meghívott és jelentkező előadók a következő területekről tartanak előadást: alapvető farmakológiai eljárások; a radioaktív nyomjelzők előállítására, alapvető tulajdonságai; nyomjelzéses biológiai vizsgálatok; a radioaktív nyomjelzők biológiai mozgása; kötő receptorok; a nyomjelzők lokalizálásának mechanizmusa és anyagcseréjük.

Rendező: Dr. Lelio G. Colombetti, Chairman - Pharmacology Department, Loyola University Stritch School of Medicine, Maywood, IL 60153, U.S.A.

\*\*

A Magyar Tudományos Akadémia Radiokémiai Bizottsága, Izotópalkalmazási, Izotóptechnika, Sugárhatáskémiai és Radioanalitikai Munkabizottsága, a Magyar Kémikusok Egyesülete Magkémiai Szakcsoportja, a Debreceni Akadémiai Bizottság Kémiai Szakbizottsága és a Magyar Kémikusok Egyesülete Debreceni Csoportja 1980 november 3-tól 5-ig a Kossuth Lajos Tudományegyetemen megrendezi a 2. Magkémiai Szimpoziумot. A tematika felöleli a magkémiát és alkalmazott magkémiát, a rendező bizottságok kutatási területének megfelelően.

A részvételi szándékot Dr. Mádi Istvánnak lehet bejelenteni /Kossuth Lajos Tudományegyetem Izotóplaboratóriuma, Debrecen, Pf. 8, 4010

\*

Új, kéthavonta megjelenő, 2-6 nyomtatott oldalas cikkek közlő folyóirat első száma jelent meg Londonban, 1980. március 1-én, Nuclear Medicine Communication címmel. Szerkesztője K.E. Britton /St. Bartholomew's Hospital, London/, P.J. Ell /Middlesex Hospital Medical School, London/ és R.F. Jewkes /Charing Cross Hospital, London/. A husz ország képviselőiből álló szerkesztőbizottságban a szocialista országokat Kocsár László, az orvostudományok doktora képviseli.

A közleményeket hét tudományterületről várják:

1. a nukleáris orvostudomány klinikai alkalmazása
2. radiofarmakológia és radiokémia
3. a nukleáris orvostudományban alkalmazott eljárások; határterületek
4. fizika a nukleáris orvostudományban
5. a nukleáris orvostudomány által alkalmazott műszerek, berendezések, számítási módszerek
7. *in vitro* izotópos módszerek klinikai alkalmazása.

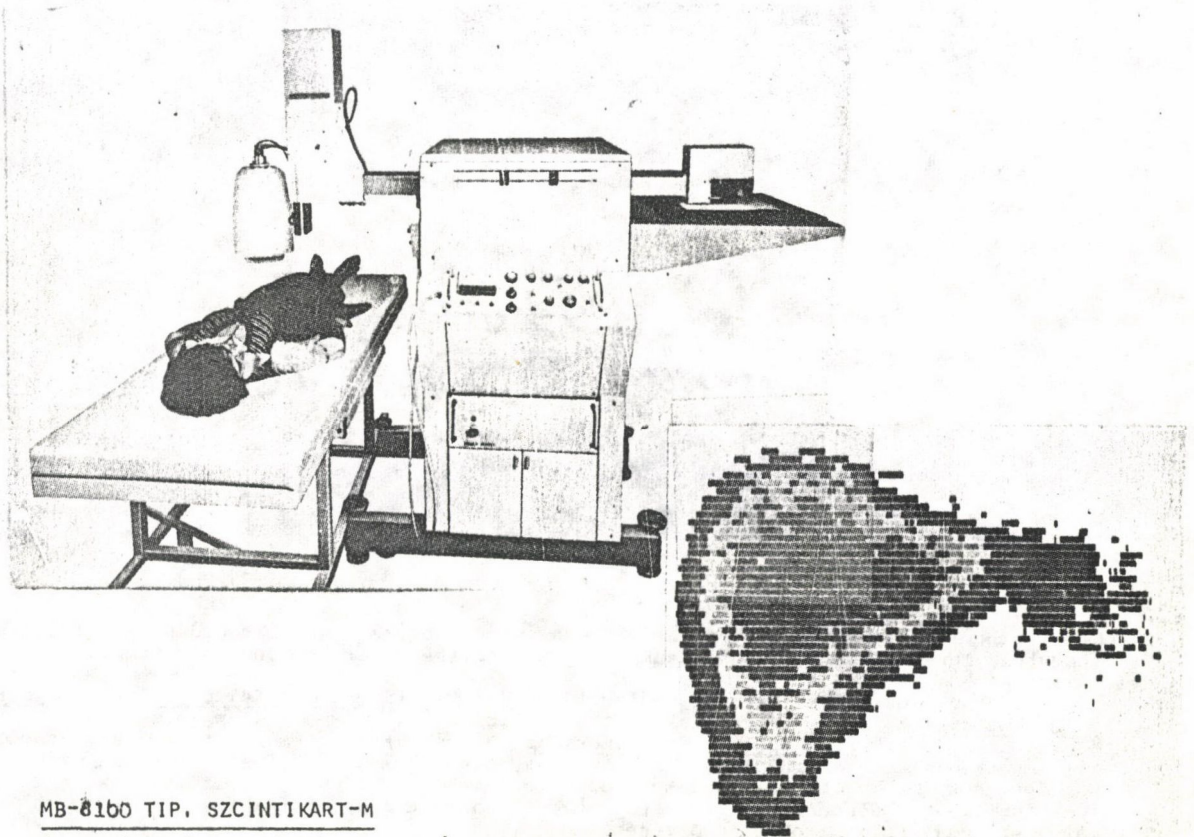
Rokonszenves, hogy már az első szám bevezetőjében a tudományos összejegyzéket illetően a véleménycsere mellett kötelezi el magát, szemben a semmitmondó, előre megfogalmazott közléssel. Ujszerű, hogy az egyik cikkhez a szerkesztőség megjegyzést fűzött, amelyben rámutat, hogy a pusztán tudományos érdekesség mellett mi a vizsgálat gyakorlati haszna.



BUDAPEST

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920

A GAMMA MŰVEK TÖBB MINT 20 ÉVE  
AZ ORVOSI IZOTÓPDIAGNOSZTIKA  
SZOLGÁLATÁBANI



MB-8160 TIP. SZCINTIKART-M

ÉS A KÉSZÜLÉKKEL KÉSZÍTETT M Á J S Z C I N T I G R A M

Az általános nukleáris orvosi laboratórium igényeinek megfelelő, modern felépítésű, lokalizációs diagnosztikai berendezés.

Analóg elven épül fel, kijelzése színes dot rendszerű. A regisztrátumot 9 színből építi fel, állandó vagy intenzitástól függő vonalsűrűséggel. Jó fókuszáló tulajdonságú kollimátorai és a beállítható kis sortávolság jó felbontású képet eredményez. Nagyméretű kristálya és nagy térképezési sebessége következtében kiterjedtebb szervek vizsgálatánál is eredményesen alkalmazható.

Egycsatornás amplitudóanalizátort tartalmaz. Széles tartományban állítható differenciáldiszkriminátora segítségével jó hatásfokkal dolgozza fel a kis és közepes energiájú izotópok jeleit. A gyakrabban használt izotópokra jellemző energiaszintek egyszerű átkapcsolással állíthatók be, de folyamatos szintállításra is van lehetőség.

Beépített, analóg működésű háttérlevonóval állandó háttérszintlevonást lehet végezni. Ratemétere tág határok között állítható, az egyes méréshatárokon belüli normalizálás pedig az optimális kontraszt beállítását segíti. Az intenzitás pillanatnyi értékét mutató mérőműszer jelzi a kezelő lapon és a homlokfalon, miáltal a beállítás a beteg mellett állva is ellenőrizhető. E célt szolgálja az akusztikus jelzés is.

A mérőfej kézi mozgatása és az anatómiai pont bejelölése /marker/ a távvezérlővel történik. A vizsgálatot nagymértékben megkönnyíti az NZ-320 típusú diagnosztikai ágy használata. Az ágy fekvő része a pácienssel együtt - a lábfelek felengedése után - kézzel minden irányban, könnyen elmozdítható, így a beteg vizsgálni kívánt része egyszerű módon a detektor alá hozható.

Gyártja és exportálja:

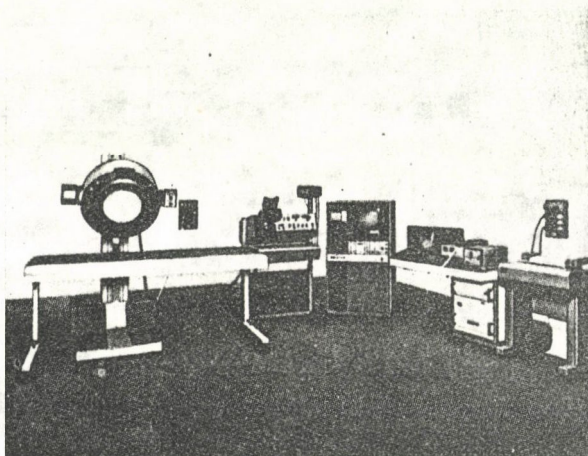
GAMMA MŰVEK, 1509, BUDAPEST, PF.1. TELEFON: 853-144 TELEX: 22-4946



BUDAPEST

A GAMMA MŰVEK TÖBB MINT 20 ÉVE  
AZ ORVOSI IZOTÓPDIAGNOSZTIKA  
SZOLGÁLATÁBAN

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920



A mai ember legnagyobb ellensége az érendszeri és daganatos megbetegedés. Korai felismerésűkhöz, így eredményes gyógyításukhoz nyújt segítséget az izotópdiagnosztika.

Legújabb berendezéseink, a saját fejlesztésű MB-9101 típusu adatfeldolgozó és megjelenítő berendezés és a hozzá csatlakoztatható, Picker Co. know-how alapján gyártott, MB-9100 típusu szcintillációs gamma-kamera együttes alkalmazása lehetővé teszi az élő szervezetbe juttatott radioaktív izotópok egyes szerveken belüli eloszlásának gyors feltérképezését, a kapott primér adatok feldolgozását és kijelzését. Lehetővé teszi a szervek funkcionális működésének megítélését, a szerveken belüli daganatok felderítését, különféle keringési folyamatok ellenőrzését.

Az MB-9100 típusu szcintillációs gamma-kamera primér képe csak vizuálisan és kvantitatíve értékelhető. A mérést viszont statisztikus hiba terheli. A kép csak bonyolult matematikai műveletekkel dolgozható fel, amelyekhez viszont kvantitatív mérési adatok is szükségesek. A kamera másik és talán még fontosabb felhasználási területe a gyors dinamikus felvételek értékelése. Ez már primér kép fényképezésével nehezen, vagy egyáltalán nem végezhető el, ezért az adatok begyűjtéséhez számítógépet kell alkalmazni, megfelelő háttértárolóval. Így a számítógéppel az adatgyűjtésen kívül a felvételek feldolgozása is elvégezhető. Ezt a célt szolgálja az MB-9101 típusu adatfeldolgozó és megjelenítő berendezés.

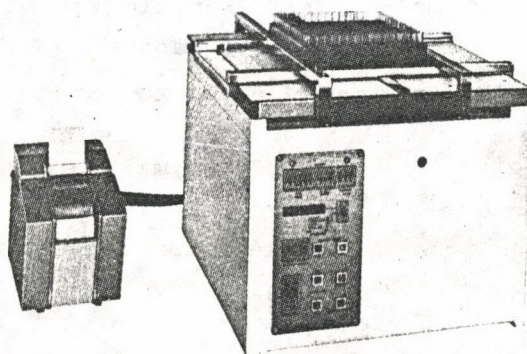
Cím: GAMMA MŰVEK, 1509, BUDAPEST, PF.1. TELEFON: 853-144      TELEX: 22-4946



BUDAPEST

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920

A GAMMA MŰVEK TÖBB MINT 20 ÉVE  
AZ ORVOSI IZOTÓPDIAGNOSZTIKA  
SZOLGÁLATÁBAN!



A radioizotópos vizsgálati módszerek újabb irányzata a radioimmunoassay. E módszer azzal az előnnyel is jár, hogy a vizsgálandó személy nincs kitéve sugárterhelésnek. Ehhez a vizsgálati módszerhez fejlesztette ki a Gamma Művek az NZ-322 AUTOMATIKUS MINTAVÁLTÓT,

A mintákat minden emberi beavatkozás nélkül sorbaveszi, megméri radioaktivitásukat, és az eredményt a hozzákapcsolt sornyomatatóval kinyomtatja. Ez az eszköz lehetővé teszi, hogy a módszer kikerüljön a radioaktivitás mérésével foglalkozó laboratóriumok viszonylag szűk köréből, mivel olyan kis aktivitást lehet vele mérni, amely normál orvosi laboratóriumban, minden különleges védőberendezés nélkül használható. A berendezés 256 jód-125-tel jelzett minta befogadására alkalmas, és asztali kivitelben készül.

Gyártja és exportálja:

GAMMA MŰVEK, 1509 BUDAPEST, PF.1. TELEFON: 853-144 TELEX: 22-4946

NEM GENERÁTOR!

JELENLEG MÉG CSAK BUDAPESTEN!

NÁTRIUM-PERTECHNETÁT ( $^{99}\text{Tc}^m$ ) INJEKCIÓ

Tc-RA-1 és Tc-RA-2

A készítmény leírása: Szintelen, tiszta, steril, pirogénmentes, izotóniás oldat. pH: 5-7  
NaCl-tartalma: 7-10 mg/ml

Fajlagos aktivitása: Hordozómentes

Radioaktiv koncentráció: RA-1 74 - 370 MBq/cm<sup>3</sup>  
RA-2 740 - 3700 MBq/cm<sup>3</sup>

Radioizotópos tisztaság: 99,99%; /max. 0,01%  $^{99}\text{Mo}$ -szennyeződés/  
Radiokémiai tisztaság: Parenterálisan adható

A készítmény steril, 0,9%-os NaCl oldattal hígítható.

\* \* \*

A készítmény ára: Alapár: 100,-R +  $\begin{cases} \text{RA-1} & 10 \text{ R}/37 \text{ MBq} \\ \text{RA-2} & 12 \text{ R}/37 \text{ MBq} \end{cases}$

Szállítás: Havonta 15-20 alkalommal, negyedéves szállítási ütemezés szerint.

Rendelés: A szállítás kivánt időpontja előtt legalább hét nappal.

## SZÁLLÍTÁSI PROGRAM

	Május				Június				Július			
Hétfő	12	19	26		9	16	23	30				
Kedd	13	20	27		10	17	24				1	
Szerda	14	21	28		11	18	25				2	
Csütörtök	8	15	22	29	5	12	19	26			3	
Péntek	2	9	16	23	30	6	13	20	27		4	

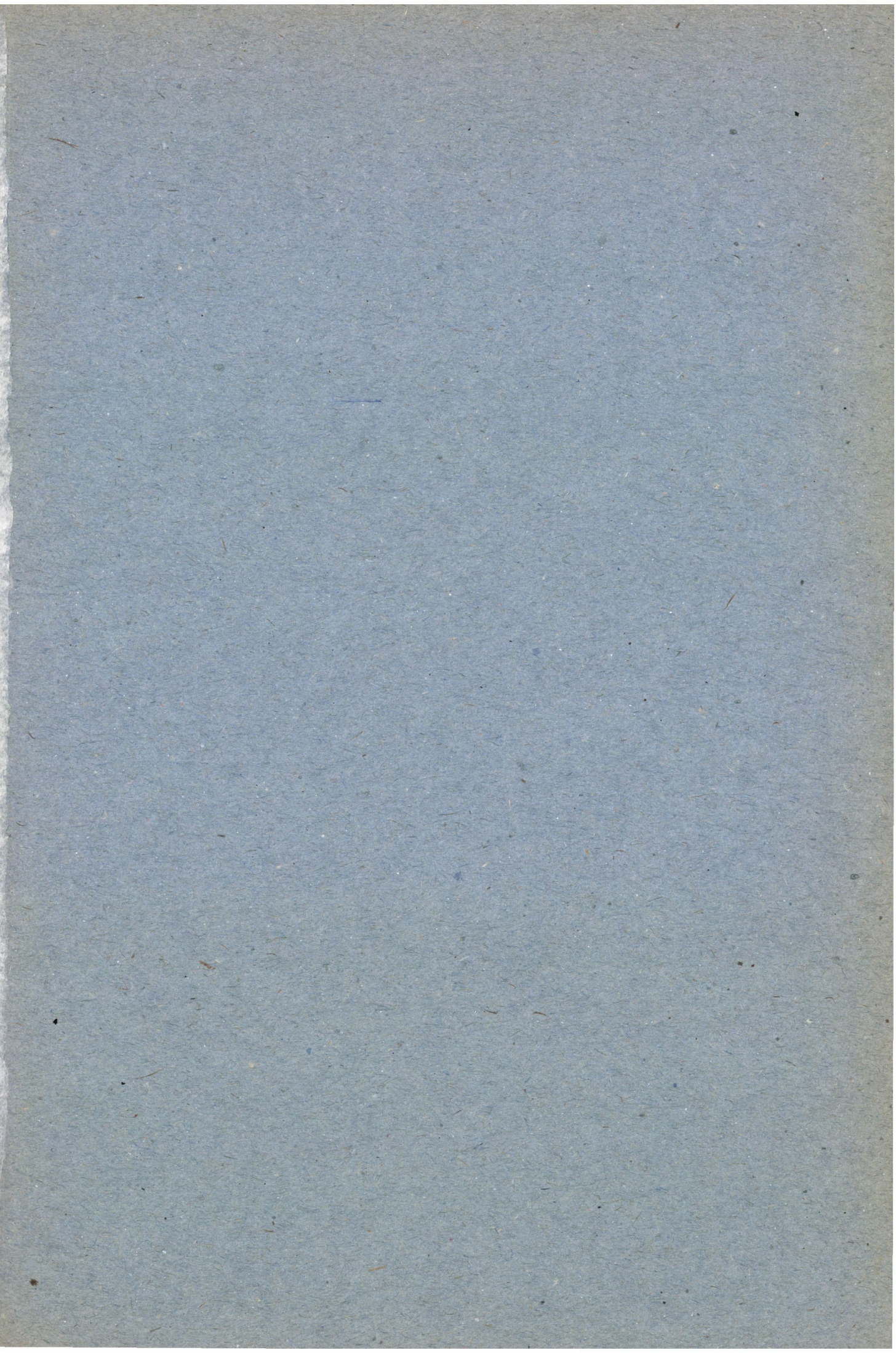
Első szállítási nap a III. negyedévben szeptember 11.

Cimünk: MTA Izotóp Intézete, Izotópforgalmi Osztály, 1525 Budapest, Pf. 77

Telefon: 166-485

Telex: 22-5360







✓ : 309 024

IV.

HU ISSN 0004-7201

# IZOTÓPTECHNIKA

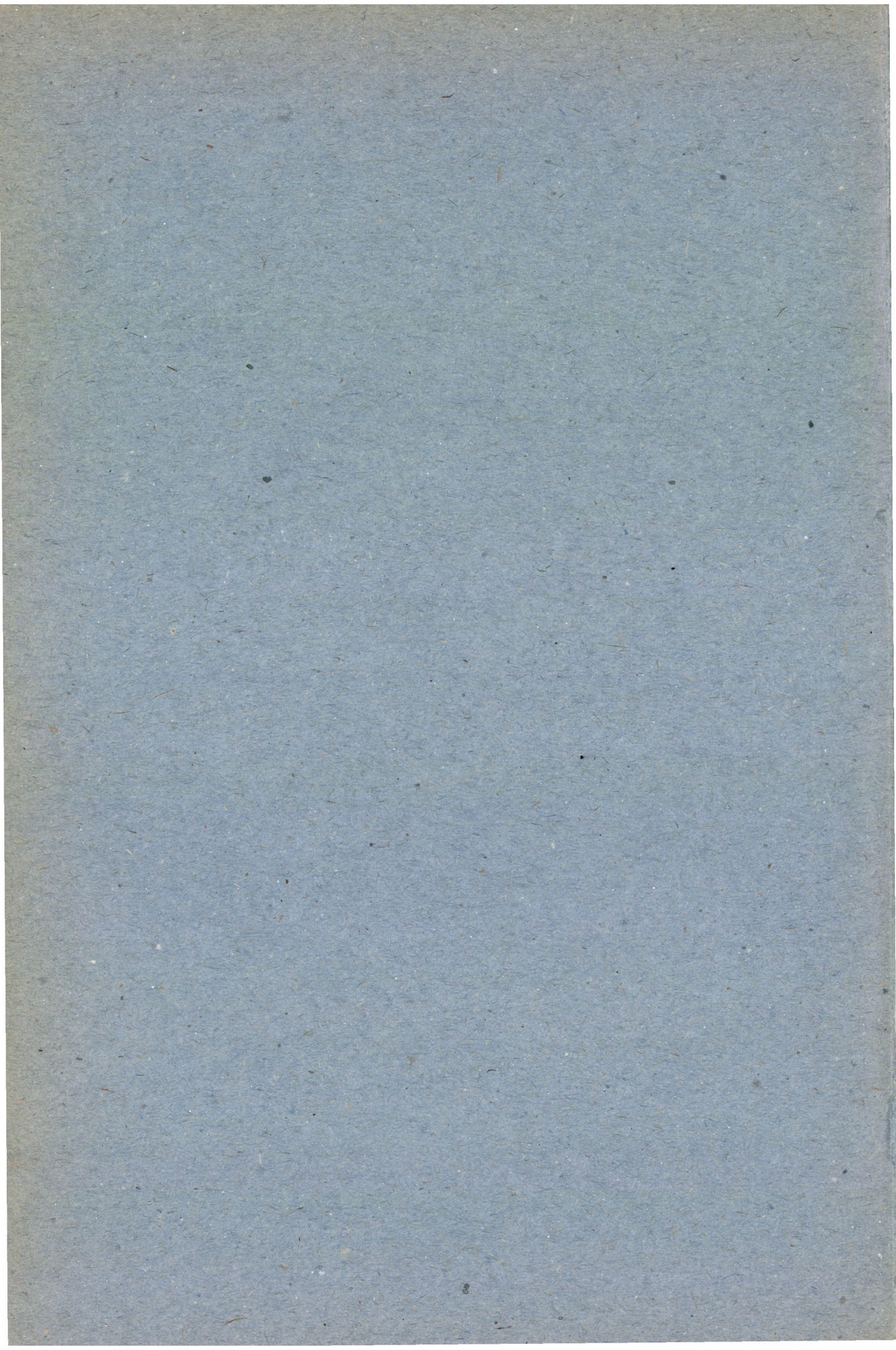
23. ÉVFOLYAM 2. SZÁM (1980)

---

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

---





# IZOTÓPTECHNIKA

23. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

BUDAPEST 1980. MÁRCIUS-ÁPRILIS

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA

Szerkeszti, és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóp Intézete  
Szerkesztőbizottság:

Bába Miklós  
Fehér László  
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/  
Gróz Péter  
Illy József /titkár/  
Kocsár László, az orvostudományok doktora  
Lengyel Tamás, a kémiai tudományok doktora  
Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa  
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa  
Sirokmán Ferenc, a kémiai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség címe: MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf. 77, 1525  
Telefon: 166-547/154

Számunk írói:

Kutas Vera; M. Mohari Katalin; Kocsár László, az orvostudományok  
doktora

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregész-  
ségügyi Kutatóintézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Hudecz Ferenc; Szekerke Mária, a kémiai tudományok kandidátusa  
MTA Peptidkémiai Tanszéki Kutatócsoportja, Budapest, Puskin u. 9,  
1088

Dabasi Gabriella; Hernády Tibor  
Simmelweis Orvostudományi Egyetem Radiológiai Intézete, Budapest,  
Pf. 217, 1444

Szabó S. András  
Megyei Élelmiszerellenőrző és Vegyvizsgáló Intézet, Győr, Kiss J.  
u. 3, 9022

Tóth József; Prókai László  
Veszprémi Vegyipari Egyetem, Radiokémia Tanszék, Veszprém, Pf. 28,  
8201

Sümeghy Zoltán; Stadler István; Kovács Gábor  
Chinoin Gyógyszer- és Vegyészeti Termékek Gyára, Budapest, Pf. 110,  
1325

Tanács Béla  
MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Gallyas Miklós; Hilger Miklós, Juhász István  
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest, Pf. 112,  
1300

Billing Ádám  
Gamma Művek, Budapest, Pf. 1, 1509

Felelős kiadó: Veres Árpád, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója  
Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének házi sokszorosítójában  
F.v.: Nagy Károly  
Engedélyszám: III/SZI/299/1976

Indexszám: 25.399  
Törzsszám: KFKI-1980-253

1980. 2. szám

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalban, a kézbesítőnél,  
a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlapirodájánál /KHI, Budapest  
V. József nádor tér 1, távbeszélő: 180-850, postacím: A Posta Központi Hírlap-  
irodája, Budapest, 1900/ a 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámlára

Megjelenik évente hatszor  
Évi előfizetési díja: 240,- R  
Példányszám: 300

Egyes szám ára: 40,- R  
Kettős szám ára: 80,- R

## TARTALOM

Radioaktiv izotópokkal jelzett polipeptidek biológiai vizsgálata ....	63
Kutas V., M. Mohari K., Hudecz F., Szekerke M., Dabasi G., Hernády T., Kocsár L.	
Биологическое изучение полипептидов, меченных радиоактивными изотопами	
Biological Study of Polypeptides, Labelled with Radioactive Isotopes	
A $^{137}\text{Cs}$ és $^{90}\text{Sr}$ biológiai felezési idejének számítása a kálium és kalciumanyagcsere alapján .....	77
Szabó S.A.	
Метод расчета периода полувыведения радиоизотопов $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$ на основе метаболизма калия и кальция	
Calculation of the Biological Half-Life of $^{137}\text{Cs}$ and $^{90}\text{Sr}$ on the Base of Potassium and Calcium Metabolism	
Emissziós szinképelemzésben használatos szénelektrodok vizsgálata izotópos nyomjelzéssel .....	84
Tóth J., Prókai L.	
Изучение угольных электродов, использованных в эмиссионной спектроскопии методом меченых атомов	
A Study of Carbon Electrodes Used in Emission Spectrography	
A prosztaglandin bioszintézise változásának követése radio-vékony- rétegekromatográfiás módszerrel, in vivo rendszerben .....	90
Sümeghy Z., Stadler I., Kovács G., Tanács B.	
Следование изменения биосинтеза простагландинов методом тонкослойной радиохроматографии в системе in vitro	
Following the Change in the Biosynthesis of Prostaglandins by Thin Layer Radiochromatography in in vitro Systems	
Tartózkodási idő meghatározása radioizotópos módszerrel körfolya- matos cementgyári őrlőberendezésben .....	97
Gallyas M., Hilger M., Juhász I.	
Определение времени пребывания в помольной установке цемента методом меченых атомов	
The Determination of Residence Time by Radiotracer Method in Cement Raw Mills	
Mikroprocesszoros adatfeldolgozó gamma-kamerához .....	110
Billing Á.	
Машина на микропроцессорах для обработки данных из гамма-камеры	
Microprocessor Based Data Processing Unit for Gamma Chamber	
Az 1980. évi atomtörvény .....	113
Закон об атомной энергии, 1980 г.	
The 1980 Atomic Energy Act	



## RADIOAKTIV IZOTÓPOKKAL JELZETT POLIPEPTIDEK BIOLÓGIAI VIZSGÁLATA

Kutas V.\*, M. Mohari K.\*, Hudecz F.\*\*\*, Szekerke M.\*\*\*, Dabasi G.\*\*\*, Hernády T.\*\*\*, Kocsár L.\*

\* Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

\*\* MTA Peptidkémiai Tanszéki Kutató Csoport, Budapest

\*\*\* Semmelweis Orvostudományi Egyetem Radiológiai Intézete, Budapest

/Érkezett 1979. december 12-én/

Hét, különféle molekulásúly polipeptidet jeleztünk  $^{125}\text{I}$ -tel s mértük patkány szerveiben való eloszlásukat i.v. beadás után négy órán át többször. A Gordox nevű természetes polipeptidhez viszonyítva némelyik polipeptid nem mutatott kiemelkedő akkumulációt ebben az időszakban, míg mások főképp a májba és a tüdőbe dúsultak.

Биологическое изучение полипептидов, меченных радиоактивными изотопами  
Кутас, В., М. Мохари, К., Худец, Ф., Секерке, М., Дабаси, Г., Хернади, Т.,  
Кочар, Л.

Семь полипептидов разных молекулярных весов были мечены  $^{125}\text{I}$ , затем их накопление в органах крысы было определено несколько раз в первые четыре часа после внутривенной сдачи. По сравнению с естественным полипептидом Гордокс, некоторые полипептиды не показали выступающего накопления, в то время как другие накапливались преимущественно в печени и легких.

Biological Study of Polypeptides, Labelled with Radioactive Isotopes  
Kutas, V., M. Mohari, K., Hudecz, F., Szekerke, M., Dabasi, G., Hernády, T.,  
Kocsár, L.

Seven polypeptides with various molecular weight were labelled with  $^{125}\text{I}$  and their accumulation in rat organs was measured several times in the first four hours after i.v. administration. When compared to the natural polypeptide Gordox, some of the polypeptides did not show a high accumulation in the period studied while others accumulated eminently in the liver and the lungs.

Néhány évvel ezelőtt kezdtünk foglalkozni egy nagy biológiai aktivitású /tripszin-kallikrein inhibitor/ természetes polipeptiddel, a Gordox-szal, mely a Kőbányai Gyógyszerárugyár terméke. Nemcsak akut hasnyálmirigy-gyulladás, hanem mozgásszervi megbetegedés, illetve szivinfarktuszos betegek akut időszakban való kezelésére is sikeresen alkalmazták<sup>1,2</sup>. A Gordox 58 aminosavból áll, molekulásúlya kb. 6500, aminosavsorrendje is ismert. Jódizotóppal, illetve  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -mal jelezve, i.v. beadás után 30-60 perccel a vesében dúsul<sup>3,4</sup>, ennek alapján statikus veseszcintigráfiára alkalmas radiofarmakonnak javasoltuk.

A vesében való feldúsulás és a kémiai szerkezet, illetve a molekulásúly összefüggésének tisztázására szisztematikus vizsgálatokat kezdtünk ismertetni.

/473,5 - 227 000/ molekulasulyu és szerkezetü szintetikus polipeptidek felhasználásával.  $^{125}\text{I}$ -tel való jelzésük után tanulmányoztuk eloszlásukat patkány szervezetében, az i.v. beadás utáni különböző időpontokban.

## ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

### JELZETT POLIPEPTIDEK ELŐÁLLÍTÁSA

A jelzésre a iodo-gen /1, 3, 4, 6-tetrakloro-3 $\alpha$ -difenyl-glikoluril/ oxidáló ágens alkalmazásával történő kiméletes, gyors jelzési módszert alkalmaztuk<sup>5</sup>. Ennek lényege, hogy a iodo-gen  $^{125}\text{I}$ -Na, illetve  $^{131}\text{I}$ -Na oldatából elemi jódot szabadít fel, amely reakcióba lépve a polipeptiddel, stabil vegyületet képez. E jelzési módszer jelentősége az, hogy

- a jelzés a polipeptid fizikai és biológiai tulajdonságát nem változtatja meg;
- a reakció leállításához nincs szükség redukálószerre;
- a iodo-gen vizes fázisban nem oldódik, tehát a reakció leállításakor az oldat csak a jelzett vegyületet és a nem kötött, szabad jódot tartalmazza, így a tisztítása lényegesen egyszerűbb, mint pl. Chloramin-T-s jelzés esetén.

### 1. táblázat

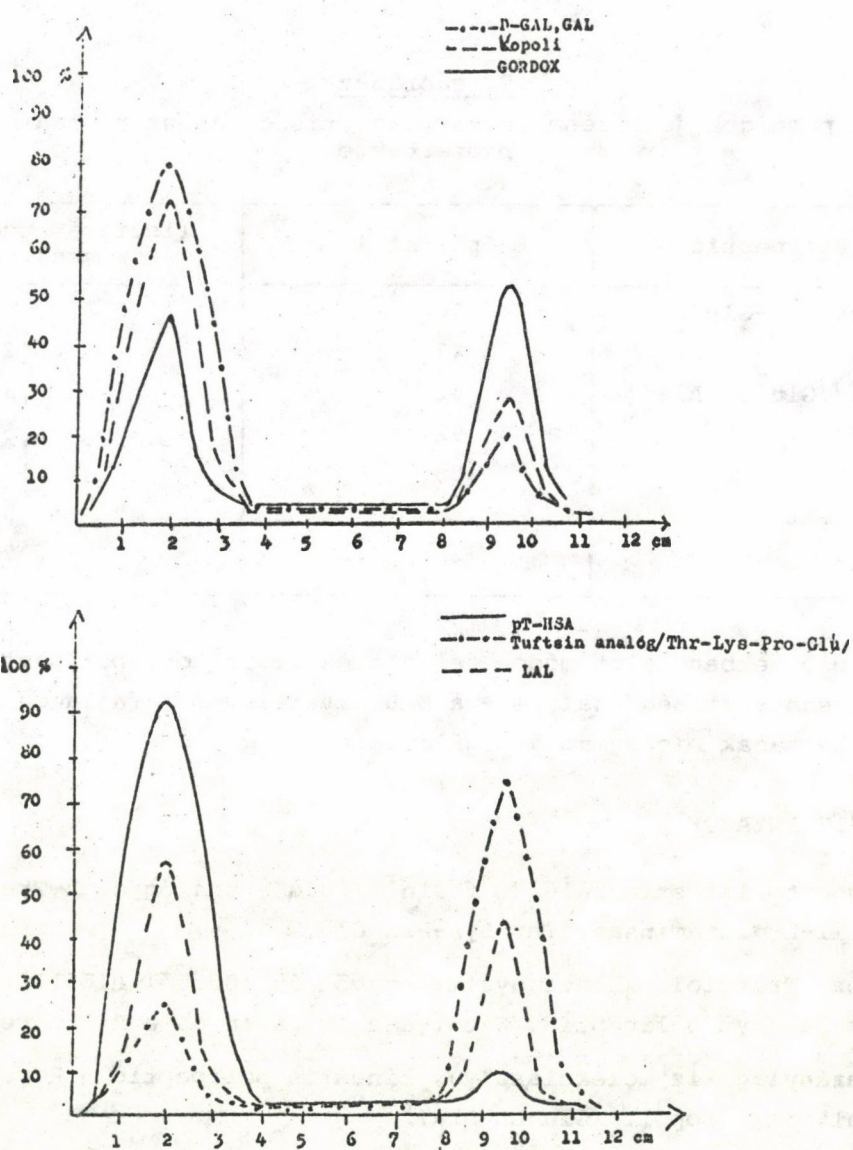
A vizsgált polipeptidek

					Molekulasuly
Thr - Lys - Pro - Glu					473,5
Gordox					~ 5 800
Kopoli /Glu <sub>n</sub> DL Ala <sub>m</sub> / n/m = 1,04					~10 000
pTyr - HSA					
Tyr <sub>pTyr-HSA</sub> /Tyr <sub>HSA</sub> = 3,3					~70 000
$\left. \begin{array}{l} \text{lys} \\ \\ \\ \text{DL Ala}_m \\ \\ \text{X}_i \end{array} \right\} n$ n = 200		X	m	i	
	TAL	Tyr	3,4	0,5	~ 98 100
	D-GAL	Glu	3,8	3,23	~156 400
	GAL	Glu	3,5	5,8	~220 000
	LAL	Lys	3,1	3,4	~227 000

Az alábbiakban ismertetjük az általunk alkalmazott módszert. 10  $\mu\text{g}$  iodo-gen kloroformos oldatából a iodo-gen szilárd fázisban a jelzőcső falára tapad. Az így preparált reakcióterbe mértük a 10  $\mu\text{g}$  polipeptid vizes oldatát és 37 MBq /1 mCi/  $^{125}\text{I}$  vagy  $^{131}\text{I}$  izotópot. 1-5 perc letelte után Pasteur-pipettával a reakcióelegyet leszivtuk a iodo-genről.

A jelzés hatásfokát vékonyréteg-kromatográfiával ellenőriztük, Kieselgel 60  $\text{F}_{254}$  rétegen acetone oldószerrel. A jelzett vegyület a startponton marad /Rf:0/, a szabadjódizotóp Rf:1-gyel elmozdul, melyet az 1. ábrán ábrázoltunk.

1. ábra



1. ábra

A jelzett polipeptidok radiokémiai vizsgálata vékonyréteg-kromatográfiával

Tekintettel arra, hogy a jelzett polipeptideket in vivo kísérlethez állítottuk elő, az oldatban a jelzés után még jelenlévő szabadjódizotóp mennyiségét csökkentenünk kellett. A tisztítást a Gordox, Kopoli /Glu-DL Ala/ és Thr-Lys-Pro-Glu összetételű tetrapeptid esetében Sephadex oszlopon, míg a TAL, D-Gal, GAL, LAL és pTyr-HSA esetében hidrogénnel aktivált palládiummal végeztük<sup>6</sup>.

E módszer lényege a következő: a jelzett vegyületekhez 10 µl finom eloszlású hidrogénnel aktivált palládiumot adtunk, majd alapos elkeverés után az oldatot G 4-es üvegszűrőn megszürtük. A jelzett és tisztított polipeptidek radiokémiai tisztaságát vékonyréteg-kromatográfiával vizsgáltuk, melynek eredményét a 2. táblázatban foglaltuk össze.

### 2. táblázat

A polipeptidek jelzésének hatásfoka, tisztítás utáni radiokémiai szennyezettsége

Polipeptid	Beépülési %	Tisztítás utáni radioaktív szennyezettség %
Thr-Lys-Pro-Glu	56	7,1
Gordox	47	2,0
Kopoli /Glu-DL Ala/	72	9,0
pTyr-HSA	92	5,6
TAL	50	13,0
D-GAL, GAL	80	5,0
LAL	25	9,5

Az előzőekben leírt módon jelzett és tisztított polipeptidek, kis radiokémiai szennyezettségüknel és - a LAL kivételével - fajlagos aktivitásuknál fogva, alkalmasak biológiai vizsgálatokra.

#### A VIZSGÁLT ANYAGOK

1. A fagocitózist stimuláló "tuftsin" [Glu<sup>4</sup>]-analógja: L-Treonil-L-lizil-L-prolil-L-glutaminsav: Thr-Lys-Pro-Glu<sup>7</sup>
2. Gordox, Trasyrol. Állati nyálmirigyből és tüdőből előállított, kb. 10 000 molekulasúlyú polipeptid. Gátolja a tripszin és a kallikrein enzimeket.<sup>8</sup>
3. Egy aránylag kis molekulasúlyú, lineáris polipeptid, a Kopoli/L-glutamil-DL-alanin/; Kopoli /Glu-DL-Ala/<sup>9</sup>
4. Poli-L-tirozin oldalláncokkal tirozinban dusított humán szérumalbumin, pTyr-HSA. A HSA eredeti tirozintartalma 3,5-szorosára dusult<sup>10</sup>.

Négy poli-lizin gerincű, elágazó láncu polipeptid, amelyekben a poli-lizin  $\epsilon$ -amino csoportjaihoz N-karboxi-anhidrid segítségével kialakított poli-DL-alanin oldalláncok kapcsolódnak.

5. A láncvégeken tirozin monomereket tartalmazó polimer: a multi/L-tirozil-poli-DL-alanil/-poli-L-lizin: 'TAL'<sup>7</sup>, melyet a megfelelő védett aminosav azidós kapcsolásával alakítottunk ki.
6. A láncvégeken N-karboxi-anhidrides kapcsolással kialakított oligomer egy-ségeket tartalmazó multi/poli-D-glutamil-poli-DL-alanil/-poli-L-lizin: D-GAL<sup>7</sup>.
7. A fenti módszerrel előállított, de L-glutaminsav-részeket tartalmazó variáns, a multi/poli-L-glutamil-poli-DL-alanil/-poli-L-lizin; GAL<sup>11</sup>.
8. Az előbbi módon előállított L-lizin oligo-peptideket tartalmazó polimer, a multi/poli-L-lizil-poli-DL-alanil/-poli-L-lizin HBr; LAL<sup>7</sup>.

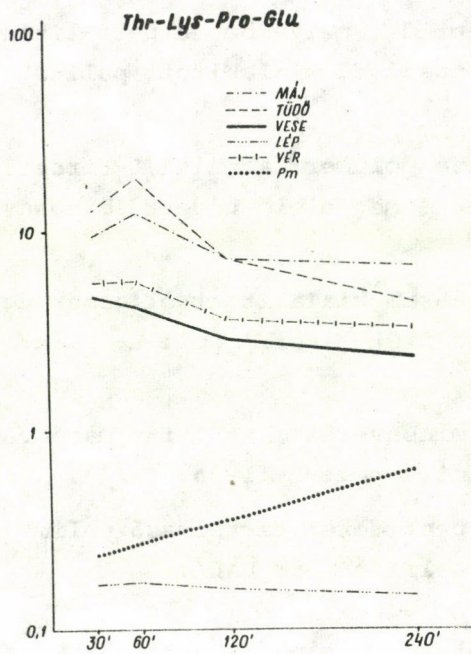
A polimerek molekulaszúlyának Pharmacia TLG készüléken történő meghatározásához Sephadex G-150 Superfine gélt, 0,5 M NaCl oldatot és ribonukleáz, ovalbumin, bovin szérumalbumin /Sigma/, gamma-globulin /Bovine, Calbiochem/ standardot használtunk. A molekulaszúlyt párhuzamos kísérletben szedimentációs módszerrel is ellenőriztük. A polimerek végcsoportellenőrzését danzilezéssel végeztük<sup>17</sup>.

## EREDMÉNYEK

A jelzett polipeptideket /RA X LE/F<sub>1</sub> hibrid him patkányoknak adtuk be intravénásan. Az állatok súlya 180 - 220 g volt. Az i.v. injekció után különböző időpontokban a patkányok különböző szerveiben vizsgáltuk a radioaktivitás dusulását. A mérést üreges mérőhellyel ellátott, Gamma NK-350 típusu számlálóval végeztük. Egy-egy állatnak kb. 555 - 925 kBq /15-25  $\mu$ Ci/ radioaktivitásmennyiséget adtunk be, 0,3 - 0,3 ml össztérfogatban. A beadás után különböző időpontokban - általában 30, 60, 120 és 240 perc múlva - az állatokat leöltük, szerveiket eltávolítottuk, és mértük radioaktivitásukat, melyet a görbéken a beadott aktivitás százalékában tüntettünk fel. Azokban az esetekben mértük a pajzsmirigyet is, amikor még nem kaptunk mérési eredményt a jódkötés stabilitásáról.

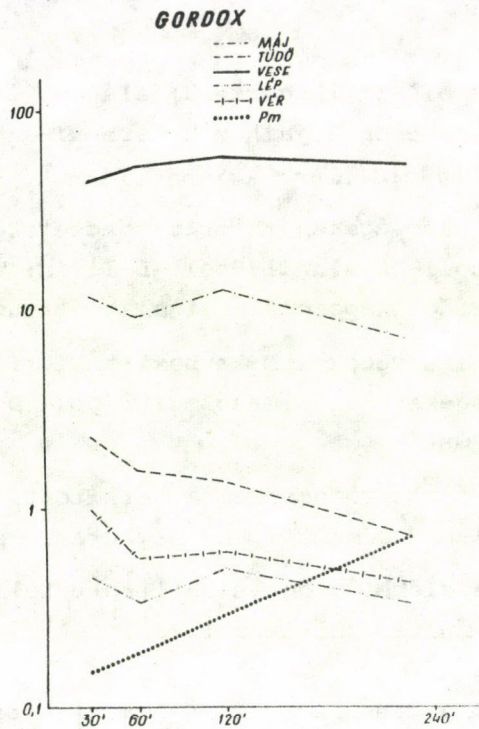
A Tuftsin analóg esetében a tüdőben és a májban halmozódott fel a legtöbb aktivitás, de ez nem különbözik jelentősen a többi vizsgált szervtől. A lépben alig volt bedusulás.

A Gordox esetében a radioaktivitás 50-60%-a már félórával beadás után a vesében halmozódik fel, 10% körüli értéket találtunk a májban.



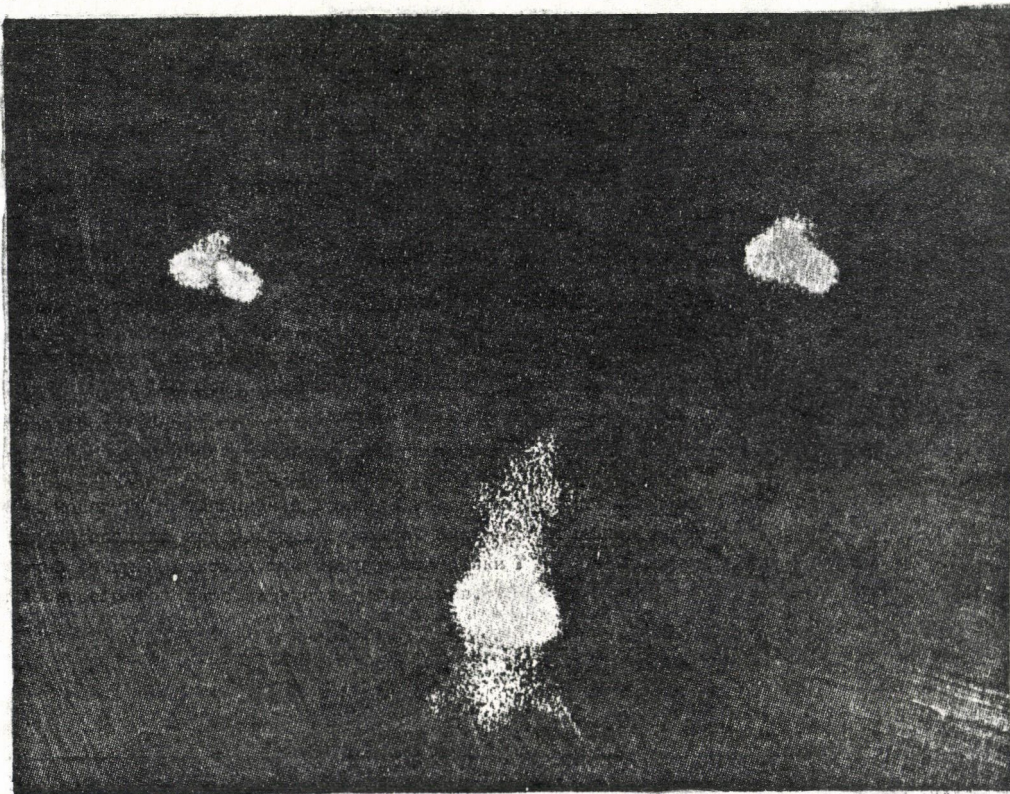
2. ábra

A Thr-Lys-Pro-Glu halmozódási görbéje,  
a szerv 1 grammjára számítva



3. ábra

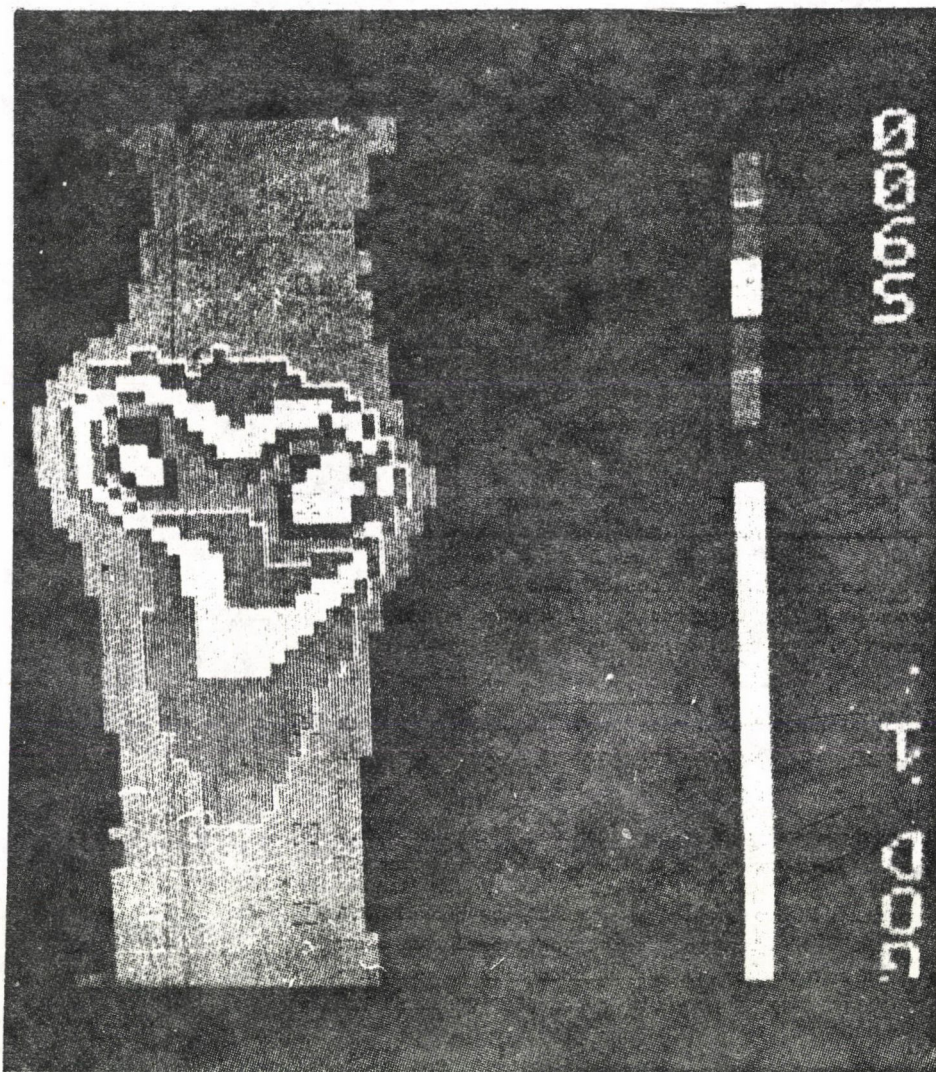
A Gordox halmozódási görbéje



4. ábra

A Gordox halmozódásának szcintifoto-felvétele

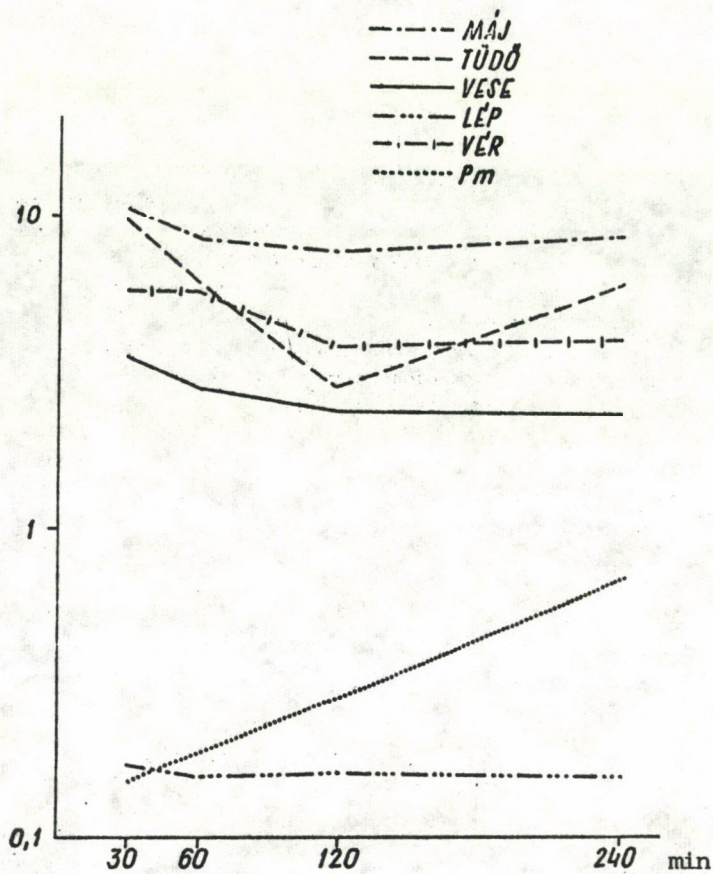
A májba való dusulás azonban nem zavarta az Anger-kamerás felvételt, mint azt a 4. és 5. ábrán láthatjuk. A 4. ábrán a Nuclear Chicago PHO/Gamma III HP kamerával készült szcintifotót mutatjuk be, míg az 5. ábrán a Gamma MB 9100 számítógéppel feldolgozott digitális képet.



5. ábra

A Gordox patkányban való halmozódásának számítógéppel feldolgozott digitális képe

A Kopoli /Glu<sub>n</sub>DLAla<sub>m</sub>/ esetében egyik szerv sem halmozott kiemelkedően sok radioaktivitást.



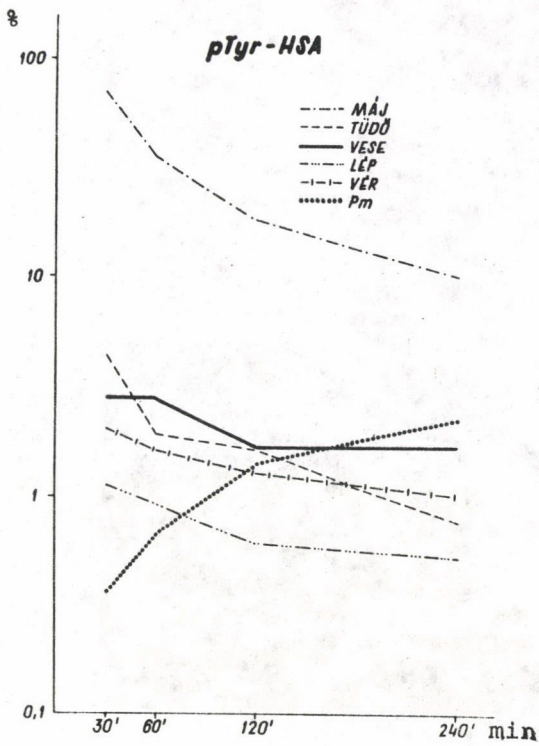
6. ábra

A Kopoli /Glu<sub>n</sub>DLAla<sub>m</sub>/ halmozódási görbéje

A pTyr-HSA radioaktivitás igen nagy a májban, ez azonban eléggé meredeken csökken: négy órával a beadás után a kezdeti értékről /80-90%/ kb. 10%-ra.

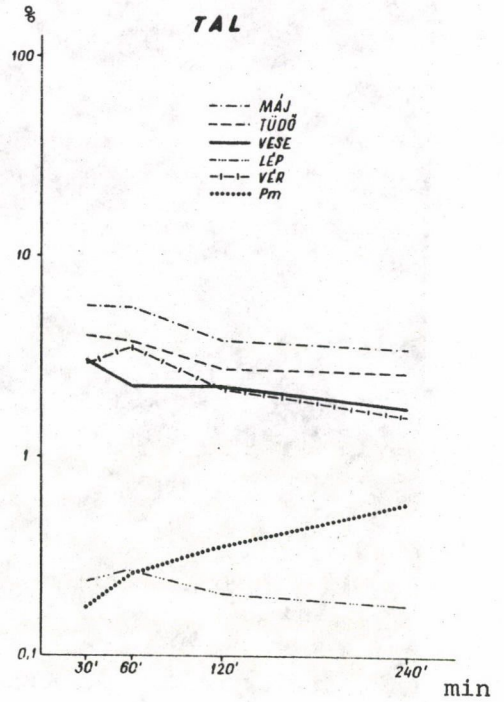
A TAL a vizsgált szervekben közel azonosan oszlott meg, szintje igen alacsony maradt a lépben e periódusban.

A D-GAL igen nehezen és bizonytalanul oldódott. Ennek tulajdonítjuk, hogy biológiai eloszlása is meglehetősen szeszélyes időbeli lefutást mutat, bár a korai szakban a májban talált nagy érték, melyet szinte tükröz a tüdőben közel azonos időpontban talált kis érték, arra utal, hogy nem az oldódás elégtelenségét mértük.



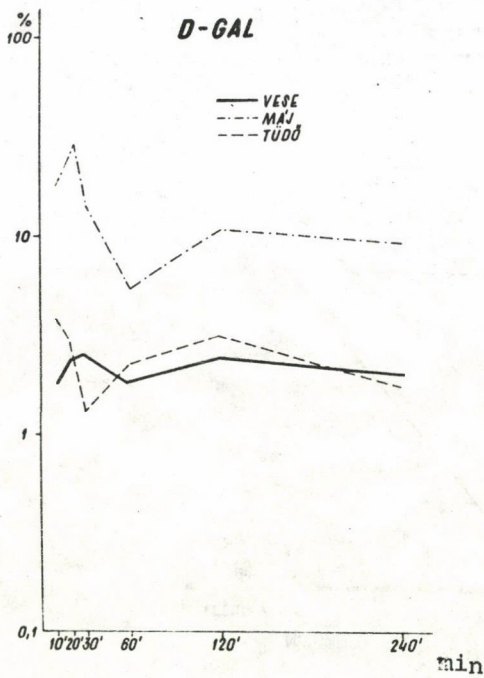
7. ábra

A pTyr-HSA halmozódási görbéje



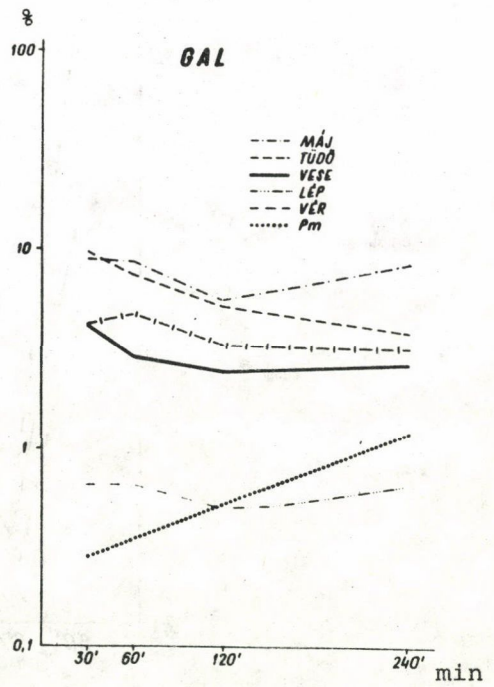
8. ábra

A TAL halmozódási görbéje



9. ábra

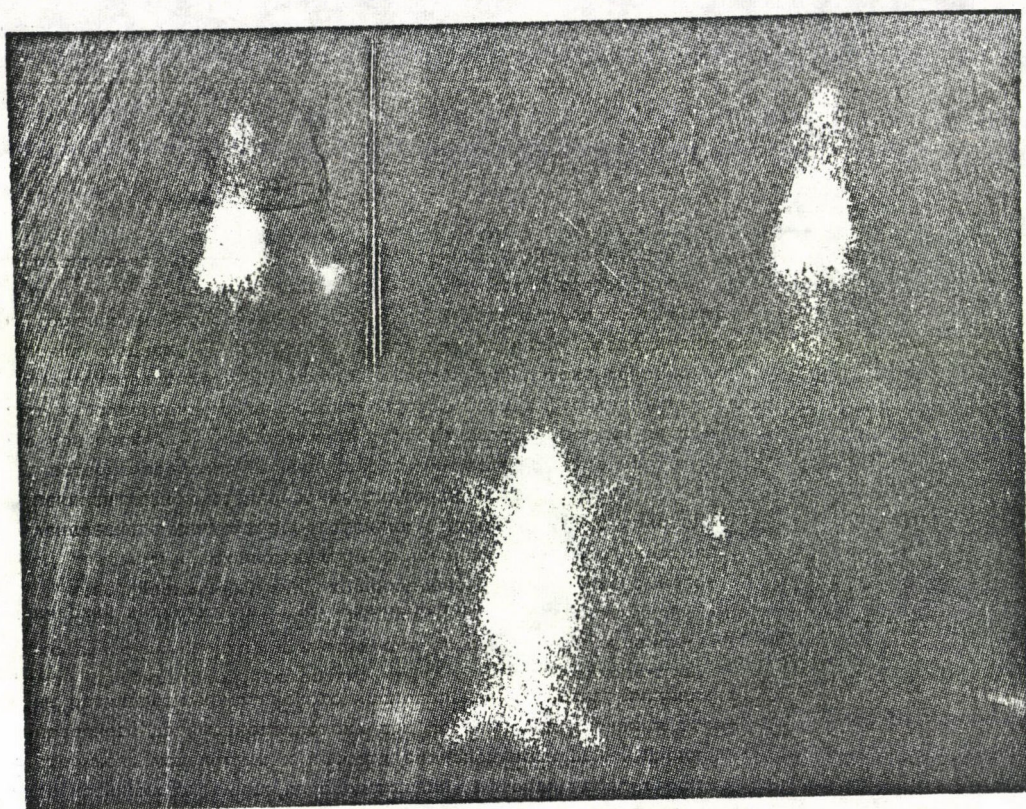
A D-GAL halmozódási görbéje



10. ábra

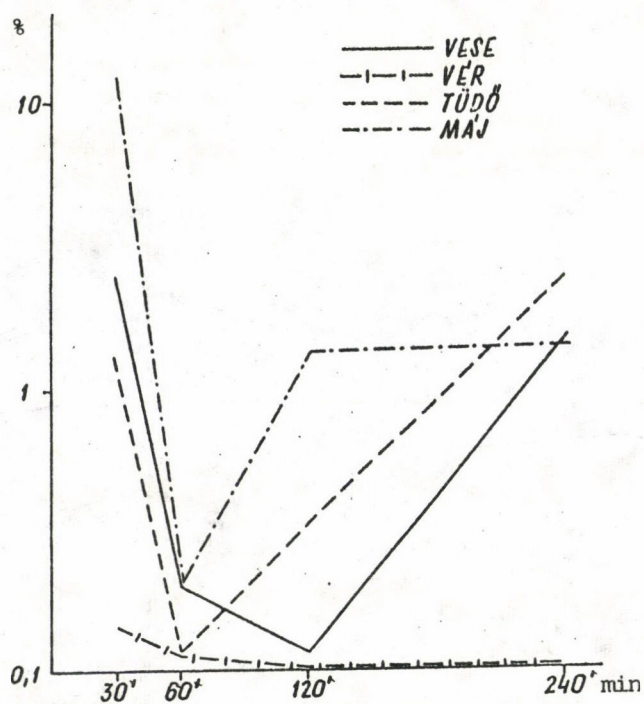
A GAL halmozódási görbéje

A GAL leginkább a májban és tüdőben halmozódott. Ezt igazolja mind a halmozódási görbéje, mind a szcintifotó.



11. ábra

A GAL halmozódásának szcintifotója

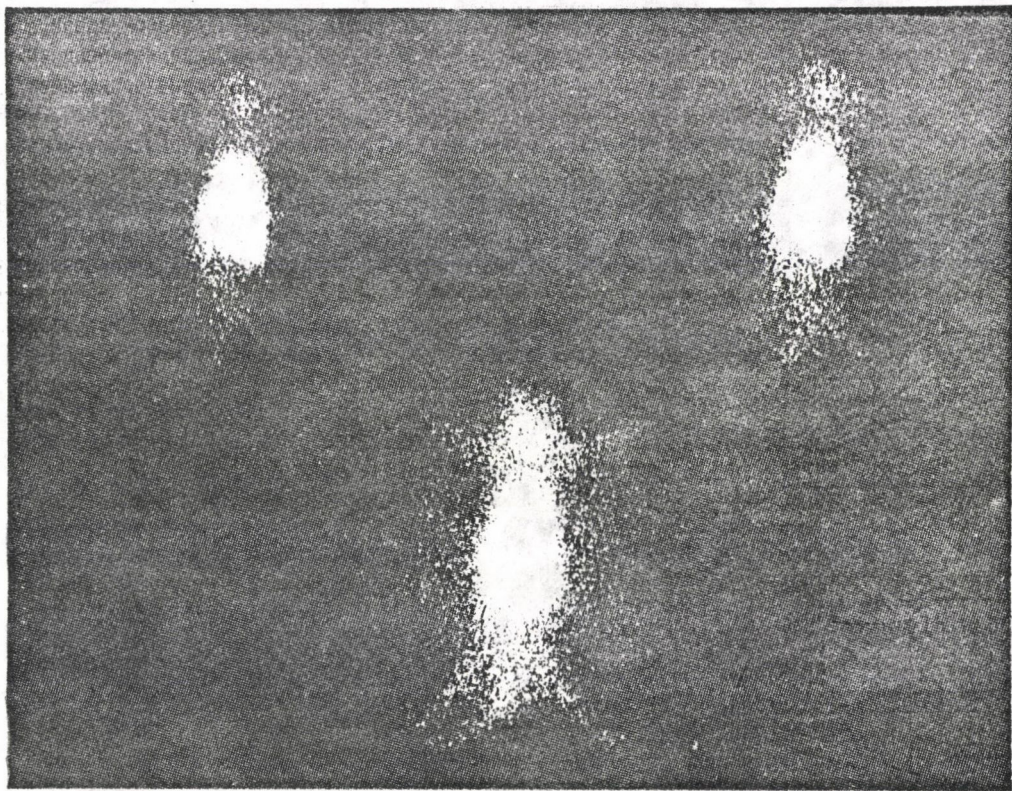


12. ábra

A LAL halmozódási görbéje

A LAL igen gyenge hatásfokkal jelződött.  
 Biológiai szerveztlésének lefolyása igen változatos.

Beadás után 1 órával közel egyenletes eloszlást mutat mind a szcintifotó, mint a számítógéppel feldolgozott kép. A tüdőben és a májban való halmozódásra utal a kép, de a testháttér is eléggé nagy, ami a vér értékének magas voltára utal.

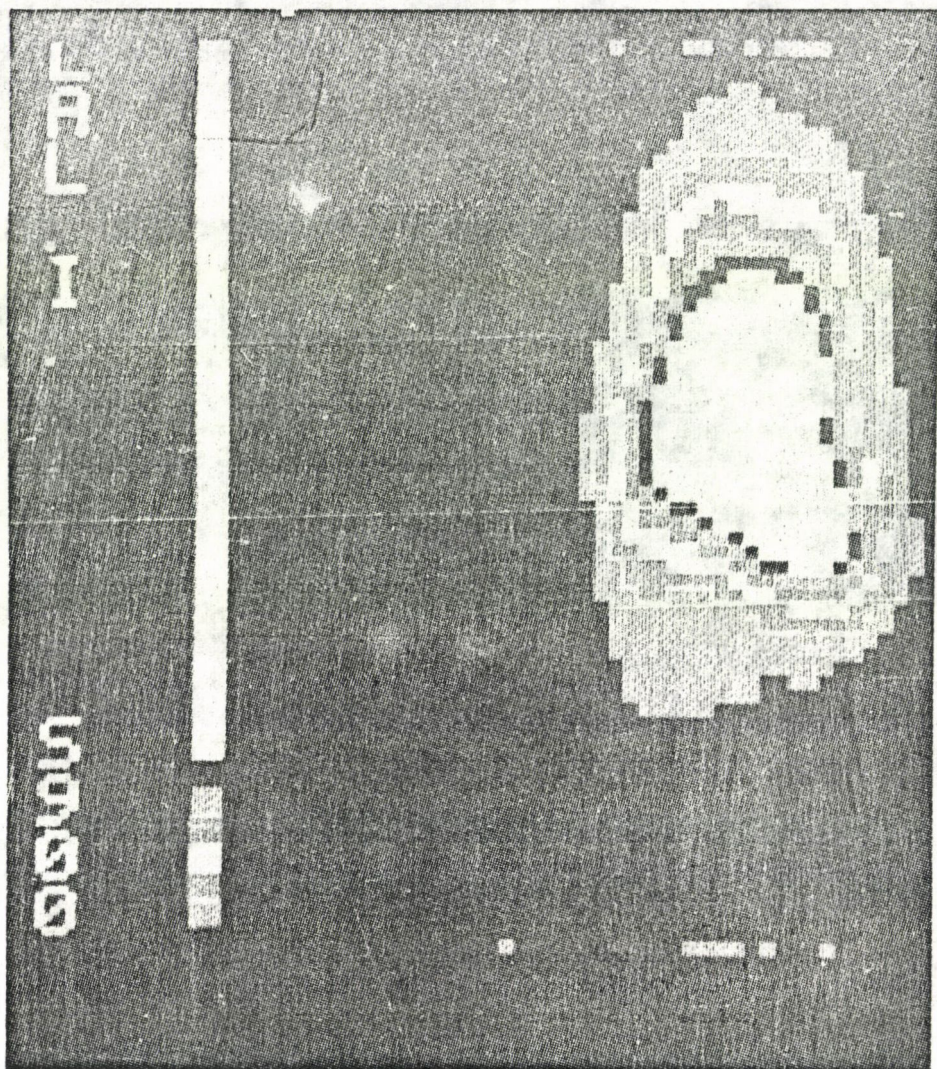


13. ábra

A LAL halmozódásának szcintifotója

### MEGBESZÉLÉS

Mi befolyásolja a polipeptid szerveloszlását pl. a Gordox esetében? Mi az oka annak, hogy viszonylag rövid idő alatt a vesébe dusul, és ott huzamosabb ideig - több órán át is - kimutatható? H. Fritz és munkatársai<sup>12</sup> vizsgálataiból az derül ki, hogy biológiai aktivitása nincs bizonyítható összefüggésben a szerveloszlással. Előállították ugyanis biológiailag inaktív származékát, melynek különböző szervekbe való dusulása, illetve belőlük való kiürülése nem mutatott eltérést a biológiailag aktív vegyületétől. Carpenter és munkatársai<sup>13</sup> D-, illetve L-konfigurációju aminosavakat tartalmazó szintetikus lineáris polipeptidekkel foglalkoztak. Az általuk vizsgált polimerek molekulaszúlya 70 000, illetve 93 000 volt. <sup>131</sup>I-gyel, illetve <sup>59</sup>Fe-cel jelezték a vegyületeket, melyek közül a D-aminosavakból felépített



14. ábra

A LAL halmozódásának számítógéppel feldolgozott képe

módosulatok tartósan a vese kéregállományában lokalizálódtak, míg az L-enantiomerekkel csak gyenge antitesttermelést tudtak kiváltani. Ennek alapján feltételezték, hogy a szervlokalizációt, illetve a kiürülés sebességét a konfiguráció mellett az immunogenitás is befolyásolhatja.

Többben észlelték a polipeptideknek vesében való akkumulációját<sup>7-10, 14-17,</sup> de magyarázatát nem tudták adni. H.S. Winchell és munkatársai<sup>18</sup> <sup>51</sup>Cr-gyel, illetve <sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-mel jelezték a kazeidint, és egérben, patkányban és kutyában vizsgálták a szerveeloszlást. A vese kéregállományában észleltek nagyobb foku, tartós dusulást. Csiramentes és konvencionális egéren végzett összehasonlító vizsgálataikban megállapították, hogy a csiramentes egérben sokkal nagyobb volt a

retenció. Feltételezésük szerint, ha léteznek a vesében bizonyos polipeptidekre specifikus receptorok, melyek a lymphopoiesis renális ellenőrzésével vannak kapcsolatban, akkor logikusnak tűnik, hogy azoknak az állatoknak van több receptoruk, melyek még nem érintkeztek testidegen fehérjével. Tehát: a vesének szerepe kell, hogy legyen a szervezet testidegen fehérjékkel szembeni reakciójában. A jelzett kazeidint a szervezetből való gyors kiürülése és a radioaktivitás 48:1 arányban való dusulása a vesébe a májjal szemben alkalmassá teszi veseszczintigráfiára.

Az irodalomban olyan ajánlással is találkozhatunk<sup>19</sup>, mely a technéciummal jelzett ciszteint tartja megfelelőnek a vese szczintigráfiás leképezésére. A glomeruláris filtrátumban található a jelzett cisztein, majd a tubulusok teljes mértékben reabszorbeálják. I.v. beadás után 30 perccel a máj radioaktivitása a nagyobb, de 3 óra elteltével a máj ugyszólván teljesen kiüríti, míg a vesében szczintigráfiára alkalmas radioaktivitás akkumulálódik.

Saját tapasztalataink szerint egyik szervben sem találtuk a szintétikus polipeptidek nagyfokú halmazódását. Leginkább a tüdő és máj radioaktivitása volt fokozott egyes esetekben, de a dusulás mértéke általában nem haladta meg a beadott aktivitás tíz százalékát. Kivétel ez alól a D-GAL, melynél röviddel a beadás után mértünk kiugróan nagy /30-40% közötti/ aktivitást a májban, a pTyr-HSA, ahol az első órában 50-80%-os volt a máj aktivitása, végül a Thr-Lys-Pro-Glu, amelynél a tüdő és máj akkumulációja volt 20-30%-os, szintén röviddel az i.v. beadás után. Érdekes, hogy az egyes szervekben való akkumuláció és a vizsgált polipeptid molekulásulya között összefüggést nem találtunk.

#### IRODALOM

1. Major S., Intraarticuláris Gordox<sup>®</sup> therápia degeneratív és posttraumás ízületi megbetegedésekben, Kandidátusi értekezés, 1977.
2. Andréka B., Sipos E., Alexy M., Ther. Hung. 24 /1976/ 106
3. Kutas V., Kocsár L., Krasznai I., Kelemen Á., Bertók L., A Gordox jódizotóppal való jelzése és biológiai tulajdonságai. Izotóptechnika /Budapest, 16 /1973/ 391
4. Jánoki Gy., Kocsár L., Spett B., Kutas V., Localization of the Polypeptide Aprotinin /Gordox<sup>®</sup>/ in the Renal Cortex. A New Renal Agent for Scintigraphy, 1st. Intern. Symp. Radiopharmacology, Innsbruck, 1978 máj-21-24
5. P.J. Fraker, J.C. Séeck, Biochem. Biophys. Res. Comm. 80 /1978/ 849
6. Jász Á., Tóth G., Entfernung anorganischer Jodverunreinigungen aus <sup>131</sup>I-markiertem Serum-Albumin durch Adsorption, Isotopenpraxis 10 /1968/ 404
7. Szekerke M., Érchegyi J., Roder Zs., Földvári P., Tuftsin, a phagocytosist stimuláló hatású tetrapeptid analógjainak előállítása és biológiai vizsgálata. MFT Kemoterápiái Szekciójának konferenciája, Hajduszoboszló, 1977 május 11-13

8. *Issekutz B., Issekutz L., Gyógyszerrendelés, Medicina, Budapest, 1972*
9. *P.H. Maurer, B.F. Gerulat, P. Pinchuck, Antigenicity of Polypeptides /Poly- $\alpha$ -Amino Acids/, J.Biol. Chem. 239 /1964/ 922*
10. *I. Schechter, S. Bauminger, M. Sela, D. Nachtigal, M. Feldman, Immunochemistry 1 /1964/ 249*
11. *Szekerke M., J.S. Driscoll, The Use of Macromolecules as Carriers of Anti-tumor Drugs, Eur. J. Cancer 13 /1977/ 529*
12. *H. Fritz, H. Schult, R. Meister, E. Werle, Herstellung und Eigenschaften von aktiven Derivatén des Trypsin-Kallikrein Inhibitors aus Rinderorganen, Z. Physiol. Chem. 350 /1969/ 1531*
13. *Ch. B. Carpenter, T.J. Gill, L.T. Mann, jr, Synthetic Polypeptide Metabolism. III. Degradation and Organ Localization of Isomeric Synthetic Polypeptide Antigens, J. Immunol. 98 /1967/ 236*
14. *R.V. Cow, E.D. Henley, H.T. Nahara et al., Studies on the Metabolism of Glucagon-131-I in Rats, Endocrinology 60 /1957/ 272*
15. *N.J. Elgee, R.H. Williams, N.D. Lee, Distribution and Degradation Radiation Studies with Insulin-131-I, J. Clin. Invest. 33 /1954/ 1252*
16. *N.J. Elgee, R.H. Williams, Specificity of Insulin Degradation Radiation Reaction, Diabetes 4 /1955/ 87*
17. *M. Sonnenberg, W.L. Money, A. Keston, et al., Localization of Radioactivity after Administration of Labelled Prolactin Preparations to the Themah Rat, Endocrinology 49 /1951/ 709*
18. *H.S. Winchell, M.S. Lin, B. Shipley et al., Localization of Polypeptide Caseidin in the Renal Cortex: A New Radioisotope Carrier for Renal Studies, J. Nucl. Med. 12 /1971/ 678*
19. *B.M. Bowen, D.R. Hendersen, J.E. Kellam, D.E. Wood, Technetium-99m- Cysteine - An Agent for Renal Scintigraphy, Amer. J. Hosp. Pharm. 29 /1972/ 502*

## A $^{137}\text{Cs}$ ÉS $^{90}\text{Sr}$ BIOLÓGIAI FELEZÉSI IDEJÉNEK SZÁMÍTÁSA A KÁLIUM ÉS KALCIUM- -ANYAGCSERE ALAPJÁN

Szabó S.A.

Megyei Élelmiszerellenőrző és Vegyvizsgáló Intézet, Győr\*

/Érkezett 1979. december 31-én/

A számítás szerint a K-Cs rendszer biológiai felezési ideje kb. 81 nap, a Ca-Sr rendszeré pedig kb. 1664 nap. A képlettel, a vizelettel naponta eltávozó mennyiség és a biológiai felezési idő ismeretében, a kérdéses elem szervezetben lévő mennyisége is megbecsülhető.

Методрасчета периода полувыведения радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на основе метаболизма К и Са  
Сабо, Ш.А.

Из результатов расчета следует, что средний период полувыведения К-Cs из организма человека составляет, примерно, 81 день, а Ca-Sr - 1664 дня. Используя предлагаемую формулу на основе известных данных о дневном выведении данного элемента мочой, и среднем значении периода полувыведения, можно определять тотальное содержание данного элемента в организме человека.

Calculation of the Biological Half-Life of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  on the Base of the K and Ca Metabolism  
Szabó, S.A.

On the basis of the calculation the biological half-life of the K-Cs system amounts to about 81 days, and that of the Ca-Sr system about 1664 days. Using the given formula, and having in mind the daily clearance of the element in urine and the biological half-life makes it possible to estimate the total quantity of the element in the organism.

### BEVEZETÉS

Radioökológiai, izotóptechnikai, sugárvédelmi, fiziológiai stb. szempontból nagyon fontos az aktív és inaktív anyagok biológiai felezési idejének ismerete, mivel az inkorporált radioaktív izotópok mennyiségének csökkenése a szervezetben az effektív felezési idővel jellemezhető:

$$T_{\text{eff}} = \frac{T_{\text{fiz}} \cdot T_{\text{biol}}}{T_{\text{fiz}} + T_{\text{biol}}}$$

\*Jelenleg: Egyesített Atomkutató Intézet, Neutronfizikai Laboratórium, Dubna, Szovjetunió

A következőkben a  $^{90}\text{Sr}$  és  $^{137}\text{Cs}$  izotóp, mint a tartós sugárszennyezett-séget okozó leglényegesebb komponens emberi szervezetre jellemző biológiai felezési idejének számítását közlöm. A számítás alapja az, hogy a kálium a céziummal, a kalcium pedig a stronciummal alkot közös transzportrendszert s így az anyagcsere-folyamatban együttesen vesz részt<sup>1</sup>. A stroncium a kalciumhoz kémiaiilag nagyon hasonló alkáli földfém, s vele együtt épül be a csontszövetbe; a cézium pedig, mint alkáli fém, a káliumhoz hasonló, s vele együtt főleg az izomszövetben található. A kalcium így a  $^{90}\text{Sr}$ , a kálium pedig a  $^{137}\text{Cs}$  inaktív hordozójának tekinthető.

### A BIOLÓGIAI FELEZÉSI IDŐ SZÁMÍTÁSA

Kiindulásként fogadjuk el, hogy az adott elem (K, Ca, Sr, Cs) szervezetben lévő teljes mennyisége nem változik, azaz az élelmiszereinkből, italainkból naponta felvett s a bélsárral, vizelettel stb. eltávozó anyag mennyisége napi átlagban azonos.

Jelöljük a-val a szervezetben lévő anyag teljes mennyiségét, b-vel pedig az adott anyag iránti napi szükségletet, illetve a napi beépülés mértékét. Így az a csökkenése naponként a következő:

$$1. \text{ nap} \quad a - \frac{ab}{a+b} = \frac{a^2}{a+b}$$

$$2. \text{ nap} \quad \frac{a^2}{a+b} - \frac{a^2b}{(a+b)^2} = \frac{a^3}{(a+b)^2}$$

$$3. \text{ nap} \quad \frac{a^3}{(a+b)^2} - \frac{a^3b}{(a+b)^3} = \frac{a^4}{(a+b)^3}$$

·  
·  
·

Ha az anyag n nap alatt csökken a felére,

$$\frac{a^{n+1}}{(a+b)^n} = \frac{a}{2}$$

Logaritmizálva és n-re megoldva:

$$n = \frac{\ln 2}{\ln \frac{a+b}{a}}$$

## A $^{137}\text{Cs}$ FELEZÉSI IDEJÉNEK SZÁMÍTÁSA

Irodalmi adatok szerint a  $^{137}\text{Cs}$  biológiai felezési ideje emberi szervezetre vonatkozóan kb. 100 nap. Így pl. Lindbom<sup>2</sup> szerint az átlagos biológiai felezési idő 115 nap, Andrásai és munkatársai<sup>3</sup> szerint 64 nap, Ramzajev és munkatársai<sup>4</sup> szerint 35-194 nap közötti érték [átlagosan 82 nap], Hasanen és Rahola<sup>5</sup> szerint pedig átlagosan 84 nap [szélső érték az 52 és 104 nap].

A kálium, mint a  $^{137}\text{Cs}$  inaktív hordozója, esszenciális makroelem, nagy része a puha testszövetben található. A szervezetben lévő kálium teljes mennyisége 100-150 g-ra becsülhető, így pl. Lloyd és munkatársai<sup>6</sup> szerint a férfiakra 1,5-2,2 g/kg, a nőkre 1,3-1,7 g/kg, Bogoljubov<sup>7</sup> szerint pedig a férfiakra 1,8-2,3 g/kg, nőkre 1,4-1,8 g/kg a jellemző káliumtartalom. A 8 irodalom szerint egy 70 kg testsúlyú átlagember káliumtartalma 140 g, míg Ketz<sup>9</sup> szerint 150 g.

A felnőtt szervezet napi káliumszükséglete 1,0-1,5 g-ra becsülhető<sup>9,10</sup>. Átlagosan 140 g-ra becsülve a szervezet teljes káliumtartalmát, s 1,2 g-ra a napi szükségletet, a kálium /s a cézium/ biológiai felezési ideje:

$$n = \frac{\ln 2}{\ln \frac{140 + 1,2}{140}} = 81,2 \text{ nap,}$$

azaz a szervezet eredeti káliumtartalmának csökkenését leíró függvény

$$y = 140 e^{-0,0085349023n}$$

alaku, ahol  $n$  a napok száma.

Figyelembe véve, hogy a nemtől és testsúlytól függően mind a szervezet teljes káliumtartalma, mind a napi káliumszükséglet jelentősen változhat, az 1. táblázatban megadom a 80 és 170 g közötti káliumtartalomra  $s$  a 0,8 és 1,6 g közötti napi szükségletre jellemző, napra kerekített biológiai felezési időket.

Szükségesnek látom hangsúlyozni, hogy ételmiszereinkből és italainkból naponta a szükséges 1,0-1,5 g-nál általában jelentősen több kálium jut a szervezetbe. Így pl. Schelenz<sup>11</sup> szerint a naponta felvett kálium mennyisége 1,2-4,1 g, Ketz<sup>9</sup> szerint elérheti esetenként az 5 g-ot is, míg Fietrzak-Flis<sup>12</sup> szerint átlagosan 2,5-2,8 g. Az általunk 1974-ben végzett étrendvizsgálat szerint a napi átlagos káliumfelvétel 2,0 g<sup>13</sup>. Így tehát a naponta szervezetünkbe jutó káliummennyiség általában jelentősen meghaladja a szervezet káliumszükségletét. Ez a fölösleges mennyiség a szervezetből a felszívódás megkerülésével, közvetlenül az ürülékkel ürül ki, ilyen értelemben tehát az anyagcserében nem vesz részt, s a szervezet káliumtartalmának kicserélődésére jellemző biológiai felezési időt nem befolyásolja.

## 1. táblázat

A kálium /cézium/ biológiai felezési ideje napban

napi szükséglet, g	a szervezetben lévő mennyiség, g									
	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
0,8	70	78	87	96	104	113	122	130	139	148
0,9	62	70	77	85	93	100	108	116	124	131
1,0	56	63	70	77	84	90	97	104	112	118
1,1	51	57	63	70	76	82	89	95	102	107
1,2	47	52	58	64	70	75	82	87	93	99
1,3	43	48	54	59	64	70	75	80	86	91
1,4	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
1,5	37	42	47	51	56	60	65	70	75	79
1,6	35	39	43	48	52	56	61	65	70	74

Hasonló érték adódik egyébként a biológiai felezési időre akkor is, ha nem a káliumtartalmat, hanem a céziumtartalmat vesszük alapul. Így pl. feltételezve, hogy a szervezet teljes céziumtartartalma átlagosan  $1,5 \text{ mg}^8$ , s ételmiszerből és italból naponta átlagosan  $20-30 \mu\text{g}$  jut a szervezetbe<sup>14</sup>, valamint figyelembe véve, hogy, a káliumhoz hasonlóan, amely naponta a szükségésnél mintegy kétszer nagyobb mennyiségben jut a szervezetbe, ennek a  $0,02-0,03 \text{ mg}$ -nak is csak mintegy fele, azaz  $0,01-0,015$  jut ténylegesen be a testszövetbe, a  $0,01 \text{ mg}$  felszívódó mennyiség biológiai felezési idejére  $104,3$  nap, a  $0,015 \text{ mg}$ -éra  $69,7$  nap adódik.

A  $^{90}\text{Sr}$  BIOLÓGIAI FELEZÉSI IDEJÉNEK SZÁMÍTÁSA

A stroncium a kalciummal együtt főleg csontszövetben található, s kicserélődésének üteme lényegesen lassabb, mint a káliumé és céziumé. Irodalmi adatok szerint<sup>15,16</sup> felnőtteknél a  $^{90}\text{Sr}$  biológiai felezési ideje néhány évre becsülhető.

Az emberi szervezet kalciumtartalma  $1000-1500 \text{ g}^{8,9,15}$  a napi szükséglet pedig  $0,3-0,6 \text{ g}$  között van<sup>17,18</sup>. Átlagosan  $1200 \text{ g}$ -ra becsülve a szervezet teljes kalciumtartalmát, s  $0,5 \text{ g}$ -ra a napi szükségletet, a kalcium /s a stroncium/ biológiai felezési ideje:

$$n = \frac{\ln 2}{\ln \frac{1200 + 0,5}{1200}} = 1663,9 \text{ nap,}$$

azaz a szervezet eredeti kalciumtartalmának csökkenését leíró függvény

$$y = 1200 e^{-0,0004165798n}$$

alakú, ahol  $n$  a napok száma.

A 2. táblázatban megadom a 800 és 1700 g kalciumtartalomra s a 0,2–0,8 napi kalciumszükségletre jellemző, napra kerekített biológiai felezési időket. Az 1. és 2. táblázat adatai alapján is megállapítható, hogy a számított biológiai felezési idő nem a kérdéses elem szervezetben lévő abszolút mennyiségétől és a napi szükséglet abszolút mennyiségétől függ, hanem csupán egymáshoz viszonyított arányuktól. Így pl. kalciumnál ugyanaz a biológiai felezési idő adódik 1000 g szervezetben lévő kalciumot s 0,5 g napi szükségletet feltételezve, mint 1200 g és 0,6 értéket véve alapul.

## 2. táblázat

A kalcium /stroncium/ biológiai felezési ideje napban

napi szükséglet g	a szervezetben lévő teljes mennyiség, g									
	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
0,2	2773	3120	3466	3813	4159	4506	4852	5199	5546	5892
0,3	1849	2080	2311	2542	2773	3004	3235	3466	3697	3928
0,4	1387	1560	1733	1907	2080	2253	2426	2600	2773	2946
0,5	1109	1248	1387	1525	1664	1803	1941	2080	2218	2357
0,6	925	1040	1156	1271	1387	1502	1618	1733	1849	1964
0,7	793	892	991	1090	1189	1288	1387	1486	1585	1684
0,8	693	780	867	953	1040	1127	1213	1300	1387	1473

Megemlítendő, hogy élelmi anyaginkból és az italokból az emberi szervezetbe jutó kalcium mennyisége általában meghaladja a szükségletet. Így pl. a <sup>8</sup> irodalom szerint az átlagos napi kalciumfelvétel 1,1 g, Schulze-Wollgast <sup>19</sup> szerint 0,9–1,0 g, s a mi méréseink <sup>13</sup> szerint 0,9 g.

A kalciumtartalom alapján számított biológiai felezési időhöz hasonló érték adódik a stronciumtartalom figyelembevételével is. Így pl. feltételezve, hogy az élelmi anyagokból és italokból naponta 1,5–2,0 mg <sup>8,15</sup> jut a szervezetbe, valamint figyelembe véve, hogy a stronciummal közös transzportrendszer alkotó kalcium a szükségesnél naponta kb. kétszer nagyobb mennyiségben jut a szervezetbe, és a Sr/Ca diszkriminációs tényező értéke kb. 0,25 <sup>15</sup>, s megbecsülhető a testszövetbe beépülő napi stronciummennyiség: ez napi 0,18–0,25 mg, s mivel a szervezet teljes stronciumtartalma átlagosan 320 mg <sup>8</sup>, az így számítható biológiai felezési idő 1233 és 888 nap. A stronciumra vonatkozó diszkriminációs tényező

$$D = \frac{\text{Sr/Ca arány a testszövetben}}{\text{Sr/Ca arány a táplálékban}} = \frac{{}^{90}\text{Sr/Ca aktivitás a testszövetben}}{{}^{90}\text{Sr/Ca aktivitás a táplálékban}}$$

egyébként azt mutatja, hogy az emberi és állati szervezet a stronciumot nagyon jól diszkriminálja, azaz a testszövetben mérhető Sr/Ca arány lényegesen - esetleg nagyságrendileg - kisebb, mint a táplálékra, illetve fogyasztott takarmányra jellemző érték<sup>20,21</sup>. A céziumra vonatkozóan a

$$D = \frac{\text{Cs/K arány a testszövetben}}{\text{Cs/K arány a táplálékban}} = \frac{{}^{137}\text{Cs/K aktivitás a testszövetben}}{{}^{137}\text{Cs/K aktivitás a táplálékban}}$$

diszkriminációs tényező módosító hatását nem vettük figyelembe, mivel irodalmi adatok<sup>15,20</sup> s saját mérési eredményeink<sup>22</sup> alapján értékét 1-nek tekintettük.

Megemlítem még, hogy az  $n = \frac{\ln 2}{\ln \frac{a+b}{a}}$  képlet alapján a biológiai felezési idő s a vizelettel eltávozó anyag mennyisége ismeretében /a testszövetből a kicserélődés ütemének megfelelően eltávozó anyag nagy része a vizelettel ürül ki/ kiszámítható, illetve megbecsülhető a kérdéses anyagból a szervezetben lévő teljes mennyiség. Így pl. 2000 nap felezési időt s naponta 0,3 g, vizelettel történő kalciumüritést feltételezve, a szervezet teljes kalciumtartalmának minimálisan 866 g adódik.

## IRODALOM

1. György S., Kanyár B., Patkány vörösvértetek Cs-137 és K-42 transzportjának összehasonlítása izotópkinetikai modell segítségével, *Izotóptechnika* [Budapest/ 15 /1972/ 298
2. G. Lindbom, Experiment with a Controlled Intake of 137-Cs in Man, AEC Accession, No 3393, Rep. No. CONF-747-4. Avail. ORAU, 12, 1964.
3. Andrási A., Bozöky L., Fehér I. Az emberi szervezetbe került radioaktív izotópok meghatározása egésztestszámlálóval, *Fiz. Szle* 18 /1968/ 299
4. П.В. Рамзаев, М.А. Неструева, Л.А. Ильин, О.Н. Прокофьев, Д.Н. Попов, Н.С. Швыдко, Э.Л. Шапиро, А.А. Перова, В.П. Шамов, Результаты исследований глобальных выпадений на территории РСФСР, *Атомная энергия* 26 /1969/ 62
5. E. Hasanen, T. Rahola, Biological Half-Life of 137-Cs and 24-Na in Man, *A. Clin. Res.* 3 /1971/ 236
6. R.D. Lloyd, Ch. W. Mays, S.S. McFarland, W.S. Zundel, F.H. Tyler, Metabolism of <sup>83</sup>Rb and <sup>137</sup>Cs in Persons with Muscle Disease, *Radiat. Res.* 54 /1973/ 463
7. В.М. Боголюбов, Радионуклидная диагностика заболеваний сердца и легких, Медицина, Москва, 1975
8. Человек. Медико-биологические данные, Медицина, Москва, 1977

9. H.A. Ketz, Die Ernährung des gesunden Menschen, VEB Verlag, Volk und Gesundheit, Berlin, 1975
10. Recommended Daily Nutrient Intakes, Health and Welfare, Canada, Committee for Revision of the Canadian Dietary Standard, Bureau of Nutritional Sciences, 1974
11. R. Schelenz, Dietary Intake of 25 Elements by Man Estimated by Neutron Activation Analysis, J. Radioanal. Chem. 37 /1977/ 539
12. Z. Fietrzak-Flis, Content of Cs-137 and K in Diet of Some Population Groups and in Some Foodstuffs in Poland in 1965-1966, Skazenia Promieniotworcze Otoczenia, 1969
13. Szabó A., Bende E., Egyes étrendek radiometriai vizsgálata, M. Radiol. 28 /1976/ 118
14. G. F. Clemente, Trace Element Pathways from Environment to Man, J. Radioanal. Chem. 32 /1976/ 25
15. Nedelkovits J. (szerk.), Élelmiszerek és mezőgazdasági termékek radioaktivitásának kialakulása és a szennyezettség vizsgálati módszerei, MFM, Budapest, 1968
16. Szabó A., A bioszféra radioaktiv szennyeződését befolyásoló egyes tényezők vizsgálata, M. Fiz. F. 25 /1977/ 445
17. Empfehlungen für die Nährstoffzufuhr der Deutschen Gesellschaft für Ernährung, Ernährungsumschau, 22 /1975/ 132
18. Tarján R., Lindner K., Tápanyagtáblázat, Medicina, Budapest, 1978
19. U. Schulze-Wollgast, Ergebnisse der Überwachung des  $^{90}\text{Sr}$ - und  $^{137}\text{Cs}$ -Gehaltes von Nahrungsmitteln in der DDR 1962 bis 1970, Kernenergie 15 /1972/ 202.
20. G.G. Calapaj, D. Ongaro, Observed Ratios of  $^{90}\text{Sr}/\text{Ca}$  and  $^{137}\text{Cs}/\text{K}$  in the Food of Nursing Mothers and in Their Milk, J. Dairy Res. 37 /1970/ 1
21. Szabó A., Bende E., Adatok az állati szervezetek  $^{90}\text{Sr}$ -ra vonatkozó diszkrimináló képességéről, M. Állatorv. L.32 /1976/ 493
22. Publikálatlan vizsgálati adatok az állati szervezet céziumra vonatkozó diszkrimináló képességéről.

## EMISSZIÓS SZÍNKÉPELEMZÉSBN HASZNÁLATOS SZÉNELEKTÓDOK VIZSGÁLATA IZOTÓPOS NYOMJELZÉSSEL

Tóth J., Prókai L.

Veszprémi Vegyipari Egyetem, Radiokémia Tanszék

/Érkezett 1980. február 11-én/

Az autoradiográfiás technika alkalmas a plazma néhány jellemzőjének és az elektródok gerjesztésben betöltött szerepének tanulmányozására.

Изучение угольных электродов, использованных в эмиссионной спектроскопии методом меченых атомов  
Тот, Я., Прокан, Л.

Метод автордиографии способен на изучение некоторых характеристик плазмы, а также роли электродов в возбуждении

A Study of Carbon Electrodes, Used in Emission Spectrography by Isotopic Labelling  
Tóth, J., Prókai, L.

The autoradiographic method is suitable for the investigation of some characteristics of the plasma and for getting some information on the role of electrodes in the excitation.

Az emissziós szinképelemzésben valamely eljárás vagy módszer alkalmazása során, az egyes plazmaparaméterek ismeretén kívül, szükséges a sugárforrásban végbemenő anyagtranszport, valamint az egyes elemek térbeli eloszlásának ismerete is. Ezek birtokában a gerjesztés jobban "kézben tartható", ami az elemzés pontosságát, megbízhatóságát növeli. E jellemzők vizsgálatára a közvetlen plazmafizikai és plazmakémiai módszereken kívül jelentősek lehetnek a közvetett mérési eljárások.

Ezek közé sorolhatók a radioaktív izotópokkal történő vizsgálatok. A nyomjelzéses eljárás előnye, hogy igen kis koncentráció is detektálható, és viszonylag gyors. Kémiai nyomjelzésre gyakorlatilag csak a radioaktív izotópok nyújtanak lehetőséget<sup>1,2</sup>. Az alkalmazott technika ugyanakkor fontos információt szolgáltat a gerjesztésben használt elektród-pár szerepéről is.

A radioaktív izotópok felhasználása a spektrokémiai kutatásban még nem terjedt el eléggé. Leggyakrabban az elektromos iverk tulajdonságainak tanulmányozására alkalmazták<sup>3-9</sup>.

Munkánkban e nyomjelzéses módszerrel kívánunk választ adni elsősorban a poralaku nemvezető mintáknak a vivőelektród furatából történő elgőzölgetése során, gerjesztés közben lejátszódó néhány jelenségre.

Jelen közleményünkben a radioaktív izotópokkal végzett vizsgálataink első eredményeiről számolunk be.

## KISÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK

A nemvezető porminta alapanyaga szilícium-dioxid volt. Nyomjelzésre <sup>51</sup>Cr és <sup>42</sup>K izotópot használtunk /az előbbi 92,5 MBq/cm<sup>3</sup> radioaktív koncentrációju Cr/NO<sub>3</sub>/<sub>3</sub> oldat, 0,5 mol/dm<sup>3</sup> salétromsav tartalommal, az utóbbi 55,5 MBq/cm<sup>3</sup> radioaktív koncentrációju K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> oldat/. A minták összetételét az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat  
A minta összetétele

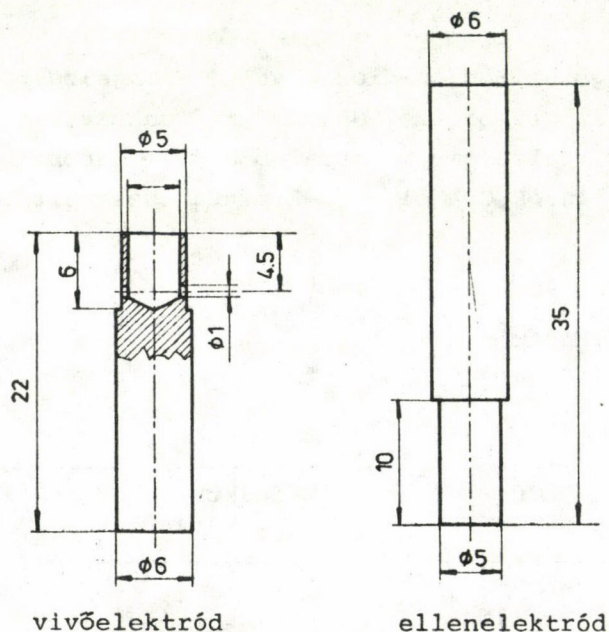
A minta jele	inaktív Cr, µg/g	<sup>51</sup> Cr µg/g	inaktív K, µg/g	<sup>42</sup> K µg/g
aCr	3.10 <sup>3</sup>	8.10 <sup>-2</sup>	-	-
aCr-K	3.10 <sup>3</sup>	8.10 <sup>-2</sup>	10 <sup>5</sup>	-
Cr-aK	3.10 <sup>3</sup>	-	10 <sup>5</sup>	2.10 <sup>-5</sup>

A mintába kevert, viszonylag nagy mennyiségű káliummal az elemek közötti hatásról kívántunk információt szerezeni. Ismert ugyanis az a tény, hogy egy kis ionizációs energiájú elem megjelenése a plazmában megváltoztatja a gerjesztési viszonyokat, és így az elemzésben használt szinképvonalak intenzitását. A kálium ionizációs energiája 4,34 eV /0,694 aJ/, míg a krómé 6,76 eV /1,082 aJ/, a szilíciumé 8,15 eV /1,304 aJ/. Ez a hatás igen jelentős is lehet, ha a minta 1-10%-ban tartalmaz pl. káliumot<sup>10-12</sup>.

A mintát tartalmazó vivőelektródot a gerjesztés után is vizsgálni akartuk, ezért a töltetet "rögzíteni" kellett az elektródkehelyben. E célra a Papp Lajos és munkatársai által kidolgozott, fenolformaldehid műgyantás rögzítési módszert alkalmaztuk<sup>13,14</sup>. Az 1. táblázatban felsorolt mintákat 1:3 arányban szinképszénporral /Elektrokarbon SU 601/ elkevertük. Az izotópot tartalmazó oldatot

1:50 térfogatarányu alkoholos higitás után adagoltuk a vizsgálati anyaghoz, majd szárazra pároltuk. Ezután a száraz port a mügyanta 60%-os etanolos oldatával kevertük el úgy, hogy a beszárított minta 30% gyantát tartalmazzon. E gyantás masszát töltöttük a megfelelően kialakított elektródfuratba /1. ábra/, majd  $160^{\circ}\text{C}$ -on kb. 1,5 órán át hőkezeltük.

Az alsó /hordozó/ és felső /ellen-/ elektródok alakját, méretét az 1. ábra szemlélteti. Anyagukat változtattuk. Különböző fajlagos ellenállású és hővezetőképességű szén és grafit /Johnson-Matthey, Ringsdorf és Elektrokarbon/ elektródokat alkalmaztunk mind felső, mind alsó elektródként.



1. ábra

Az alkalmazott elektródok alakja és mérete

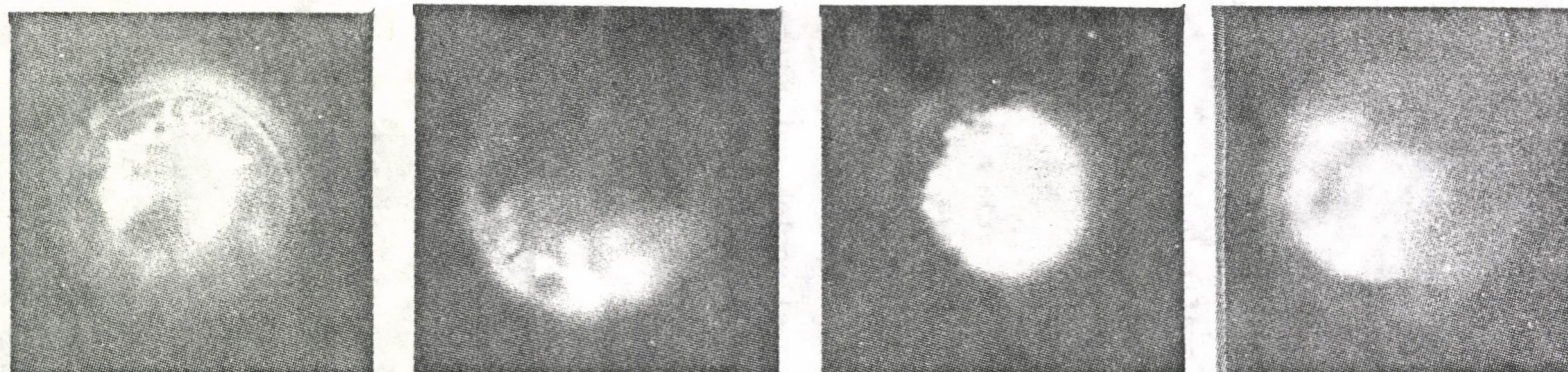
A gerjesztést BIG-100 típusu, váltakozó áramu ivgerjesztővel végeztük /az alsó elektród polaritása pozitív, a gyújtás 50/s, az elektródtávolság 3 mm, az áramerősség 5 A, az ivelési idő 3 perc volt/.

A gerjesztés után, a radioaktív izotópok elektródokon való eloszlásának tanulmányozása végett, autoradiográfiás felvételeket készítettünk. E célból az alsó elektródokat tengelyük mentén kettévágtuk, a felső elektródok végéről pedig kb. 2 mm vastag korongot vágunk le. A felvételekhez ORWO HS 11, Agfa D 2 és KODAK A 54 filmet használtunk.

## AUTORADIOGRÁFIÁS EREDMÉNYEK

A 2-4. ábrán néhány felvételt mutatunk be, amelyek a felső elektródok homlokfelületéről készültek  $^{51}\text{Cr}$ -izotóp segítségével. /A fényképek elkészítésekor a másolási, illetve a hívási idő azonos volt./

Kálium távollétében /az ábrák a/, illetve c/ része/ a lerakódott  $^{51}\text{Cr}$  mennyisége erősen változó: míg grafit alsó elektród esetében több, és elég egyenletes eloszlású, szén alkalmazásakor viszont kevesebb, és az eloszlása sem volt egyenletes. Ez feltehetően azzal magyarázható, hogy a grafit elektród fajlagos ellenállása kisebb, és hővezetőképessége nagyobb a szénelektródnál. E fizikai jellemzők kihatnak a minta elgőzölgésére, a plazma alakjára és hőmérsékletének eloszlására.



a/ JM szén /aCr/

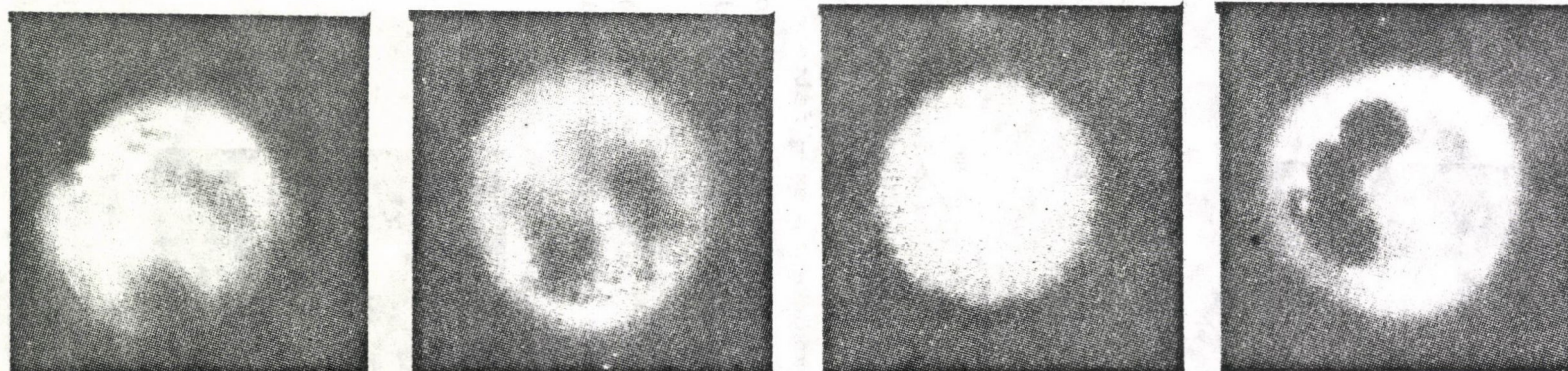
b/ JM szén /aCr-K/

c/ JM grafit /aCr/

d/ JM grafit /aCr-K/

2. ábra

Az ellenelektrod /SU grafit/ homloklületéről készült felvételek /<sup>51</sup>Cr/. A vivőelektrod anyaga Johnson-Matthey gyártmány /JM/



a/ RW II szén /aCr/

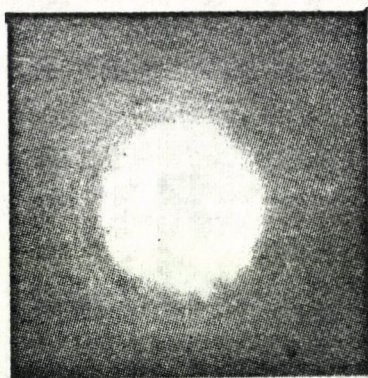
b/ RW II szén /aCr-K/

c/ RW IV grafit /aCr/

d/ RW IV grafit /aCr-K/

3. ábra

Az ellenelektrod /SU grafit/ homloklületéről készült autoradiográfiás felvételek /<sup>51</sup>Cr/. A vivőelektrod anyaga Ringsdorf /RW/



a/ SU grafit /aCr/



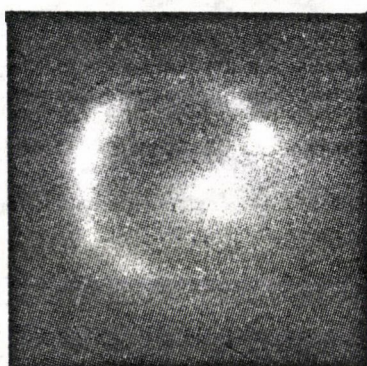
b/ SU grafit /aCr-K/

4. ábra

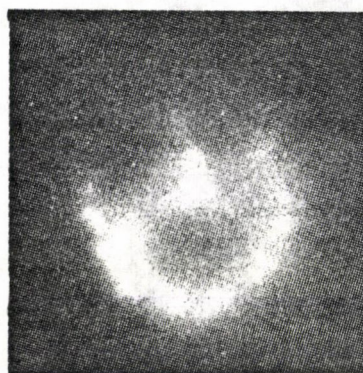
Az ellenelektrodokra /SU-grafit/ lerakódott  $^{51}\text{Cr}$  eloszlása

Nagy mennyiségű kálium megjelenése a plazmában megváltoztatja a paraméterek értékét. Erre utal a 2-4. ábra b/ és d/ része, hiszen megváltozott a  $^{51}\text{Cr}$  eloszlása. /Hangsúlyozni szeretnénk, hogy az ellenelektrod anyaga és a töltetbe kevert szénpor minősége minden esetben azonos, SU grafit volt./ A  $^{51}\text{Cr}$  mennyisége csökkent, és - feltehetően a plazma térfogatának növekedése, továbbá a hőmérséklet-eloszlás megváltozása folytán - az ellenelektrod peremére, palástjára rakódott le. Erre utal, hogy ezeken az ábrákon az elektrodok körül "glória" figyelhető meg.

Az 5. ábra a  $^{42}\text{K}$  eloszlását mutatja, amelynek mennyisége a homloklafületen csekély, és főleg az elektrodok palástjára korlátozódik.



a/ RW II szén /Cr-aK/



b/ RW IV grafit /Cr-aK/

5. ábra

Az ellenelektrod /SU-grafit/ homloklafületére lerakódott  $^{42}\text{K}$

## ÖSSZEFOGLALÁS

Kezdeti vizsgálataink egyértelműen bizonyítják, hogy a nyomjelzéses technika alkalmas a plazma egyes jellemzőinek és az elektródoknak a gerjesztésben betöltött szerepe tanulmányozására. Segítségével információ szerezhető az elemek közötti hatásról is. A konkrétabb következtetések levonásához azonban, az autoradiográfiás felvételeken túlmenően, szükség van mind a nukleáris, mind a szinképanalitikai mérések elvégzésére.

## IRODALOM

1. *Földiák G.*, Az izotópok ipari alkalmazása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972
2. *Nagy L. Gy.*, Radiokémia és izotóptechnika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1977
3. *E. Вайнштейн, Ю. Беляев, Ж. анал. хим. 13 /1958/ 388*
4. *E. Вайнштейн, Ю. Беляев, В. Королев, Ж. анал. хим. 14 /1959/ 14'*
5. *H. Nickel, Z. Anal. Chem. 209 /1965/ 243*
6. *H. Nickel, Spectrochim. Acta 21 /1965/ 2031*
7. *H. Nickel, D.F. Leuschacke,, D. Lummerzheim, Z. Anal. Chem. 247 /1969/ 196*
8. *H. Nickel, Kém. Közl. 39 /1973/ 303 és 331*
9. *D.F. Leuschacke, H. Nickel, Spectrochim. Acta 26B /1971/ 391*
10. *Mika J., Török T.*, Emissziós szinképelemzés I-II., Akadémiai Kiadó, Budapest, 1974
11. *Benkő I.*, Kandidátusi értekezés, Veszprém, 1967
12. *Tóth J., Benkő I.*, XXI. Magyar Szinképelemző Vándorgyűlés előadásai, GTE kiadvány, 1978, 143
13. *Papp L., Vilimi L.*, Acta Univ. Debr. 17 /1971/ 205
14. *ifj. Szarvas P., Papp L., Szarvas P.*, M. Kém. F. 75 /1969/ 143

## A PROSZTAGLANDIN BIOSZINTÉZISE VÁLTOZÁSÁNAK KÖVETÉSE RADIO-VÉKONYRÉTEG-KROMATOGRÁFIÁS MÓDSZERREL, IN VITRO RENDSZERBEN

Sümeghy Z.\*, Stadler I.\*, Kovács G.\*, Tanács B.\*\*

\*Chinoin Gyógyszer- és Vegyészeti Termékek Gyára, Budapest

\*\*MTA Izotóp Intézete, Budapest

/Érkezett 1980. március 5-én/

Az arachidonsav metabolizmusán belül az arachidonsav - endoperoxid /PGG<sub>2</sub>, PGH<sub>2</sub> - primer PG /PGE<sub>2</sub>, PGF<sub>2α</sub>, PGD<sub>2</sub>/ folyamat egyes termékeinek mérésére radiovékonyréteg-kromatográfiás módszert dolgoztunk ki, amellyel adott biológiai rendszeren belül, in vitro körülmények között, kvantitatív képet kaphatunk arról, hogyan változik egyidejűleg a primer PG-k és endoperoxidok aránya a vizsgálható anyag hatására.

Следование изменения биосинтеза простагландинов методом тонкослойной радио-хроматографии в системе in vitro  
Шюмеги, Э., Штадлер, И., Ковач, Г., Танац, Б.

Был выработан метод тонкослойной радиохроматографии для измерения некоторых продуктов процесса арахидоновая кислота - эндопероксид /PGE<sub>2</sub>, PGH<sub>2</sub>/ - первичный PG /PGE<sub>2</sub>, PGF<sub>2α</sub>, PGD<sub>2</sub>/. Была получена количественная картина об одновременном изменении под влиянием изучаемого вещества отношений первичных PG и эндопероксидов в биологической системе in vitro.

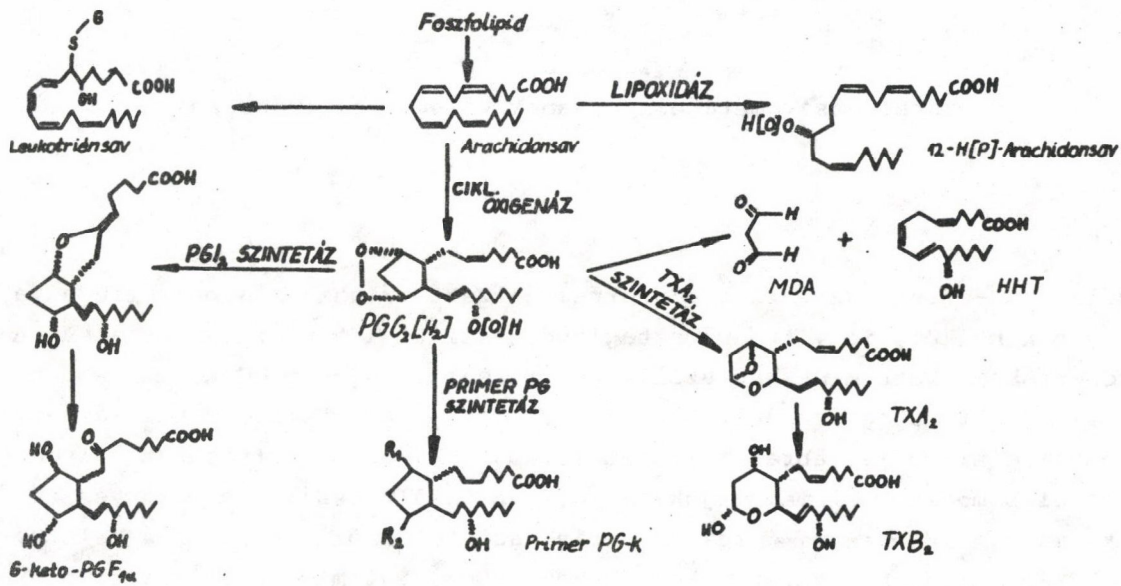
Following the Change in the Biosynthesis of Prostaglandins by Thin Layer Radiochromatography in in vitro Systems  
Sümeghy, Z., Stadler, I., Kovács, G., Tanács, B.

For the measurement of certain products of the process arachidonic acid - endoperoxide /PGG<sub>2</sub>, PGH<sub>2</sub>/ primary PGs /PGE<sub>2</sub>, PGF<sub>2α</sub>, PGD<sub>2</sub>/ a thin layer radiochromatographic method was developed. A quantitative picture was given on how the ratio of primary PGs and endoperoxides change simultaneously with the substance to be tested in biological systems and under in vitro conditions.

1964-ben Van Dorp<sup>1</sup> és Bergström<sup>2,3</sup> egymástól függetlenül megvalósították az E-típusú prosztaglandinok /PG-k/ bioszintézisét. Samuelsson 1965-ben írta le a bioszintézis mechanizmusát<sup>4</sup>, amelyben két intermedier endoperoxid létezését tételezte fel. Az endoperoxidokat /PGG<sub>2</sub>, PGH<sub>2</sub>/ Nugteren és Hazelhof<sup>5</sup>, valamint Hamberg és munkatársai<sup>6,7</sup> izolálták, és meghatározták szerkezetüket. A kutatásnak újabb lökést adott a tromboxánok /TXA<sub>2</sub>, TXB<sub>2</sub>/<sup>8-10</sup> és a prosztaciklin /PGI<sub>2</sub>/<sup>11-14</sup> felfedezése és szerkezetének azonosítása. Mindkét vegyületcsoport az endoperoxidokon keresztül képződik az arachidonsavból. 1979. májusában számoltak be<sup>15</sup> egy új, biológiailag aktív arachidonsav-metabolit, a leukotriénsav felfedezéséről. Az arachidonsav ma ismert metabolizmusutjait az 1. ábrán mutatjuk be.

A PG-kutatás egyik fő iránya a PG, PGI<sub>2</sub> és TXB<sub>2</sub> arachidonsavból kiiduló szintézise egyes enzimes lépéseinek szelektív befolyásolása. Ennek segítségével

Összefüggéseket állapíthatunk meg különféle gyógyszerek ismert terápiás hatása és a PG bioszintézisére gyakorolt hatásuk között, ugyanakkor lehetővé válik új molekulák Screen I. jellegű vizsgálata, amely a gyógyszerkutatás szempontjából jelentős.



1. ábra

Az arachidonsav metabolizmusának ma ismert utjai

Az arachidonsav metabolizmusa in vivo és in vitro körülmények között nyomon követhető. Az egyes termékek mérésére alkalmas módszereket, néhány jelentősebb irodalmi hivatkozással, a 2. ábra szemlélteti.

Munkánk során az arachidonsav metabolizmusán belül az arachidonsav  $\rightarrow$  endoperoxid /PGG<sub>2</sub>, PGH<sub>2</sub>/  $\rightarrow$  primer PG /PGE<sub>2</sub>, PGF<sub>2</sub> $\alpha$ , PGD<sub>2</sub>/ folyamat egyes termékeinek mérésére radio-vékonyréteg-kromatográfiás módszert dolgoztunk ki. A módszerrel egy biológiai rendszeren belül /in vitro körülmények között/ kvantitatív képet kaphatunk arról, hogyan változik egyidejűleg a primer PG-k és endoperoxidok aránya a vizsgálandó anyag hatására.

TÖBB TERMÉK EGYIDEJŰ ANALIZISÉRE  
ALKALMAS MÓDSZEREK

Radio-vékonyréteg-kromatográfia<sup>16,17</sup>  
Gázkromatográfia, tömegspektrometria<sup>16,18</sup>  
Radioimmunassay<sup>19,20</sup>  
Bioassay<sup>21,22</sup>

EGY TERMÉK ANALIZISÉRE  
ALKALMAS MÓDSZEREK

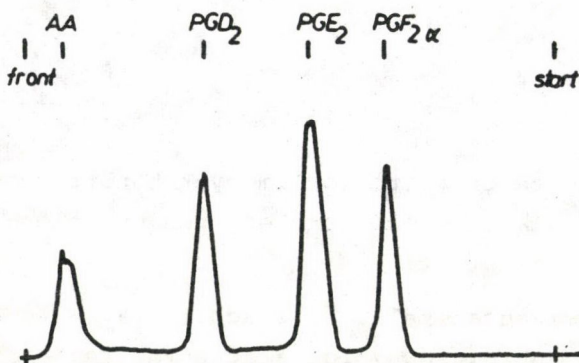
PGB fotometriás mérése<sup>23,24</sup>  
Oxigénfelvétel mérése<sup>25,26</sup>  
Malondialdehid mérése<sup>22,27</sup>

2. ábra

Az arachidonsav metabolizmusának vizsgálati módszerei

A MÓDSZER

Izolált PG-szintetáz enzimrendszerrel jelzett arachidonsavból kiindulva, adalékanyagok nélkül, *in vitro* prosztaglandin-szintézist végzünk, és a különböző időpontokban vett mintákat szilikagél rétegen, jelzett PG-k, mint standardok mellett kromatográfáljuk. A radiokromatogram kiértékelése után az egyes csúcsoznak megfelelő /3. ábra/ foltokat lekaparjuk, és aktivitásukat folyadék-szcintillációs módszerrel megmérjük. A rétegen talált összaktivitást vesszük 100%-nak, majd ebből és az egyes foltok aktivitásértékeiből számoljuk a keletkezett PG-k %-os arányát. Ezután a keletkezett PG-k, valamint a változatlan arachidonsav mennyiségét az idő függvényében ábrázoljuk. Az így kapott görbét stan-



3. ábra

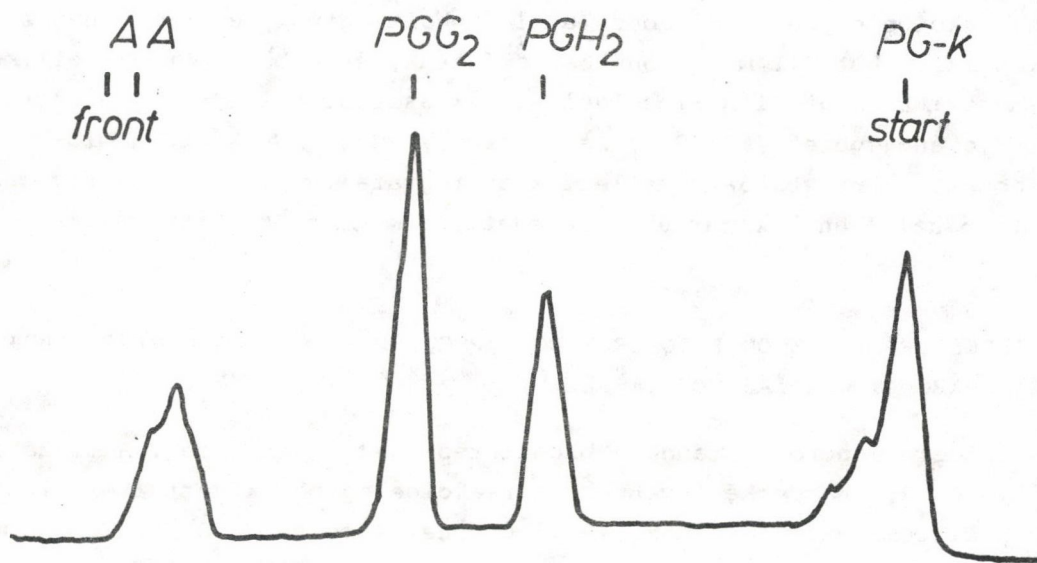
A reakcióelegy radiokromatogramja.  
Rendszer: benzol-dioxán-jégecet  
/60:30:3/

dardnak tekintjük. A standard sorozat mérésével egy időben, vagy közvetlenül utána, elvégezzük a bioszintézist, most már úgy, hogy a rendszerhez adott koncentrációban hozzáadjuk a vizsgálandó farmakont, és a standard módszerrel azonos módon feldolgozzuk, és kiértékeljük. Az adatokat felrajzoljuk a standard görbe mellé, és a két görbe lefutásából következtetünk arra, hogy a vizsgált farmakon az adott kísérleti körülmények között megváltoztatja-e a keletkezett PG-k mennyiségét.

A módszer lehetőséget ad arra, hogy egy rendszeren belül a PGF<sub>2α</sub>-t, a PGE<sub>2</sub>-t, a PGD<sub>2</sub>-t és esetenként fő

metabolitjaikat, a 15-keto-13,14-dihidro-PG-eket mérni tudjuk. Méréseinkben az így kapott értékek összege jól egyezik az arachidonsav fogyásának mért értékével.

E módszerrel a labilis endoperoxidok képződése nem követhető. A reakcióelegy gyors, hidegen végzett feldolgozása és a radiokromatogram  $-20^{\circ}\text{C}$ -on való kifejlesztése sikeres eredményt adott. Ha az endoperoxidok kimutatásánál, a szintézis folyamán, a primer PG-k keletkezését p-klór-merkuri-benzoáttal /PCMB/ gátoljuk, a radiokromatogram, az elhuzódó, sok esetben összemosódó foltok miatt, szinte kiértékelhetetlen. PCMB hozzáadása nélkül, izo-oktán - etil-acetát - jégcet /50:50:0,05/ rendszerben a PG-k a startban maradnak, a változatlan arachidonsav a fronttal együtt fut, míg a  $\text{PGH}_2$  és a  $\text{PGG}_2$  a kettő között jól elkülönülő folt alakjában jelenik meg /4. ábra/.



4. ábra

A reakcióelegy hideg feldolgozása után kapott radiokromatogram. Rendszer: izo-oktán-etilacetát-jégcet /50:50:0,05/

#### A FELHASZNÁLT ANYAG

Az arachidonsav-5,6,8,9,11,12,14,15- $^3\text{H}/n$ /,  $\text{PGE}_2$ -5,6,8,11,12,14,15- $^3\text{H}/n$ /,  $\text{PGF}_{2\alpha}$ -5,6,8,11,12,14,15- $^3\text{H}/n$ /,  $\text{PGD}_2$ -5,6,8,9,12,14,15- $^3\text{H}/n$ / az MTA Izotóp Intézet terméke. A szilikagél réteg Merck DC Alufolien Kieselgel 60/Kieselgur F-254. Az oldószereket /dietyl-éter, benzol, dioxán, metanol, etilacetát, izo-oktán/ felhasználás előtt desztillációval tisztítottuk.

A méréseket Berthold LB-2773 radioscanereren, valamint Berthold BF 5001 folyadékszintillációs készüléken értékeltük ki.

## KISÉRLETI RÉSZ

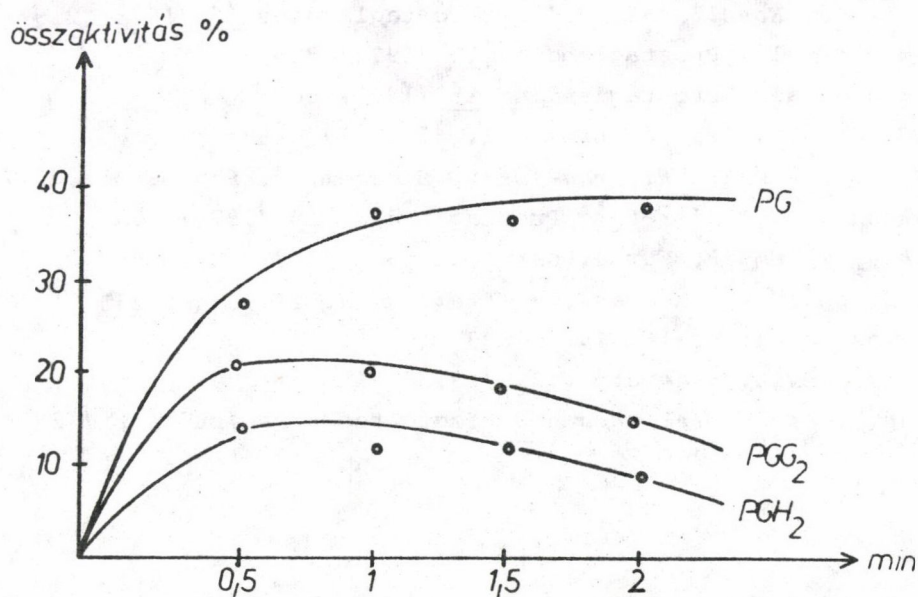
Kísérleteinkhez enzimforrásként kos ondóhólyagjából adalékanyag nélkül készült<sup>28</sup>, liofilizált felülszót használtunk.

### AZ ARACHIDONSAVBÓL KÉPZŐDŐ PRIMER PG-k MEGHATÁROZÁSA RADIO-VÉKONYRÉTEG-KROMATOGRÁFIÁS MÓDSZERREL

5-25 mg liofilizált felülszót /az enzim aktivitásától függően/ 5 ml 0,1 M foszfát pufferben /pH 7,4/ homogenizáltunk, hozzáadtuk 250  $\mu\text{g}/9,25$  kBq arachidonsav-<sup>3</sup>H 0,1 ml alkoholos oldatát, és 37°C-on, levegő átbuborékoltatása közben inkubáltuk. 1, 2,5, 5 és 7,5 percenként a reakcióelegyből 1 ml mintát vettünk. A mintát jeges vízben hűtve 0,8 ml 2 M citromsavval megsavanyítottuk, 10 ml éterrel extraháltuk, az éteres fázist 2 x 2 ml hideg desztillált vízzel mostuk. Az éteres reakcióelegyhez 2 ml absz. etilalkoholt adtunk, és vákuumban szárazra pároltuk. A maradékot 0,1 ml alkoholban oldottuk, és ebből 10  $\mu\text{l}$ -t szilikagél rétegre /Merck: DC Alufolien Kieselgel 60 / Kieselgur F-254/ cseppentettünk, és benzol-dioxán-jégecet /60:30:3/ rendszerben, PGE<sub>2</sub>, PGF<sub>2 $\alpha$</sub> , PGD<sub>2</sub>, 15-keto-PGF<sub>2 $\alpha$</sub>  és arachidonsav, mint standard mellett kromatografáltunk. A radioaktív csúcsonak megfelelő helyeken lekapartuk a réteget, és megmértük aktivitásukat.

### AZ ARACHIDONSAVBÓL KÉPZŐDŐ ENDOPEROXIDOK /PGG<sub>2</sub>, PGH<sub>2</sub>/ MEGHATÁROZÁSA RADIO-VÉKONYRÉTEG-KROMATOGRÁFIÁS MÓDSZERREL

A szintézis menete a standard bioszintézissel egyezik meg. A mintákat 0,5, 1, 1,5 és 2,5 percenként vettük. A reakcióelegyből kivett 1 ml mintát 0,8 ml 2 M citromsavat tartalmazó 10 ml éterhez /amelyet -10°C-ra előre lehűtöttünk/ hozzáadtuk, összeráztuk, majd -40°C-ra hűtöttük. Az éteres fázist 500 mg izzított magnéziumsulfátra dekantáltuk, a szárítószerről leöntött éteres részt vákuumban hidegen bepároltuk, a maradékot 0,1 ml vízmentes acetonban oldottuk. Az oldatból 10  $\mu\text{l}$ -t szilikagél rétegre cseppentettünk, és -20°C-on i-oktán-etilacetát-jégecet /50:50:0,5/ rendszerben futtattunk. A kiértékelés a standard szintézisével egyezett meg. Az 5. ábra a PG-endoperoxidok és primer PG-k képződését az idő függvényében mutatja.



5. ábra

A PG-endoperoxidok / $PGG_2$ ,  $PGH_2$ / és a primer PG-k képződése az idő függvényében

## IRODALOM

1. D.A. van Dorp, et al. *Biochim. Biophys. Acta.* 90 /1964/ 204
2. S. Bergström, et al. *J. Biol. Chem.* 239 /1964/ 4006
3. S. Bergström, H. Danielsson, B. Samuelsson, *Biochim. Biophys. Acta* 90 /1964/ 207
4. B. Samuelsson, *J. Amer. Chem. Soc.* 87 /1965/ 3011
5. D.H. Nugteren, E. Hazelhof, *Biochim. Biophys. Acta* 326 /1973/ 448
6. M. Hamberg, B. Samuelsson, *Biochim. Biophys. Res. Commun.* 61 /1974/ 942
7. M. Hamberg et al. *Proc.Nat.Acad.Sci.* 71 /1974/ 345
8. M. Hamberg, B. Samuelsson, *Proc.Nat.Acad.Sci.* 71 /1974/ 3400
9. M. Hamberg, J. Svensson, B. Samuelsson, *Proc.Nat.Acad.Sci.* 71 /1974/ 3824
10. M. Hamberg, J. Svensson, B. Samuelsson, *Proc.Nat.Acad.Sci.* 72 /1975/ 2994
11. S. Moncada et al. *Nature* 263 /1976/ 663
12. R. Gryglewski et al. *Prostaglandins* 12 /1976/ 685
13. S. Moncada et al. *Prostaglandins* 12 /1976/ 715
14. R.A. Johnson, et al. *Prostaglandins* 12 /1976/ 915
15. P. Borgeat, B. Samuelsson, 4. Intern. PG. Conference, Washington, 19 13.
16. M. Ali et al., *Prostaglandins* 14 /1977/ 819
17. A. Farsad et al., *Prostaglandins* 14 /1977/ 829

18. *J.M. Massel, J. Rosello, E. Gelpi, Prostaglandins* 15 /1978/ 219
19. *M.G. Thomas et al., Prostaglandins* 15 /1978/ 839
20. *M.G. Thomas et al., Prostaglandins* 15 /1978/ 862.
21. *S. Moncada et al., Brit.J.Pharmacol.* 61 /1977/ 451
22. *J. Robak, A Wiekowski, R. Gryglewski, Biochem. J. Pharmacol.* 27 /1978/ 393
23. *M.J. Duchesne, H. Thaler-Dao, Prostaglandins* 15 /1978/ 19
24. *Y.S. Bakhle, T. Smith, Eur.J.Pharmacol.* 46 /1977/ 31
25. *G. Bild, S. Bhat, C. Ramadors, B. Axelrod, J.Biol.Chem.* 253 /1978/ 21
26. *M. Sun, Prostaglandins* 16 /1978/ 699
27. *Huzoor-Akbar, Brit.J.Haematol.* 39 /1978/ 71
28. *Jécsai Gy., Koppány Zs., Mucha I. Izotóptechnika /Budapest/* 18 /1975/ 12

## TARTÓZKODÁSI IDŐ MEGHATÁROZÁSA RADIOIZOTÓPOS MÓDSZERREL KÖRFOLYAMATOS CEMENT- GYÁRI ŐRLŐBERENDEZÉSSEN

Gallyas M., Hilger M., Juhász I.

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

/Érkezett 1980. március 31-én/

Radioizotópos anyagáramlást vizsgáltunk egy 15,25 m hosszú, 4,4 m átmérőjű, doppelrotátor kapcsolású, körfolyamatos rendszerű cementgyári nyersmalomban. Nyomjelzőként  $^{24}\text{Na}$  izotópot alkalmaztunk. A jelzett anyag útját külső detektálással /15 detektor/ és mintavétellel /9 helyről/ követtük nyomon. A jelzett anyag átlagos tartózkodási ideje a malom I. kamrájában  $232 \pm 39$  s, a II.-ban  $161 \pm 76$  s volt. A jelzett anyag teljes eltávolításához az I. Kamrában 370 s-ra, a II.-ban 644 s-ra volt szükség.

Определение времени пребывания в помольной установке цемента методом меченых атомов  
Гаййаш, М., Хилгер, И., Юхас, И.

Движение материала в помольной установке замкнутого цикла /типа дoppelrotator/ длины в 15,25 м и диаметра в 4,4 м было изучено изотопной меткой. Путь меченого вещества был следован 15 внешними детекторами, а также взятием проб на 9 местах. Среднее время пребывания меченого материала в 1. камере было  $232 \pm 39$  сек, а во 2. -  $161 \pm 76$  сек. Для полного ухода меченого вещества понадобилось 370 сек в 1. камере и 644 сек во 2.

The Determination of Residence Time by Radiotracer Method in Cement Raw Mills  
Gallyas, M., Hilger, I., Juhász, I.

Material flow was studied with radioactive  $^{24}\text{Na}$  in a closed-circuit cement raw mill /type: doppelrotator/ of a length of 15.25 m and diameter of 4.4 m. The route of the active substance was followed externally by 15 detectors and by sampling on 9 places. The mean residence time of labelled material in the 1. chamber of the mill amounts to  $232 \pm 39$  s, in the 2.  $161 \pm 76$  s. For the complete evacuation of the labelled material 370 s /1. chamber/ and 644 s /2. chamber/ was needed.

### BEVEZETÉS

A cementgyári technológia egyik alapvető folyamata a nyersanyag-előkészítés, amelynek során a végtermék minősége is körvonalazódik. Adott technológiai körülmények között a gazdaságos üzemeltetés előfeltétele a nyersliszt őrlési finomságának, kémiai és ásványtani összetételének, valamint az égetési hőmérsékletnek az optimálása. Ezen túlmenően a nyersmalomnak szervesen csatlakoznia kell a kemence áramlási és hőhasznosító rendszeréhez. A nyersmalmok fejlesztéséhez elengedhetetlenül szükséges az őrlés technológiai paramétereinek közötti összefüggések feltárása, a változó technológiai paraméterek termékminőségre gyakorolt hatásának tisztázása, az őrlési mechanizmusuk kellő mélységű megismerése és az őrlés folyamatának folyamatszabályozás útján történő kézbe tartása.

E feladatok megoldásában jelentős szerepet játszanak a különféle típusú őrlőberendezéseken végzett komplex üzemi vizsgálatok<sup>2-5</sup>, amelyek során a

következő fontosabb paramétereket határozzák meg:

- az őrlőberendezés tömegáramai,
- a malomra feladott anyag, malomtermék, dara és végtermék szemszerkezetének eloszlása, figyelembe véve a légáramrendszer és szélosztályozó fordulatszám-  
ma változásának hatását,
- az őrlendő anyagnak az őrlőberendezésben való tartózkodási idejét leíró függvény,
- a körfolyamatos őrlőberendezéshez tartozó őrlőmalom műszaki és technológiai jellemzői.

Közleményünk e paraméterek közül a tartózkodási idő radioizotópos módszerrel történő meghatározásával foglalkozik.

## A VIZSGÁLATI MÓDSZER ELVI ALAPJAI

Az ipari berendezésekben, műveleti egységekben az áramlás közben végbemelő keveredés meghatározza az anyag áramlási sebességét, tartózkodási idejét a vizsgált rendszerben. E keveredésnek és ezzel magának az áramlásnak a jellemzésére a tartózkodási idő eloszlásfüggvénye használható<sup>6-7</sup>.

Tartózkodási időnek nevezzük valamely anyag adott térfogatelemének egy műveleti egységben /pl golyósmalomban/ eltöltött  $t$  idejét, vagyis a térfogatelem belépésének és kilépésének időpontja közti időtartamot.

Az anyag térfogatelemének kora adott időpontban a belépésének időpontjától eltelt időt jelenti.

Szakaszos üzemi műveleti egységben az anyag térfogatelemei be- és kilépésének időpontja azonos az egység töltésének és ürítésének időpontjával, és ezért, ha a töltés és az ürítés időtartama elhanyagolható, az anyag minden részletének tartózkodási ideje és kora azonos.

A folyamatos üzemi műveleti egységet működtetésének egész tartama alatt egyidejűen töltik, és ürítik. Az ilyen rendszerben az anyag tartózkodásának egyik jellemzője az átlagos tartózkodási idő  $\bar{t}$ , amely az egység anyaggal kitöltött térfogatának  $V$  és a rendszerbe táplált anyag térfogati sebességének  $v_v$  hányadosa:

$$\bar{t} = \frac{V}{v_v} \quad . \quad /1/$$

A  $\bar{t}$  átlagos tartózkodási idő azonban csak az anyagáram egészét jellemzi, hiszen csak ideális határesetként képzelhető el, hogy az áramló anyag minden eleme azonos időt töltsön a berendezésben. A hosszanti keveredés hatására az anyag egyes térfogatelemei előresietnek a berendezésben, mások pedig lemarad-

nak, ezért tartózkodási idejük nem egységes; mind a berendezésben tartózkodó, mind a belőle kilépő anyag különböző tartózkodási idejű térfogatelemek keveréke.

Azipari berendezésekben lejátszódó anyagáramlás pontos leírásához szükség van a tartózkodási idő eloszlási függvényeinek és összefüggéseiknek ismeretére.

A belső tartózkodási idő eloszlását, azaz a műveleti egységben lévő anyag korát az  $I(t)$  eloszlásfüggvény írja le.

A berendezést kitöltő,  $V$  térfogatu anyagnak az a törtrésze, amelynek kora /vagyis belépése óta az adott időpontig eltelt idő/  $t$  és  $dt$  közé esik,  $I(t)dt$ . Mivel  $t = 0$  és  $t = \infty$  között az anyag teljes mennyisége belép a berendezésbe,

$$\int_0^{\infty} I(t) dt = 1 . \quad /2/$$

A külső tartózkodási idő eloszlását, vagyis a berendezésből kilépő anyag korának eloszlását az  $E(t)$  eloszlásfüggvény írja le. A berendezésből kilépő anyag  $t$  és  $t + dt$  kora közé eső része  $E(t) dt$ . Mivel  $t = 0$  és  $t = \infty$  között a teljes anyagmennyiség kilép,

$$\int_0^{\infty} E(t) dt = 1 . \quad /3/$$

A reaktorból kilépő anyag átlagos kora /átlagos tartózkodási ideje/:

$$\bar{t} = \int_0^{\infty} t E(t) dt . \quad /4/$$

Az átlagos tartózkodási idő szórásnégyzete:

$$\sigma_t^2 = \frac{\int_0^{\infty} t^2 E(t) dt}{\int_0^{\infty} E(t) dt} - \bar{t}^2 . \quad /5/$$

A tartózkodási idő eloszlásfüggvénye, az  $F(t)$  függvény a  $t$ -nél kisebb korok előfordulásának gyakoriságát határozza meg:

$$F(t) = \int_0^{\infty} E(t) dt = 1 - I(t) . \quad /6/$$

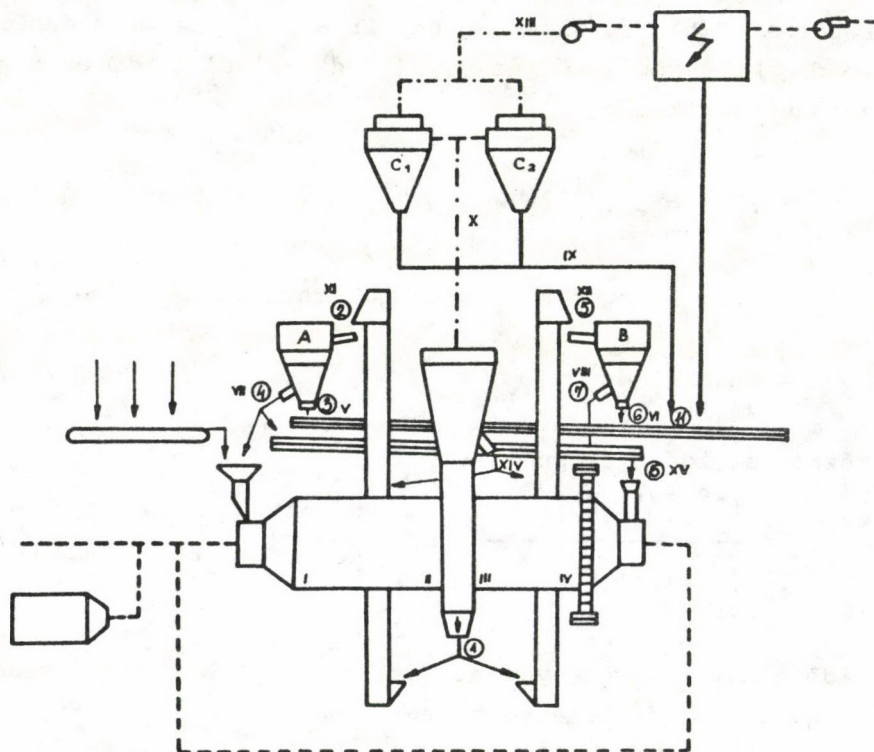
Az eloszlási függvények ismeretében megkísérelhető a vizsgált berendezés modellezése. A modellezés abból áll, hogy ideális dugattyúk /ideális áramlás/ és ideális keverők soros vagy párhuzamos kapcsolásával olyan egységet hozunk létre, amelyben a mérthez hasonló a tartózkodási idő.

Egyes ipari berendezésekre - /üvegolvasztó kádmedence, cement- és nyers-  
 őrlő malom stb./ - már számos hidrodinamikai és matematikai modellt dolgoz-  
 tak ki<sup>8-14</sup>, de körfolyamatos őrlőberendezésre ilyen próbálkozás még nem lá-  
 tott napvilágot. A berendezésekben lejátszódó folyamatok bonyolultsága /pl.  
 az őrlendő anyag cirkulációja/ miatt mindegyik csak bizonyos mértékű közeli-  
 tést tesz lehetővé.

## KISÉRLETI RÉSZ

### AZ ŐRLŐBERENDEZÉS

A radioizotópos anyagáramlás-mérést egy 15,25 m hosszú, 4,4 m átmérőjű,  
 doppelrotátor kapcsolású, köpenykiömlésű, körfolyamatos rendszerű, Polysius  
 gyártmányu nyersmalomban végeztük, amelynek névleges teljesítménye 200 t/h.  
 Az őrlőberendezés elvi vázlatát, a detektorok elhelyezését és a mintavevő  
 helyeket /az előbbieket római, az utóbbiakat arab számokkal jelöltük/ az  
 1. ábra mutatja.



1. ábra

A nyersmalom elvi rajza a detektorok és mintavevő helyek  
 feltüntetésével

## A RADIOAKTIV NYOMJELZÉS

Korábbi, cementmalmokon végzett anyagáramlás-vizsgálataink során kapott kedvező tapasztalataink alapján nyomjelzőként  $^{24}\text{Na}$ -izotópot használtunk, amely  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  hordozóvegyületben állt rendelkezésünkre. A felhasznált  $^{24}\text{Na}$  izotóp jellemző adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

## 1. táblázat

A nyomjelzőként használt  $^{24}\text{Na}$ -izotóp jellemző adatai

Felezési idő /h/:	15,1
$\gamma$ -energia, /MeV/:	1,369 /100 %/ 2,754 /100 %/
Hordozó vegyület:	$\text{Na}_2\text{CO}_3$
Aktivitás /MBq/:	$2,22 \cdot 10^4$
/Ci/ :	0,6

A nyomjelzést úgy végeztük, hogy a  $^{24}\text{Na}$ -izotópot tartalmazó  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  port 50 g gyorsan kötő cementtel és vízzel jól elkevertük, majd a keveréket - megszilárdulása után - a szállítószalagra helyezve juttattuk a vizsgált rendszerbe.

## A RADIOAKTIV ANYAG DETEKTÁLÁSA

A malomrendszerbe juttatott, az inaktívval együtt áramló aktív anyag utját az őrlőberendezésen kívülre telepített detektorokkal, valamint a technológiai egységeken kialakított mintavevőhelyeken vett minták intenzitásának mérésével követtük nyomon.

Az őrlőberendezés 15 pontján /1. ábra, római számmal jelölt helyek/ helyeztünk el ólomkollimátorral ellátott detektort. A malomnál - a meghajtás felől nézve - a bal oldalon, a köpenytől 0,20 m-re, a talajtól mért 1,50 m magasságban, a palástra merőlegesen helyeztük el a detektorokat. A többi helyen közvetlenül a szerkezeti egység falánál, rá merőlegesen állítottuk fel a detektorokat, amelyeknek jelét ratemeterek összegezték, és vonalirók regisztrálták folyamatosan. /A malom mellett elhelyezett detektorok jelét digitálisan is rögzítettük, a mérési adatok feldolgozásának egyszerűsítése végett/. A mérőberendezések jellemző adatait a 2. táblázat tartalmazza.

Az őrlőberendezés 9 helyén /1. ábra, arab számmal jelölt helyek/ a jelzett anyag bedobása után percenként vettünk mintát, amelyeknek fajlagos intenzitását üreges kristállyal ellátott, ólomtoronyba helyezett, energiaszelektív számlálóhoz csatlakoztatott szcintillációs mérőfejjel határoztuk



Az időmérés szinkronját úgy biztosítottuk, hogy a mérőberendezéseket a jelzett anyag beadagolása előtt 5 perccel központilag indítottuk, a mintavételi helyeken pedig stopperrel mértük az eltelt időt.

Mind a mintavételt, mind a folyamatos regisztrálást az intenzitásértékek kétszeres háttérszintre való csökkenéséig folytattuk.

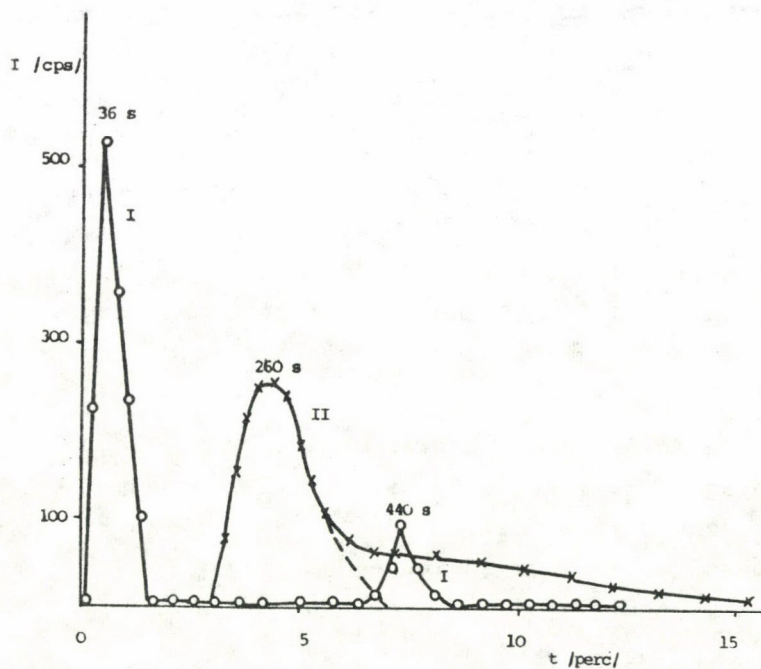
## A MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A vonalirók által rögzített regisztrátumok, illetve a minták intenzitásértékeit a háttér intenzitásával korrigáltuk, és a jelzett anyag adagolásától számított idő függvényében ábrázoltuk. A mérés során kapott 24 intenzitás-idő görbéből csupán néhány fontosabbat ismertetünk.

A görbéről, amelyeken az összehasonlíthatóság kedvéért azonos intenzitás- és időléptéket alkalmaztunk /kivéve a malom mellett elhelyezett detektorokkal mért értékeket, ahol a nagyobb abszorpció miatt kisebb intenzitást mértünk/, leolvasható az izotóppal jelzett anyag megjelenésének időpontja a malomrendszer meghatározott helyein, valamint a jelzett anyag maximális mennyiségének áthaladásához tartozó intenzitáscsúcs és időpont.

A görbék adatai alapján kiszámíthatók a tartózkodásiidő-eloszlási függvények /I, E, F/, az átlagos tartózkodási idő  $\bar{t}$  és szórása  $\sigma$ .

A malom I. kamrája elején és végén elhelyezett detektorok /I és II/ előtt elhaladt jelzett anyag intenzitásának időbeli változását mutatja a 2. ábra.



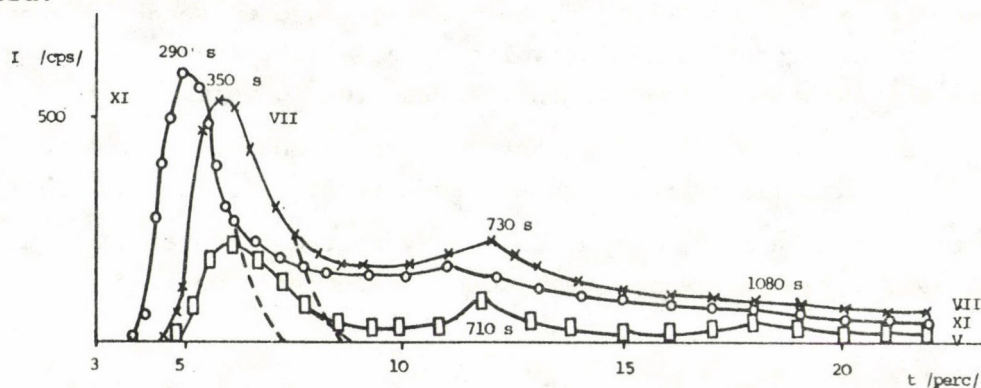
2. ábra

A jelzett anyag intenzitásának változása az idő függvényében az I. és II. detektor előtt

Az I. görbéről leolvasható, hogy a jelzett anyag a bedobás után 10-15 másodperccel már megjelenik az I. detektor előtt, maximális mennyisége 36 másodperc elteltével halad el. Az intenzitásgörbén látható egy másik, helyi maximum is /440 s-nál/, amit a darával a malomba visszajutott jelzett anyag intenzitása okoz.

A 2. ábra II. görbéje arról tanuskodik, hogy a jelzett anyag kb. 180 s elteltével jelenik meg az I. kamra végén, maximális mennyisége 260 s elteltével halad el a II. detektor előtt. A II. görbén, a malomban végbemenő keveredés /jelzettanyag-felhígulás/következtében másodlagos helyi maximum nem észlelhető, de a 6. és 10. perc közötti plató arra utal, hogy recirkuláció révén ismét jelzett anyag jutott a detektor elé. Ugyancsak a keveredésre utal az is, hogy a II. görbe első intenzitáscsúcsa kisebb és szélesebb, mint az I-é.

Az A szélosztályozó aerációs csatornáján, végtermékénél és daratermékénél elhelyezett detektorok /XI., V. és VII./ által mért intenzitást mutatja a 3. ábra.

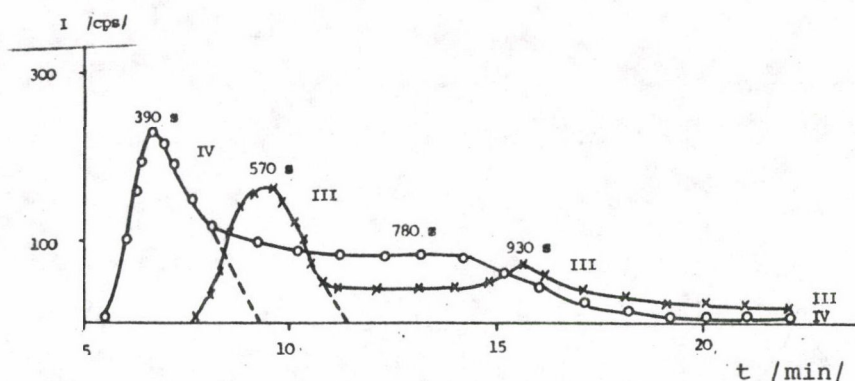


3. ábra

A jelzett anyag intenzitásának változása az idő függvényében a XI., VII. és V. detektor előtt

A XI. detektor előtt 220 s elteltével jelenik meg a jelzett anyag, maximális mennyisége 290 s elteltével halad el. A 660 s-nál jelentkező másodlagos intenzitás csúcs a cirkuláló jelzett anyag újbóli megjelenésének tulajdonítható.

A VII. és V. detektor előtt - a mérési hiba határain belül - kb. azonos idő után jelenik meg a jelzett anyag /270, illetve 280 s/, s az elsődleges és másodlagos csúcsok helye is közel azonos /350, illetve 360 s, 730, illetve 710 s/. Az elsődleges csúcsok magassága, illetve szélessége az anyag előrehaladtával tovább csökken, illetve szélesedik.



4. ábra

A jelzett anyag intenzitásának változása az idő függvényében a III. és IV. detektor előtt

A malom II. kamrájának elején és végén elhelyezett detektor /IV., illetve III./ előtt elhaladt jelzett anyag intenzitásának időbeli változását mutatja a 4. ábra. Az ábra tanúsága szerint a jelzett anyag a bedobástól számított 330 s után jut a II. kamra elejére, maximális mennyisége pedig 390 s elteltével halad el a IV. detektor előtt. Az elsődleges csucs után 10 és 14 perc között recirkulációra utaló

plató figyelhető meg, majd az intenzitás az idő előrehaladtával monoton csökken.

A III. detektor elé 460 s elteltével jut a jelzett anyag, maximális mennyisége 570 s elteltével halad el. A görbén egy másodlagos csucs is észlelhető 930 s-nál, ami a jelzett anyag cirkulációjára utal.

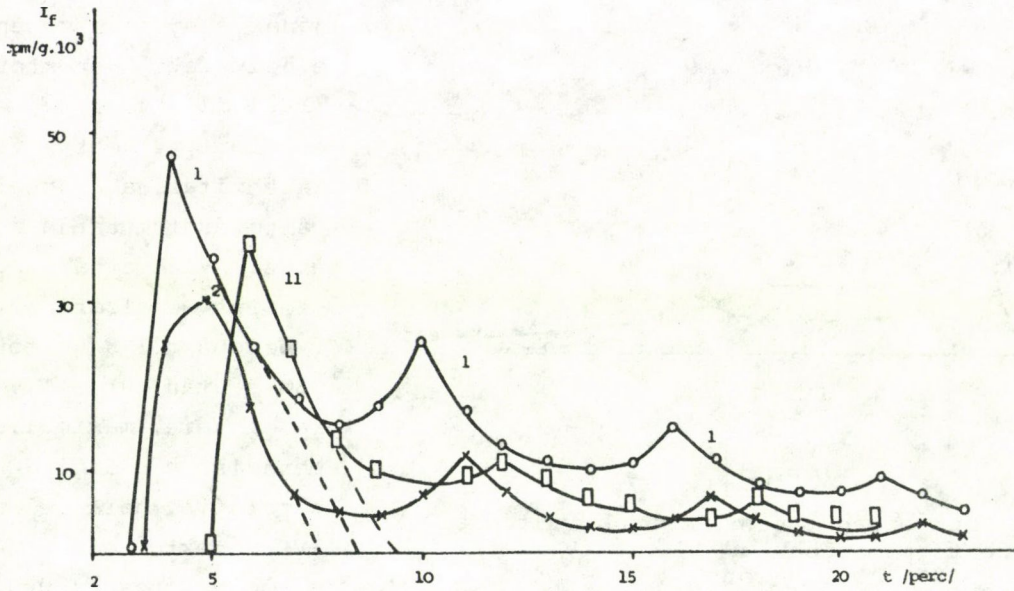
A folyamatosan rögzített intenzitás-időfüggvények értékeinek ellenőrzésére, illetve a detektorok számára hozzá nem férhető pontokon azok helyettesítésére szolgál a mintavételezés.

Az utóbbi előnye, hogy a minták fajlagos intenzitása alapján közvetlenül kvantitatív összehasonlítást lehet tenni a technológiai rendszer különböző helyein áramló anyagmennyiségek között, míg ugyanez a folyamatos detektálásnál csak a relatív intenzitások kiszámításával / $E(t)$  függvény/ érhető el. A mintavételezés hátránya, hogy a mintavételek közötti intervallumokban lejátszó folyamatokról nem nyújt felvilágosítást.

A folyamatos detektálás és a mintavételezés a fentiek alapján jól kiegészíti egymást, együttes alkalmazásuk növeli a mérés információtartalmát.

A malomrendszer 9 helyén vettünk percenként anyagmintát, ezek közül az 1., 2. és 11. mintavételi helyről származó minták fajlagos intenzitásának időbeli változását tüntettük fel az 5. ábrán.

Amint az 1. ábrán látható, a 2., 3., 4., 5., 6., 7. és 15. mintavételi hely mellett helyeztük el a XI., V., VII., XII., VI., VIII. és XV. detektort, így hét esetben nyílt lehetőség a kétféle módszerrel kapott adatok összehasonlítására.



5. ábra

A jelzett anyag fajlagos intenzitásának változása az idő függvényében az 1., 2. és 11. mintavételi helyen

Az 5. ábra intenzitás-időgörbéiről leolvasható, hogy a jelzett anyag a 3. /1. és 2. mintavételi hely/, illetve 6. percben /11. mintavételi hely/ vett mintában volt először kimutatható.

A maximális mennyiségű jelzett anyag a 4. /1. m.h./, 5. /2. m.h./, illetve 6. percben /11. m.h./ vett mintákban fordult elő. További intenzitásmaximum jelentkezett a 10., 16. és 21. /1. m.h./, a 11., 17. és 22. /2. m.h./, valamint a 12. és 18. /11. m.h./ percben.

A 3. ábra XI. detektorra vonatkozó és az 5. ábra 2. mintavételi helyre vonatkozó értékeit összevetve megállapítható, hogy a kétféle módszerrel mért adatok /jelzett anyag megjelenése 220 s, illetve 3-4 perc között, első intenzitásmaximum 290 s, ill. 5. perc, második intenzitásmaximum 660 s, ill. 11. perc/ jól egyeznek.

A tartózkodási idő eloszlási függvényei, valamint az átlagos tartózkodási idő és szórása meghatározása előtt matematikai úton elő kellett állítani az ún. "tisztá" elsődleges intenzitáscsucst. A körfolyamatos rendszerű őrlésnél a malmon áthaladt anyag bizonyos hányada /a szélesztályozók daraterméke/ visszajut a malomba, és újra részt vesz az őrlési folyamatban. A recirkuláció mindaddig folytatódik, míg az őrlendő anyag el nem éri a kívánt szemcseméret-eloszlást. A radioizotópos mérésnél ez a recirkuláció a másodlagos, harmadlagos, stb. intenzitáscsucs, vagy elnyult platók formájában jelentkezik. A recirkuláció következtében megváltozik az intenzitás-időfügg-

vények alakja: a visszatérő aktiv anyag intenzitása az adott detektor előtt még el nem haladt anyag intenzitására szuperponálódik.

Az elsődleges és másodlagos intenzitások szétválasztásánál feltételeztük, hogy - ha nincs recirkuláció - az üzemi berendezésen áthaladó jelzett anyag detektálásakor kapott intenzitás-időgörbe normál eloszlási függvényvel közelíthető<sup>15</sup>. A "tisztá" elsődleges intenzitáscsucs alakját - a maximumtól balra eső összes, valamint a jobbra lévő 4-6 intenzitásérték felhasználásával - Lippek és Espig<sup>13</sup> módszerével számítógéppel határoztuk meg /lásd 2.-5. ábra, szaggatott vonallal kiegészített csucsk/. Az elsődleges intenzitás-csucs ismeretében a számítógépes program segítségével kiszámítottuk a tartózkodásiidő-függvényeket, a jelzett anyag egyes detektorok előtti átlagos tartózkodási idejét és ennek szórását. Az utóbbiakat a 4. táblázatban foglaltuk össze.

#### 4. táblázat

A jelzett anyag tartózkodási ideje a nyersmalomrendszer mellé telepített I-XV. detektor előtt

A detektor száma	tartózkodási idő $\bar{t}$ /s/	a tartózkodási idő szórása /s/	az intenzitás-maximum helye /s/
I.	42	± 15	36
II.	274	± 36	260
XI.	312	± 42	290
XII.	325	± 43	300
V.	379	± 45	360
VI.	375	± 44	360
VII.	385	± 46	350
VIII.	388	± 46	360
XV.	398	± 48	380
IV.	424	± 50	390
III.	585	± 57	570
X.	257	± 33	240
XIII.	268	± 35	250
IX.	309	± 41	290
XIV.	286	± 39	260

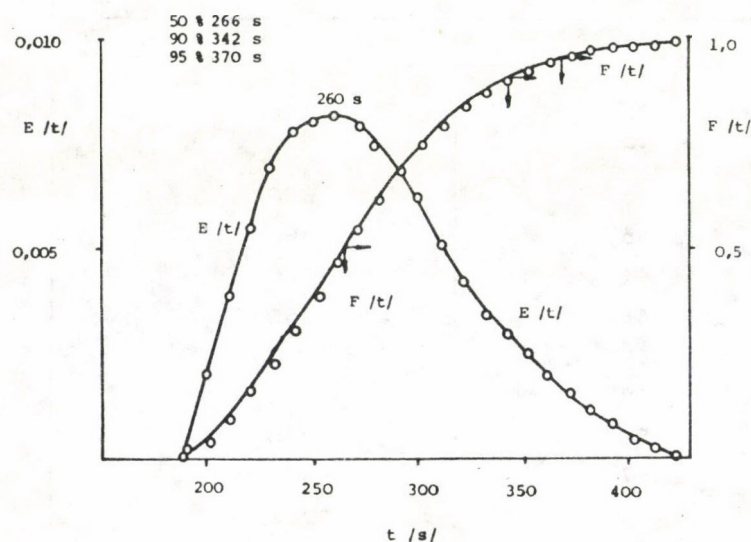
A 4. táblázat adatai alapján meghatároztuk a jelzett anyag átlagos tartózkodási idejét az egyes malomkamrákban /a II. és I. detektornál, illetve a IV. és III. detektornál mért tartózkodási idő különbsége/:

I. kamra:	$\bar{t} = 232 \pm 39$ s
II. kamra:	$\bar{t} = 161 \pm 76$ s.

A II. kamrára meghatározott tartózkodási idő nagy szórása feltehetően annak tulajdonítható, hogy a jelzett anyag bejutása a II. kamrába egyenetlen, így a bemenő jelben bevitt pontatlanság a kimenőjelben még inkább megnyilvánult.

A malomhossz és az átlagos tartózkodási idő ismeretében kiszámítottuk az őrlendő anyag áramlási sebességét, amely az I. kamrában  $0,023 \text{ ms}^{-1}$ , a II-ban  $0,031 \text{ ms}^{-1}$  értéknek adódott.

A tartózkodásiidő-függvények közül a II. és III. detektor előtt elhaladó jelzett anyagra vonatkozó  $E(t)$ , illetve  $F(t)$  függvényeket mutatja a 6. és 7. ábra. A görbéről leolvasható, hogy adott időpontban a jelzett anyag hányadrésze hagyja el az I., illetve a II. kamrát. Pl. az I. kamrából a 260 s, a II.-ból az 570 s tartózkodási idővel kilépő anyagrészlet mennyisége a legnagyobb.

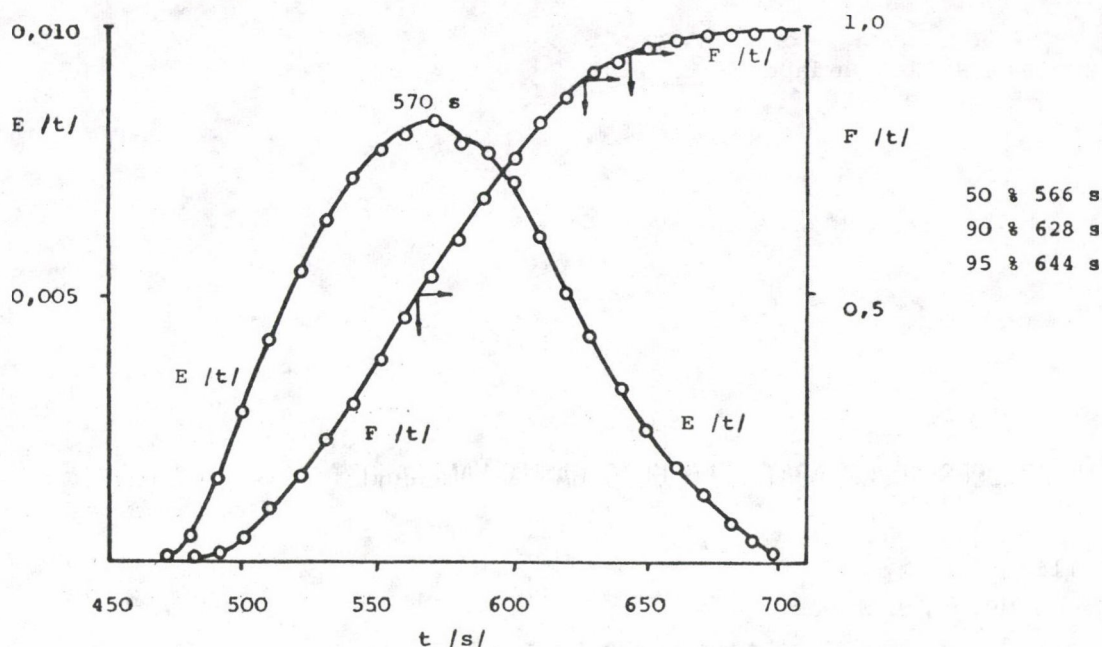


6. ábra

A II. detektor előtt elhaladt jelzett anyagra vonatkozó tartózkodásiidő-eloszlási görbék /E, F/

A 6. és 7. ábra  $F(t)$  görbéiről leolvasható az egyes korokhoz tartozó relatív gyakoriság. Pl. az I. kamrába jutott jelzett anyag 50, 90, illetve 95%-ának eltávozásához szükséges idő rendre 266, 342, illetve 370 s; a II.-ra vonatkozó érték pedig 566, 628, illetve 644 s.

Az intenzitás-idő-görbéről - a másodlagos, harmadlagos, stb. intenzitásmaximumok helye alapján - megállapítható a malomrendszerben áramló anyag recirkulációs ideje, ami esetünkben átlagosan 6 percnak adódott.



7. ábra

A III. detektor előtt elhaladt jelzett anyagra vonatkozó tartózkodásiidő-eloszlási görbék /E, F/

## IRODALOM

1. M.A. Вердиян, И.И. Дубовик, Ф.Т. Беднаков, Изотопы в СССР, 1974, № 37
2. Gallyas M., Gémesi J., Építőanyag 27 /1975/ 314
3. Z. Bazaniak, O. Kruszewska, Nucleonics 22 /1977/ 1
4. H. Rötzer, W. Hagspiel, Zement-Kalk-Gips 30 /1977/ 63
5. Gallyas M., Hilger M., stb., Építőanyag 31 /1979/ 60
6. Földiák G., Izotórok ipari alkalmazása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972
7. И.Г. Абрамсон, Е.И. Павлов, И.Г. Судакас, Ядернофизические методы в исследованиях цементного производства, Стройиздат, Ленинград, 1975
8. D. Wolf, W. Resnick, IAEA Fundamentals 2 /1963/ 287
9. K. Parimi, T.R. Harris, Canad. J. Chem. Engng 53 /1975/ 175
10. M.A. Вердиян, В.В. Кафаров, Цемент 1974, №11, 5
11. В.В. Кафаров, М.А. Вердиян, Цемент 1976 №4, 8
12. H. Zschocher, Silikattechnik 24 /1973/ 83
13. E. Lippek, D. Espig, Freiburger Forschungshefte, 1978, 602 sz., 77
14. R.S. Rogers, R.P. Gardner, AIChE J. 25 /1979/ 229
15. F.J. Mardulier, D.L. Wightman, Rock Products, 1971/6, 90

## MIKROPROCESSZOROS ADATFELDOLGOZÓ GAMMA-KAMERÁHOZ

Billing Á.

Gamma Művek, Budapest

/Érkezett 1979. december 12-én/

Машина на микропроцессорах для обработки данных из гамма-камеры  
Биллинг, А.

A Microprocessor Based Data Processing Unit for Gamma Chamber  
Billing, Á.

A Gamma Művek 1977 óta sorozatban gyártja a MB 9101-es számítógépes adatfeldolgozót. A berendezés TPA-i számítógépen alapszik, és komplett számítástechnikai egységeket tartalmaz. A rendszerkonfiguráció teljességét a számítástechnikai alegységek magas ára korlátozza, ezért kapcsolástechnikai és software "trükkökkel" tettük alkalmassá a rutin izotópdiagnosztikai vizsgálatra, kutatási célra pedig szabadon választható egységekkel lehet felhasználni.

A berendezések kibocsátási darabszámát korlátozza a számítástechnikai alegységek beszerzési lehetősége. Mivel 1978 második felétől az MB 9100-as gamma-kamerát is gyártjuk, Picker-szabadalom alapján, az adatfeldolgozó iránti igény is növekedett.

Elhatároztuk tehát, hogy kidolgozzuk a mikroprocesszoros adatfeldolgozót, mert így a nagyobb igényt is ki tudjuk elégíteni, és hasonló áron, az olcsóbb alkatrészek felhasználása miatt, nagyobb konfiguráció kialakítása válik lehetségessé.

A mikroprocesszoros rendszer jelenleg fejlesztési stádiumban van, a deszkamodell elkészült. Fejlesztésénél figyelembe vettük az MB 9101-es berendezésnél szerzett tapasztalatainkat és a felhasználók észrevételét.

Az alapkonfiguráció a következő:

- központi egység: 16 bites szószervezésű, CPU 32k szó memóriával. A CPU szó- és byteoperációra egyaránt alkalmas. A memória 0,7  $\mu$ s ciklusidejű, 16 bites MOS IC-ből épül fel.

A memória 16k-s számlépésekben 256k szóig növelhető. 4k szó EPROM szolgál a LOAD funkcióra és a rendszer ellenőrzésére, melyben még gyakran használható rutinok is elhelyezhetők.

- Háttértár:

a/ 1 db 7,5 Mbyte kapacitású bolgár disc, egy fix és egy cserélhető lemezzel,

b/ 1 db floppy disc rendszer.

- Alfanyomtatás: a CPU-val közvetlenül címezhető felfrissítő memóriával. A szövegszervezést az EPROM-ban lévő program segítségével a CPU végzi. A kijelző ernyő a szövegen kívül lehetővé teszi a képinformáció 64 fényességi fokozattal rendelkező, fekete-fehér kijelzését is.

- Mátrixnyomtató: a szöveg dokumentálására D2 M 180-as mátrixnyomtató szolgál. Speciális átalakítás révén a kép 16 denzitásfokozatban regisztrálható, speciális pontokból álló karakterek segítségével. A betű és sorköz azonos méretű, így nem okoz torzítást a regisztrátumon.

- Lyukszalag perifériák: az off-line adatfeldolgozást kombinált olvasó és perforátor egység teszi lehetővé.

- Kamerainterface: a rendszer alapkiépítésben két kamera vagy két csatorna egyidejű begyűjtését teszi lehetővé. Többcsatornás tárolással a kettős impulzusfelbontása 1,5  $\mu$ s, így az MB 9100-as alapkamera jeleit gyakorlatilag veszteség nélkül tudja feldolgozni. Az A/D átalakító felbontása 7 bit.

A begyűjtésnél lehetőség van 32x32, 64x64 és 128x128-as framek aktiválására, byte vagy 16 bites tartalommal. A framek elhelyezését a begyűjtés és kijelzés alatt a memória tetszőleges helyéről lehet indítani. Ez nagy sebességű dinamikus begyűjtést tesz lehetővé.

Pl. 64x64-es byte szervezésű képből 24-et lehet tárolni másodpercenként. List üzemmód esetén 120 ezer beütés dolgozható fel másodpercenként. Lehetőség van a list begyűjtéssel együtt egy 64x64-es frame begyűjtésére is, amelyet interaktívan meg lehet jeleníteni a displayn.

- Színes display: Trinitron képernyős displayn 64x64 vagy 128x128-as kép jeleníthető meg a valódi memóriatartalomról, 64-szintes szinkóddal. A software segítségével négy, előre beprogramozott szinkód közül bármelyiket lehet ak-

tivizálni. A 4 szinkód 4096 színlépcsőből választhat, és PROM-ban van tárolva. Lehetőség van 80x64 és 160x128-as kijelzésre is. Álkép is kijelzhető. Így 128x128-as képet lehet kijelezni 4k-ból, és 256x256-os képet 16k memória felhasználásával. Ezeknél a képeknél softwares előrendezés szükséges. Ilyen esetben csak 16 színlépcső különböztethető meg.

A display teljes területén alfanumerikus információt is el lehet helyezni, 16 sorban, soronként 80 karakterrel, fehér vagy zöld színben. A szöveg kezelése, az alfanumerikus displayhez hasonlóan, a CPU-n keresztül történik.

Az alfanumerikus kód prioritása nagyobb, így felülírja a képtartalmat.

A rendszer kiegészíthető: ilyen a memóriabővítés, oszcilloszkópos kijelzés három dimenziós ábrákkal /az oszcilloszkóp szervizcélra is szolgál/ és a laborperiféria-rendszer. A rendszer leegyszerűsített változata csak a központi rendszert és a displayt tartalmazza, és közvetlen kapcsolatban van a teljes kiépítettségű rendszerrel. Így lehetőség van arra, hogy több gamma-kamerával rendelkező laboratóriumban csak egy központi rendszert lássanak el perifériával, és a többi kamera mellé elhelyezett szatelitrendszer is ezeket használja.

A mikroprocesszoros adatfeldolgozó software-je az MB 9101-nél alkalmazott táblázatos rendszerre épül fel. A nagyobb konfiguráció viszont lehetővé teszi egyidejűleg több művelet végzését is /pl. begyűjtés és képfeldolgozás/.

A mikroprocesszoros rendszer "user" programnál célszerűen használható operációs rendszerrel rendelkezik. A felhasználói program Assemblerben vagy Fortranban írható meg.

## AZ 1980. ÉVI ATOMTÖRVÉNY

### 1980. évi I. törvény az atomenergiáról

Az atomenergia a társadalmi szükségletek kielégítésére széles körben, hatékonyan és gazdaságosan alkalmazható. Az ipar, a mezőgazdaság, az egészségügy és a tudományos kutatások számos területén rendszeressé vált az atomenergia alkalmazása. Az atomenergia békés célú felhasználása a Magyar Népköztársaságban is egyre bővül és fontos szerepet kap az ország energiaellátásának biztosításában.

Az atomenergia azonban tömegpusztító fegyverként is használható. A Magyar Népköztársaság mindent megtesz annak érdekében, hogy a lehető leggyorsabban megvalósuljon a nukleáris fegyverkezési verseny megszüntetése és hatékony lépések történjenek a nukleáris leszerelés érdekében. Ezért hazánkban az atomenergia felhasználása kizárólag békés célokra szolgálhat.

Az atomenergia békés célú alkalmazása veszélyes is járhat, helytelen felhasználása károsíthatja az egészséget és az emberi környezetet. Az atomenergia biztonságos alkalmazása — a műszaki intézkedések mellett — kifogástalanul szervezett és végzett munkát igényel, amelyet megfelelő szabályozással is elő kell segíteni.

Ezért az Országgyűlés a következő törvényt alkotja:

### I. fejezet

#### ALTAI ÁNOS RENDELKEZÉSEK

1. § (1) A törvény hatálya az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos tevékenységekre terjed ki.

(2) A törvény értelmében atomenergia alkalmazásával kapcsolatos tevékenység

a) nukleáris anyag és radioaktív anyag birtoklása, előállítása, termelése, tárolása, csomagolása, szállítása, felhasználása, átalakítása, forgalomba hozatala, eltávolítása, elhelyezése (temetése),

b) a felsorolt tevékenységeket szolgáló létesítmény, berendezés, készülék, tervezése, kivitelezése, létrehozása, üzemeltetése, átalakítása, javítása, megszüntetése, valamint

c) ionizáló sugárzást létrehozó berendezés, készülék tervezése, előállítása, üzemeltetése, átalakítása, megszüntetése

(a továbbiakban együtt: atomenergia alkalmazása).

(3) A törvény értelmében nem tekinthető atomenergia alkalmazásának azon radioaktív anyagoknak, valamint berendezéseknek és készülékeknek az alkalmazása, amelyek — az általuk létrehozható ionizáló sugárzás jellege és mértéke folytán — az emberi életre és egészségre, továbbá az emberi környezetre nem minősülnek veszélyesnek. Ezek körét jogszabály állapítja meg.

2. § A Magyar Népköztársaságban a nemzetközi szerződésekben vállalt kötelezettségekkel összhangban tilos az atomenergiának nukleáris fegyverek, vagy egyéb tömegpusztító eszközök céljára való alkalmazása.

3. § A Magyar Népköztársaságban az atomenergia alkalmazása, az azzal összefüggő tudományos kutatás és fejlesztés az egész társadalom ér-

dekét szolgálja. Ezeket a tevékenységeket a társadalom- és gazdaságpolitikai célokkal, valamint a népgazdasági tervvel összhangban, tervszerűen kell végezni.

4. § Az atomenergia alkalmazása körébe tartozó anyagok, létesítmények, berendezések és készülékek — ha jogszabály kivételt nem tesz — társadalmi tulajdonban állnak. Az ezekkel való kereskedelem az állam monopóliuma, amelyet az erre kijelölt szervek útján gyakorol.

5. § (1) Az atomenergiát csak oly módon szabad alkalmazni, hogy az ne károsítsa az emberi életet, a jelenlegi és a jövő nemzedékek egészségét, életfeltételeit, az emberi környezetet és az anyagi javakat.

(2) Az atomenergia alkalmazása kizárólag jogszabályban meghatározott módon és rendszeres állami ellenőrzés mellett történhet.

(3) A hatósági feladatok ellátása útján biztosítani kell, hogy az atomenergia alkalmazása megfeleljen a jogszabályoknak, a biztonsági, sugárvédelmi és környezetvédelmi követelményeknek.

(4) A hatósági feladatok ellátása nem érinti az atomenergia alkalmazójának közvetlen felelősségét.

6. § Az atomenergia alkalmazását, a kutatási és fejlesztési feladatok megoldását a tudomány és a technika fejlesztésével, a kutatómunka összehangolt szervezésével, a hazai és a nemzetközi tudományos kutatások eredményeinek gyakorlati alkalmazásával, valamint szakemberek képzésével és továbbképzésével is elő kell segíteni.

7. § Gondoskodni kell arról, hogy az állampolgárok az atomenergia alkalmazásával összefüggő alapvető tudományos, technikai és egyéb ismereteket az oktatás, közművelés és tájékoztatás útján megismerjék.

8. § A Magyar Népköztársaság az atomenergia békés célú, biztonságos alkalmazását nemzetközi szerződések keretében való együttműködéssel is elősegíti.

## II. fejezet

### AZ ATOMENERGIA ALKALMAZÁSÁNAK BIZTONSÁGA

9. § Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos biztonsági követelményeket a tudomány eredményeinek és a nemzetközi tapasztalatoknak a figyelembevételével, jogszabályokban, biztonsági szabályzatokban, állami szabványokban kell meghatározni; azokat a tudomány és a technika fejlődésének megfelelően folyamatosan korszerűsíteni kell.

10. § (1) Az atomenergia alkalmazása során biztosítani kell, hogy

a) ne jöhessen létre ellenőrizhetetlen és szabályozhatatlan nukleáris láncreakció,

b) a sugárzás vagy más ok folytán az atomenergia alkalmazása körében foglalkoztatott dolgozókat és a lakosságot, a környezetet, valamint az anyagi javakat károsodás né érhesse.

(2) Az atomenergia alkalmazása körében foglalkoztatott dolgozóknak és a lakosoknak valemennyi forrásból származó évi sugárterhelése nem haladhatja meg azt a dózis-határértéket, amelyet/az erre vonatkozó előírás — a tudomány mindenkori eredményeinek, a nemzetközi és a hazai szakértői szervezetek ajánlásainak figyelembevételével — megenged. Ennek megfelelően kell szabályozni a sugárveszélyes létesítményekből a környezetbe kibocsátható radioaktív anyagok maximális mennyiségét, koncentrációját és a kibocsátás módját.

(3) Az atomenergia alkalmazását szolgáló létesítményeket úgy kell kialakítani, hogy az esetleges üzemzavar tervszerűen elhárítható, a baleset vagy más rendkívüli esemény során felszabaduló radioaktív anyag megfelelően lokalizálható legyen. Ezekre az esetekre külön dózis-határértéket kell megállapítani.

(4) A megengedett dózis-határértéken belül a sugárterhelést az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szintre kell csökkenteni.

11. § (1) Az atomenergia alkalmazója — tevékenysége során — köteles a sugárzási viszonyokat

folyamatosan ellenőrizni. Az alkalmazó köteles a megfelelő intézkedéseket nyomban megtenni, ha

a) az atomenergia alkalmazása körében foglalkoztatott dolgozókra, illetőleg a lakosokra ható ionizáló sugárzás szintje,

b) a radioaktív anyaggal való szennyeződés mértéke,

c) a környezetbe kibocsátott radioaktív anyag mennyisége

megaladja a megengedett szintet.

(2) Az atomenergia alkalmazója köteles gondoskodni a jogszabályok, a biztonsági szabályzatok, az állami szabványok és a hatósági rendelkezések végrehajtásáról; az atomenergia alkalmazása körében foglalkoztatott dolgozók pedig kötelesek azokat megtartani és az irányításuk alatt álló dolgozókkal megtartatni.

**12. § (1)** Az atomenergia alkalmazását szolgáló létesítmény vagy berendezés térségében levő földterület — ideértve annak felszín alatti részét is — és légtér biztonsági övezetté jelölhető ki.

(2) A biztonsági övezetben telekalakítási, illetőleg építési tilalom, valamint használati korlátozás rendelhető el.

(3) A biztonsági övezet kijelölésére, továbbá a (2) bekezdésben említett tilalmakra és korlátozásra vonatkozó rendelkezéseket külön jogszabályok állapítják meg.

(4) Ha a biztonsági övezetben elrendelt tilalom vagy korlátozás az ingatlan rendeltetésszerű használatát megszünteti, vagy jelentős mértékben akadályozza, továbbá ha az atomenergia alkalmazását szolgáló, a biztonsági övezetben elhelyezett berendezés biztonságos használata ezt szükségessé teszi, az érintett terület kisajátításának, illetőleg a kezelői jog megszerzésének van helye. A kisajátítást, illetőleg a kezelői jog átadását — az erre illetékes hatóságtól — a tulajdonos (kezelő, használó) is kérheti.

**13. §** Sugárvédelmi vagy biztonsági okból a hatóság elrendelheti személyek biztonságba helyezését, területek, ingatlanok használatának korlátozását, tilalmát, épületek és más építmények lebontását, átalakítását, felújítását, anyagi javak haszná-

latának, forgalmának tilalmát, továbbá azok megsemmisítését.

**14. §** Atomerőmű a Minisztertanács határozata alapján létesíthető.

**15. § (1)** Hatósági engedély szükséges

a) nukleáris létesítmény, továbbá radioaktív anyag előállítására, termelésére, tárolására, felhasználására, átalakítására vagy elhelyezésére szolgáló létesítmények és berendezések létesítéséhez, üzembe helyezéséhez, illetőleg üzemeltetéséhez, átalakításához és megszüntetéséhez,

b) radioaktív anyagok, hulladékok elhelyezéséhez,

c) ionizáló sugárzást létrehozó berendezés előállításához, üzemeltetéséhez, átalakításához.

(2) Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatban jogszabály más tevékenységet is engedélyhez köthet.

**16. §** Létesítésre, üzemeltetésre vagy átalakításra engedély nem adható, ha a létesítményben vagy berendezésben keletkező radioaktív hulladék biztonságos elhelyezéséről nem gondoskodnak.

**17. § (1)** Engedély határozott vagy határozatlan időre, illetőleg egyszeri tevékenységre adható.

(2) Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos engedély a más jogszabályokban előírt engedélyeket nem pótolja.

(3) Az engedélyt vissza kell vonni, ha

a) az atomenergia alkalmazására vonatkozó jogszabályokban, a biztonságot szolgáló egyéb előírásokban, illetőleg az engedélyben előírtakat nem tartják meg,

b) az engedély megadása után a tevékenység biztonságossága szempontjából a körülmények megváltoznak, vagy

c) a biztonsági követelmények azt egyébként megkövetelik

és a tevékenység biztonsága másképp nem érhető el.

**18. § (1)** Az engedély előírásainak megtartását, illetőleg az atomenergia alkalmazásának biztonságosságát az engedélyező hatóság és az ellenőrzésre jogosult más állami szerv köteles rendszeresen ellenőrizni és az észlelt rendellenességek megszün-

tetése érdekében haladéktalanul intézkedni vagy intézkedést kezdeményezni.

(2) Az ellenőrzésre jogosult állami szerv az ellenőrzés során hatósági jogkörben jár el.

(3) Az engedélyekről és az ellenőrzések eredményéről nyilvántartást kell vezetni.

**19. § (1)** A nukleáris anyagokról, a radioaktív anyagokról — ideértve a radioaktív hulladékokat is — központi nyilvántartást kell vezetni.

(2) A nukleáris anyagok és radioaktív anyagok nyilvántartásának szabályait külön jogszabály alapítja meg.

### III. fejezet

#### AZ ATOMENERGIA ALKALMAZÁSÁVAL KAPCSOLATOS FELELŐSÉG ÉS KÁRTALANÍTÁS

**20. § (1)** Az atomenergia alkalmazója köteles megtéríteni a nukleáris létesítmény üzemeltetése és a nukleáris anyag szállítása során bekövetkező — sugárzással vagy radioaktív szennyeződéssel járó — üzemzavar vagy más rendkívüli esemény következtében keletkező kárt (atomkártalanítás).

(2) Atomkártalanítás esetében a felelősség alól kimentésnek nincs helye. Nem kell megtéríteni a károsultnak azt a kárát, amely szándékos bűncselekményéből származik.

(3) Ha a károsult külföldi személy, atomkártalanításnak csak nemzetközi szerződés, illetőleg viszonzosság alapján van helye.

(4) Atomkártalanítás esetére a felelősség kizárása vagy korlátozása semmis.

**21. § (1)** Az atomkártalanításért az állam szavatol. Az atomkártalanítás módjára és mértékére a Polgári Törvénykönyvnek a kártérítésre vonatkozó rendelkezései az irányadók.

(2) Az atomkártalanításra irányuló követelés tíz év alatt évül el.

**22. §** Ha atomkártalanításnak nincs helye, az atomenergia alkalmazásával összefüggésben másnak okozott kárt a Polgári Törvénykönyvnek a fokozott veszéllyel járó tevékenységért fennálló felelősségre vonatkozó rendelkezésével szerint kell megtéríteni.

**23. §** A 20. és a 22. §-ban meghatározott kár megtérítésére irányuló igényeket a Minisztertanács által kijelölt szervvel szemben lehet érvényesíteni.

**24. § (1)** A biztonsági övezetben elrendelt tilalmak és korlátozások, a berendezések létesítése, továbbá a biztonsági övezetben végzett munkálatok folytán keletkezett kárt a kisajátítási jogszabályok alkalmazásával kell megtéríteni.

(2) A 13. §-ban megjelölt hatósági rendelkezések következtében keletkezett károkat ingatlanok tekintetében a kisajátítási jogszabályok megfelelő alkalmazásával, egyébként a Polgári Törvénykönyvnek a kártérítésre vonatkozó rendelkezései szerint kell megtéríteni.

**25. § (1)** A törvényben, illetőleg az atomenergia alkalmazására vonatkozó más jogszabályokban és hatósági rendelkezésekben előírt kötelességek megszegése esetén a törvény felelősségről szóló rendelkezéseit, továbbá az államigazgatási, munkajogi, büntetőjogi és más jogkövetkezményeket is alkalmazni kell.

(2) Ugyanazon kötelességszegés esetén több jogkövetkezmény is alkalmazható.

### IV. fejezet

#### VEGYES ÉS HATÁLYBALÉPTETŐ RENDELKEZÉSEK

**26. §** Az atomenergia alkalmazásának irányítása, ellenőrzése és tervszerű fejlesztése a Minisztertanács feladata.

**27. §** Ez a törvény 1980. július hó 1. napján lép hatályba, végrehajtásáról a Minisztertanács gondoskodik.

Losonczy Pál s. k., a Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsának elnöke	Katona Imre s. k., a Magyar Népköztársaság Elnöki Tanácsának titkára
---	---

### INDOKOLÁS

az atomenergiáról szóló törvényjavaslathoz

#### ÁLTALÁNOS INDOKOLÁS

1. Az atomenergia alkalmazása — a természetben rejlő tulajdonságainál fogva — a társadalmi

szükségletek kielégítésében egyre nagyobb szerepet tölt be.

A termelőerők növekedése mind nagyobb energiaigénnyel jár. A hagyományos energiahordozók — a szén, a kőolaj és a földgáz — felhasználása mellett mind fontosabbá válik az atomenergiának energiatermelési célokra való hasznosítása is. Erre a célra épül Pakson az első hazai atomerőmű, amely 1985-re 1760 MW teljesítménnyel járul hozzá az ország energiaellátásához. A radioaktív izotópokat huzamosabb ideje kiterjedten használják az egészségügy területén, az iparban, a mezőgazdaságban. A magfizikai kutatásban nemzetközileg is elismert eredményekkel rendelkezünk.

2. Az atomenergia rendkívül veszélyes tömegpusztító fegyverként is alkalmazható. Ez a lehetőség a fegyverkezésben — az egész emberiségre veszélyes — korszakváltási folyamatot indított meg. A Magyar Népköztársaság nukleáris fegyverkezési verseny beszüntetésére és nukleáris leszerelésre irányuló politikájának megfelelően ez Elnöki Tanács 1970-ben kihirdette a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozására kötött nemzetközi szerződést és e szerződés szerinti biztosítékok alkalmazásáról szóló egyezményt. A kérdés jelentősége azonban indokolja, hogy az országgyűlés törvényben mondja ki: hazánkban az atomenergia alkalmazása kizárólag békés célokat szolgálhat.

3. Az atomenergia békés célú alkalmazása is járhat veszéllyel, megfelelő biztonsági intézkedések mellett azonban a veszély minimálisra csökkenthető. Az atomenergia alkalmazásának ezért egyik alapvető kérdése a biztonság; az, hogy az atomenergia alkalmazása körében foglalkoztatott személyeket, továbbá a lakosságot és az emberi környezetet veszély ne érhesse.

A biztonság követelményének érvényesítése tudományos, műszaki, egészségügyi, környezetvédelmi és más intézkedéseket kíván az alkalmazás minden folyamatában (előállítás, tárolás, szállítás, felhasználás stb.). Mindezek összefüggnek a tulajdon, a használat, a forgalom, az irányítás és ellenőrzés szabályaival. Az atomenergia békés célú alkalmazását ezért jogi szabályozással is elő kell segíteni.

4. Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos hatályos jogszabályok abból a korábbi időszakból valók, amikor még meglehetősen kezdeti — jórészt csak kísérleti — eredményekkel rendelkezünk. A szabályok módosításakor nem mindenben sikerült tartalmi összhangjukat biztosítani, korszerűségüket fenntartani. Az eddig elért eredmények és a feladatok megoldása során szerzett tapasztalatok lehetségessé és szükségessé is teszik az atomenergia békés alkalmazásának összefüggő, egységes, általános szabályozását.

Az atomenergia alkalmazásának kiemelkedő társadalmi jelentősége a törvénnyel való szabályozást indokolja. Törvény alkotása mellett szól az is, hogy a javaslat szabályai és azok megtartása az állampolgárok széles rétegeit érinti.

5. A javaslat főbb elvei a következők:

a) az atomenergia csak békés célokra alkalmazható; békés célú és biztonságos alkalmazását hatékony nemzetközi együttműködéssel is elő kell segíteni;

b) az atomenergia alkalmazási körébe tartozó anyagok, berendezések, létesítmények általában társadalmi tulajdonban vannak;

c) az atomenergia alkalmazása a biztonsági követelmények kielégítésével, kizárólag állami engedélyezés és rendszeres ellenőrzés mellett történhet;

d) az atomenergia alkalmazásával összefüggésben keletkezett károkat különleges szabályok alapján kell rendezni.

## RÉSZLETES INDOKOLÁS

### I. fejezet

#### Általános rendelkezések

(1—8. §) A javaslat hatálya az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos tevékenységekre: a nukleáris anyagok, a radioaktív anyagok és az ionizáló sugárzás alkalmazására terjed ki.

A radioaktív anyagok ionizáló sugárzást bocsátanak ki. Az ionizáló sugárzást a gyógyításban, a tudományos kutatásban, az iparban és a mezőgazdaságban egyaránt fel lehet használni. A nukleáris anyag legfontosabb hasznosítható tulajdonsága,

hogy belőle megfelelő körülmények között — nukleáris láncreakció révén — nagy mennyiségű energia szabadítható fel. Ionizáló sugárzás nemcsak a radioaktív anyagokból ered, hanem erre alkalmas berendezésekkel, készülékekkel mesterségesen is létrehozható.

Az atomenergia alkalmazása a felhasználást, illetőleg az azzal kapcsolatos legszélesebb körű tevékenységet jelenti. Ide tartozik a radioaktív és a nukleáris anyagok birtoklása, előállítása, termelése, tárolása, csomagolása, szállítása, felhasználása, forgalomba hozatala, eltávolítása, elhelyezése (temetése) is, továbbá a felsoroltakat szolgáló létesítmény, berendezés, készülék létrehozása, üzemeltetése, átalakítása, javítása vagy megszüntetése. Az atomenergia alkalmazási körébe tartozik az ionizáló sugárzást létrehozó berendezések, készülékek tervezése, előállítása, üzemeltetése, átalakítása is.

Bizonyos radioaktív anyagok, valamint ionizáló sugárzást létrehozó berendezések, készülékek olyan csekély, illetőleg olyan természetű ionizáló sugárzást hoznak létre, amely gyakorlatilag nem tekinthető veszélyesnek (pl. fénycső, televíziókészülék stb.). Ezekre a javaslat hatálya nem terjed ki. Az ilyen készülékek, radioaktív anyagok veszélyessége egyrészt fajtájuktól, másrészt mennyiségüktől függ. Ezeket külön jogszabályban indokolt meghatározni (1. §).

**2. A Magyar Népköztársaságban a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló nemzetközi szerződésben vállalt kötelezettség alapján — amelyet az 1970. évi 12. számú és az 1972. évi 9. számú törvényerejű rendelet hirdetett ki — tilos az atomenergiának nukleáris fegyverekkel, tömegpusztító eszközökkel kapcsolatos bármely alkalmazása. Ezt az elvet a törvényjavaslat is deklarálja (2. §).**

**3. Az atomenergia alkalmazásának biztonságával, valamint a társadalmi termelésben elfoglalt helyével egyaránt szoros összefüggésben állnak a javaslatnak azok a rendelkezései, amelyek az ide tartozó anyagok, létesítmények, berendezések, készülékek társadalmi tulajdonát, a tevékenységek tervszerű állami irányítását, az ezzel kapcsolatos**

kutatás és fejlesztés irányelvét, az állami engedélyezés és ellenőrzés általános érvényét állapítják meg.

Ez utóbbinak különösen fontos szerepe van abban, hogy az atomenergiát biztonságosan alkalmazzák és az atomenergia alkalmazói megtartsák a jogszabályokat, a biztonsági, sugárvédelmi, és környezetvédelmi előírásokat. A biztonságos alkalmazás természetesen csak akkor valósulhat meg, ha az atomenergiát alkalmazók is a legnagyobb gondossággal járnak el, és maradéktalanul megtartják a tevékenységükre vonatkozó szabályokat. A hatósági feladatok ellátása, az állami engedélyezést és ellenőrzést végző szervek felelőssége ezért nem mentesítheti az atomenergia alkalmazóját a közvetlen felelősség alól. Erről a törvényjavaslat külön is rendelkezik.

Tekintettel arra, hogy atomenergiának a javaslat hatálya alá tartozó alkalmazása rendkívül sokféle lehet, kivételként bizonyos anyagok, készítmények, készülékek (pl. radioaktív energiaforrással működő szívstimulátor, orvosi röntgenkészülék stb.) személyi tulajdonban is lehetnek. Ezek körét külön jogszabály állapítja meg (3—6. §).

**4. Az atomenergia békés célú, biztonságos alkalmazása nemzetközi összefogást és munkavégzést is igényel. A javaslat ezért úgy rendelkezik, hogy azt nemzetközi együttműködéssel is elő kell segíteni (8. §).**

## II. fejezet

### Az atomenergia alkalmazásának biztonsága

**(9—19. §) 1. Az atomenergia biztonságos alkalmazása érdekében a jogi és más szabályokat sokoldalúan kell kialakítani. A javaslat megállapítja a létesítmények, berendezések tervezésének, telepítésének, megvalósításának, üzemeltetésének, továbbá a nukleáris anyagok szállításának, tárolásának, hasznosításának alapvető szabályait, s azokat a célkitűzéseket és alapvető követelményeket, amelyeket az atomenergia alkalmazásának kielégítő biztonsága érdekében érvényesíteni kell.**

A dolgozók és a lakosság sugárvédelmének biztosítására a javaslat megfelelő dózis-határértékek megállapítását írja elő mind az atomenergia alkalmazását megvalósító kifogástalan üzemvitel, mind

a különböző rendkívüli események eseteire. A háttértékeket a tudomány mindenkori ellenőrzött eredményeinek, a nemzetközi és a hazai szakértői szervezetek ajánlásainak figyelembevételével folyamatosan korszerűsíteni kell. Ezekhez képest kell meghatározni a létesítmények biztonságos üzemeltetésének követelményeit.

Az atomenergia alkalmazása során alapvető követelmény a fokozott biztonság; az, hogy bármilyen körülmények között elháríthatók legyenek az előre feltételezhető, valamint a biztonság szempontjából további mérlegelésre érdemes (potenciális) veszélyek, rendellenességek és azok káros hatásai.

A biztonsági intézkedéseket a javaslat nem részletezi. Igen széles körű és különböző jellegű biztonsági intézkedések szükségesek, amelyek az alkalmazott radioaktív anyagok tulajdonságaitól, mennyiségétől, az alkalmazás módjától és egyéb körülményektől függenek. Kiterjednek ezek az atomenergia alkalmazásának különböző formáira és feltételeire és olyan kérdéseket érintenek, mint például: a nukleáris létesítmények őrzése (a hozzáférés ellenőrzése), a létesítmények készülékek megfelelő tervezése, elhelyezése, előállítása, beállítása, működtetése, karbantartása, javítása, üzemelési módja, mindezek ellenőrzése, nukleáris létesítményekkel kapcsolatban a tervszerű hibaelhárítás, a kisegítő szolgáltatások stb. Ezekről részletesen a végrehajtási jogszabályok és más előírások rendelkeznek (9—10. §).

2. A biztonsági intézkedések közül a javaslat kiemeli a sugárzási viszonyok ellenőrzésének fontosságát. Ha pl. a megengedhető szintet meghaladó ionizáló sugárzás észlelhető, ez nyilvánvalóan azt mutatja, hogy a műszaki-biztonsági eszközök nem a tervezett módon működnek. Ilyen esetre a javaslat előírja, hogy az atomenergia alkalmazója a szükséges intézkedést haladéktalanul köteles megtenni; a sugárveszélyt és a hiba elhárítását nyomban köteles megkezdeni.

A különböző biztonsági intézkedéseket jogszabályok, biztonsági szabályzatok (intézkedési tervek), hatósági rendelkezések írják elő. Ezeket az atomenergia alkalmazója köteles megtartani, végrehajtásukról megfelelően gondoskodni (11. §).

3. A javaslat lehetővé kívánja tenni, hogy a nukleáris létesítmények körzetében élő lakosság védelme érdekében biztonsági övezetet alakítsanak ki. A biztonsági övezet kijelölése — az ott elrendelt tilalmak, korlátozások miatt — hátrányt okozhat a térségben lakó, gazdálkodó állampolgároknak, termelőszövetkezeteknek stb. A javaslat az ebből eredő hátrány kiküszöböléséről úgy gondoskodik, hogy indokolt esetekre előírja a terület kisajátítását, illetve kezelői jogának megszerzését. A javaslat garanciális rendelkezése, hogy ezt — az atomenergia alkalmazóján kívül — az érintett ingatlan tulajdonosa (kezelője, használója) is kérheti (12. §).

4. Rendkívüli események folytán sugárvédelmi okból — személyek, illetőleg vagyontárgyak megóvása érdekében — szükségessé válhat valamely település vagy egy részének kiürítése, korlátozások, tilalmak és más intézkedések bevezetése, köztük a szennyezéstől való mentesítés (dekontaminálás) elvégzése. A javaslat ennek a rendkívüli hatósági intézkedésnek lehetőségét megteremti (13. §).

5. Az atomenergia alkalmazása körében kiemelkedően fontos a hő- és villamos energiát termelő atomerőmű. Létesítése mind gazdasági, mind biztonsági szempontból országos jelentőségű. A javaslat ezért akként rendelkezik, hogy atomerőművet csak a Minisztertanács döntése alapján lehet létesíteni (14. §).

6. Lényeges követelmény, hogy az atomenergia alkalmazásának minden jelentősebb, önálló mozzanatához külön állami engedélyezés és ellenőrzés kapcsolódjék. Az atomenergia alkalmazásának különböző hatósági engedélyei — mint a létesítés, az üzembe helyezés, az átalakítás, a megszüntetés, az elhelyezés engedélyezése — a más hatósági engedélyeket nem helyettesítik. A javaslat megállapítja az engedélyezés egyes alapvető feltételeit, továbbá az engedélyben foglalt előírások megtartásának ellenőrzési rendjét.

A megfelelő irányítás és ellenőrzés egyik feltétele a radioaktív, illetőleg nukleáris anyagkészletek pontos, országos nyilvántartása, továbbá az atomenergia alkalmazásához szükséges hatósági

engedélyek és az ellenőrzési eredmények nyilvántartása (15—19. §).

### III. fejezet

#### Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos felelősség és kártalanítás

(20—25. §) 1. Az atomenergia alkalmazása — az azzal kapcsolatos veszélylehetőségek miatt — rendkívül pontos és biztonságos tevékenységet igényel, s minden alkalmazótól fokozott felelősséget követel. Az atomenergia különféle alkalmazása azonban más és más veszélylehetőséget rejt magában, ezért a felelősséget is differenciáltan kell megállapítani. Meghatározott területen — a kiemelkedő veszélyesség miatt — a Polgári Törvénykönyv szabályozásától részben eltérő, szigorúbb szabály bevezetése is indokolt.

2. Az atomenergia jogszabályoknak és hatósági rendelkezéseknek megfelelő alkalmazása során is bekövetkezhet károsodás. A fokozott biztonsági követelmények miatt a legcsekélyebb a valószínűsége a nukleáris láncreakció létrehozására alkalmas létesítmények (pl. atomreaktor, atomerőmű) üzemben tartásából eredő károknak. Az ilyen létesítmények azonban a legveszélyesebbek. Ugyancsak nagy a potenciális veszélyessége a nukleáris anyag szállításának is.

A javaslat szerint ezekben az esetekben a kártalanítási kötelezettség mindenkor fennáll, ha az atomenergia alkalmazása és a nukleáris eredetű — sugárzással vagy radioaktív szennyeződéssel járó eseményből bekövetkező — kár okozati összefüggésben van egymással. Ennek megfelelően a kártérítési kötelezettséget vétkességre és jogellenességre tekintet nélkül kell előírni. Ez a felelőségi forma (atomkártalanítás) szigorúbb, mint amit a Polgári Törvénykönyv a fokozott veszéllyel járó tevékenységekre megállapít. Az atomkártalanítás természetesen csak olyan esetekre vonatkozik, amelyekben a károsodás nukleáris eredetű: a kár nukleáris létesítmény üzemeltetése, vagy nukleáris anyag szállítása során bekövetkező — sugárzással vagy radioaktív szennyeződéssel járó — üzem-

zavarral vagy más rendkívüli eseménnyel áll okozati összefüggésben.

Az atomkártalanítás: feltétlen felelősség, az alól kimentésnek nincs helye. A felelősség egyedül az azzal a károsulttal szemben nem áll fenn, aki a kárt szándékos bűncselekményével idézte elő. A szigorúság kifejezésre jut a felelősség elévülésének hosszabb időtartamában is. Az ilyen követelések ugyanis tíz év alatt évülnek el.

Atomkártalanítás esetén a kártérítési felelősség a károkozót — az atomenergia alkalmazóját — terheli. Az azonban nem engedhető meg, hogy a kárért felelős fedezet hiányában esetleg ne tudja rendezni a kártérítési igényeket. A javaslat ezért úgy rendelkezik, hogy a kártalanításért az állam szavatol.

A kártérítés módjának és mértékének a megállapítására atomkártalanítás esetén is a Polgári Törvénykönyv XXXI. fejezetének rendelkezéseit kell alkalmazni.

Ha nem nukleáris létesítmény üzemeltetése vagy nukleáris anyag szállítása során következik be sugárzással vagy radioaktív szennyeződéssel járó esemény, amely kárt okoz, a kárt a Polgári Törvénykönyvnek a fokozott veszéllyel járó tevékenységre vonatkozó szabályai szerint kell megtéríteni. E szabály szerint kell megtéríteni a kárát annak a külföldi személynek is, aki egyébként atomkártalanításra lenne jogosult, de nemzetközi szerződés, illetőleg viszonyosság hiányában annak nincs helye.

Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos kártérítési igények érvényesítését, a károk gyors és egyszerű rendezését segíti elő a javaslatnak az a rendelkezése, amely szerint az igényeket a Minisztertanács által kijelölt szervvel (az Állami Biztosítóval) szemben lehet érvényesíteni (20—23. §).

3. A sugárvédelem, illetőleg az atomenergia biztonságos alkalmazása közérdek. Ezért a 12. és 13. §-ok szerint sor kerülhet biztonsági övezet létesítésére, továbbá személyek biztonságba helyezésére, területek, ingatlanok használatának korlátozására és egyéb hatósági intézkedésekre.

Az állampolgárok és a jogi személyek érdekeinek védelme viszont megköveteli, hogy az említett köz-

érdekű intézkedésekkel okozott károkat megtérítések. A javaslat ennek megfelelően előírja, hogy a biztonsági övezetre elrendelt tilalmakkal és korlátozásokkal, a berendezések létesítésével, a biztonsági övezetben végzett munkálatokkal okozott, továbbá a 13. §-ban szabályozott hatósági rendelkezések következtében ingatlanokban (épületben, más építményben) keletkezett károkat a kisajátítási jogszabályok alkalmazásával kell megtéríteni. Ez azt jelenti, hogy a kártalanítás módjára és mértékére a kisajátítási jogszabályok rendelkezései az irányadók, és a kártalanítási eljárást is a kisajátításra irányadó szabályok szerint kell lefolytatni.

A 13. §-ban szabályozott hatósági rendelkezések következtében ugyanakkor nem csupán ingatlanokban keletkezhetnek károk. Károsodhatnak egyéb anyagi javak (ingóságok) is. Sor kerülhet élő állatok kényszervágásának elrendelésére stb. Mivel a kisajátítási jogszabályok az ingatlanokkal kapcsolatos kártalanításról rendelkeznek, ezek szabályai az említett esetekben nem alkalmazhatók.

A javaslat előírja ezért, hogy az ilyen károkat a Polgári Törvénykönyvnek a kártérítésre vonatkozó rendelkezései szerint kell megtéríteni (24. §).

4. A javaslat kifejezésre juttatja, hogy az atomenergia alkalmazására vonatkozó rendelkezések megsértése miatt fennálló jogi felelősség többféle lehet; egyik felelősségi forma alkalmazása nem zárja ki más felelősségi formák alkalmazását ugyanazon magatartásra nézve (25. §).

#### IV. fejezet

##### Vegyes és hatályba léptető rendelkezések

(26—27. §) 1. Az atomenergia alkalmazásában megfelelő központi irányításra és széles körű együttműködésre van szükség. Ezért a javaslat az atomenergia alkalmazásának irányítását, ellenőrzését és fejlesztését a Minisztertanácsra bízta. A Minisztertanács e feladatainak teljesítésében kiemelkedő szerep hárul az Országos Atomenergia Bizottságra, mint a Minisztertanács tanácsadó és véleményező, hatósági feladatokat koordináló és ellátó, valamint ellenőrző szervére; jelentős felada-

itai vannak azonban e vonatkozásban a minisztériumoknak és az országos hatáskörű szerveknek is. A Minisztertanács hatáskörébe tartozik, hogy a társadalom érdekeinek megfelelően alakítsa az atomenergia alkalmazásának irányító és ellenőrző szervezetét, módosítsa vagy kiegészítse a fennálló hatásköröket, illetve megállapítsa az atomenergia alkalmazásának részletes szabályait (26—27. §).

### A Minisztertanács 12/1980. (IV. 5.) számú rendelete

az atomenergiáról szóló 1980. évi I. számú törvény végrehajtásáról

A Minisztertanács az atomenergiáról szóló 1980. évi I. számú törvény (a továbbiakban: tv) 27. §-ában foglalt felhatalmazás alapján a következőket rendeli:

(A tv 1. §-ához)

#### 1. §

(1) A tv és e rendelet alkalmazásában

a) *nukleáris anyag* a radioaktív anyagok közül az urán, a tórium, a plutónium és bármilyen anyag, amely közülük egyet vagy többet tartalmaz, a bányászat, illetőleg ércdúsítás körébe tartozó termékek és hulladékok kivételével;

b) *radioaktív anyag* a természetben előforduló, vagy mesterségesen előállított bármely anyag, bármilyen fizikai vagy kémiai formában, amelynek egy vagy több összetevője ionizáló sugárzást bocsát ki, valamint az ilyen anyagot tartalmazó készítmény;

c) *ionizáló sugárzás* az ionizálásra képes részecske természetű és elektromágneses sugárzás;

d) *nukleáris létesítmény* az atomerőmű, nukleáris kritikus rendszer, kutató és oktató atomreaktor, továbbá a nukleáris anyag alkalmazását szolgáló olyan más létesítmény, amelyet az 1972.

évi 9. számú törvényerejű rendelettel kihirdetett egyezmény 97. cikkének „I.” pontja határoz meg;

e) ionizáló sugárzást létrehozó berendezés, készülék az, amely külső energia felhasználásával ionizáló sugárzás keltésére és kibocsátására alkalmas;

f) atomenergia alkalmazója, aki a tv 1. §-ának (2) bekezdésében meghatározott tevékenységet végez.

(2) A tv 1. §-ának (3) bekezdésében meghatározott radioaktív anyagok fajtáit és mennyiségét, továbbá ionizáló sugárzást létrehozó berendezések, készülékek fajtáit az egészségügyi miniszter állapítja meg.

(A tv 3. §-ához)

### 2. §

Az atomenergia alkalmazásának fő irányait a közép- és hosszútávú népgazdasági tervben kell meghatározni.

(A tv 4. §-ához)

### 3. §

Azoknak az atomenergia alkalmazási körébe tartozó anyagoknak a fajtáit és mennyiségét, illetőleg berendezéseknek, készülékeknek a fajtáit, amelyek nemcsak társadalmi tulajdonban állhatnak, az egészségügyi miniszter állapítja meg. Ennek során az anyagok, berendezések, készülékek tulajdonjogának megszerzését feltételekhez kötheti, továbbá előírhatja birtoklásuk, üzemben tartásuk bejelentését.

(A tv 6. §-ához)

### 4. §

(1) Az atomenergia alkalmazási területeinek és módjainak bővítésével, biztonságosságának fokozásával kapcsolatos kutatási és fejlesztési feladatokat az országos kutatási-fejlesztési terveknek elkülönítetten kell tartalmazniuk.

(2) Az atomenergia alkalmazása körében foglalkoztatott dolgozók közép- és felsőfokú képzéséről — az érdekelt miniszterekkel (országos hatáskörű

szervek vezetőivel) egyetértésben — az oktatási miniszter gondoskodik.

(3) Az atomenergia alkalmazása körében foglalkoztatott dolgozók speciális szakmai képzését és továbbképzését az érdekelt miniszter, felsőszintű továbbképzését az oktatási miniszter szabályozza.

(A tv 9. §-ához)

### 5. §

(1) Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos biztonsági követelményeket — ha e rendelet másképpen nem rendelkezik — az érdekelt miniszter (országos hatáskörű szerv vezetője) az Országos Atomenergia Bizottság (a továbbiakban: OÁB) elnökével egyetértésben állapítja meg.

(2) Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos biztonsági követelmények magukban foglalják

- a nukleáris biztonság feltételeit,
- a tevékenységgel összefüggő műszaki feltételeket,
- az atomenergia alkalmazását szolgáló létesítmények, berendezések, készülékek minőségének és megbízhatóságának az előírásait,
- az egészségügyi, a munkavédelmi, a környezetvédelmi és a vízügyi feltételeket,
- az élelmezésegészségügyi és élelmiszer minőségi előírásokat,
- a nukleáris és radioaktív anyagok szállításának feltételeit,
- a közrend biztosítására szolgáló, illetőleg a rendészeti és tűzvédelmi rendelkezéseket,
- az üzemelési rendellenesség, üzemzavar eseteire szóló rendelkezéseket,
- az üzemelés belső, valamint a külső ellenőrzésének rendjét,
- a nyilvántartási előírásokat,
- az atomenergia alkalmazása körében foglalkoztatott dolgozókra vonatkozó egészségügyi és más előírásokat.

## (A tv 10. §-ához)

## 6. §

(1) Az atomenergia alkalmazása körében foglalkoztatott dolgozók és a lakosság megengedhető sugárterhelésére vonatkozó dózis-határértékeket az egészségügyi miniszter határozza meg.

(2) Az atomenergia alkalmazása során a levegőbe kibocsátható radioaktív anyagok maximális mennyiségét, koncentrációját és a kibocsátás más feltételeit — az egészségügyi miniszterrel egyetértésben — az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal elnöke állapítja meg.

(3) Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos vízimunkára, vízállásmentésre, vízhasználatra és a vizek radioaktív szennyezése elleni védelmére a vízügyről szóló jogszabályok, illetőleg az Országos Vízügyi Hivatal elnöke által — a vizek radioaktív szennyezése tekintetében az egészségügyi miniszterrel egyetértésben — kiadott rendelkezések az irányadók.

## (A tv 11. §-ához)

## 7. §

(1) Az atomenergia alkalmazója köteles az atomenergia biztonságos alkalmazásához szükséges műszaki-technológiai, anyagi és személyi feltételeket biztosítani.

(2) Aki foglalkozása körében rendellenes sugárzási viszonyokat, radioaktív szennyezettséget észlel, vagy ennek nyomán bekövetkező ártalomról szerez tudomást, köteles a szükséges intézkedést megtenni és az állami közegészségügyi-járványügyi felügyelőséget haladéktalanul értesíteni.

## 8. §

Az atomenergia alkalmazását szolgáló létesítmények, berendezések beruházására, tervezésére, továbbá az atomenergia alkalmazási körébe tartozó készülékek tervezésére, előállítására, kivitelezésére jogosultak körét az érdekelt miniszter (országos hatáskörű szerv vezetője) — a szükséges műszaki színvonal biztosítása érdekében — feltételek előírásával korlátozhatja, illetve meghatározhatja.

## 9. §

(1) Nukleáris létesítmény létrehozásához, üzemeltetéséhez, javításához, átalakításához szükséges anyagok, berendezések, készülékek, alkatrészek és tartozékok csak akkor használhatók fel, ha minőségüket az előállító (importáló, forgalomba hozó) minőségi bizonyítvánnyal vagy más módon tanúsította.

(2) Az (1) bekezdésben felsorolt, külföldről behozott anyagok, berendezések, készülékek, alkatrészek és tartozékok felhasználására csak akkor kerülhet sor, ha a hazai biztonsági előírásoknak megfelelnek. Eltérés esetén a felhasználáshoz a biztonsági követelményt megállapító hatóság engedélye szükséges.

(3) Az atomenergia alkalmazására szolgáló berendezés, készülék, alkatrész vagy tartozék külföldről való behozatala esetén a gyártóműben elvégzendő szerkezeti és egyéb vizsgálatot a gyártó országnak a magyar hatóság által elismert szerve is elvégezheti. Az elismert szervekről az érdekelteket tájékoztatni kell.

(4) A (3) bekezdésben említett szerv által kiállított — a vizsgálat eredményét dokumentáltan igazoló — tanúsítványt a magyar hatóság a hazai hatósági vizsgálattal egyenértékűnek tekinti.

(5) Az atomenergia alkalmazását szolgáló létesítmény és berendezés beruházója a tervezés, a kivitelezés (előállítás) során köteles meggyőződni a biztonságtechnikai, a minőségvédelmi és megbízhatósági követelmények megtartásáról, az előírt személyi, tárgyi és technológiai feltételek teljesítéséről.

## 10. §

Az atomenergia alkalmazása körében olyan személyek foglalkoztathatók, akik az érdekelt miniszter (országos hatáskörű szerv vezetője) által meghatározott iskolai végzettséggel, illetőleg szakképzettséggel rendelkeznek és megfelelnek az előírt egészségügyi követelményeknek. Az érdekelt miniszter (országos hatáskörű szerv vezetője) a foglalkoztatás más feltételeit is előírhatja.

## 11. §

(1) A sugárveszélyes munkahelyen foglalkoztatott dolgozókat rendszeres sugárvédelmi és egészségügyi ellenőrzés alá kell vonni.

(2) A munkáltató köteles gondoskodni arról, hogy a sugárveszélyes munkahelyen foglalkoztatott dolgozók az ellenőrző és védőeszközöket megkapják és rendeltetésszerűen használják. Azt a dolgozót, aki az említett eszközöket nem használja, a munkavégzéstől el kell tiltani.

## 12. §

(1) Az atomenergia alkalmazását szolgáló létesítményben sugárvédelmi szolgálatot kell szervezni. A sugárvédelmi szolgálat feladata a létesítményben dolgozók és a létesítmény területe, továbbá környéke sugárvédelmi helyzetének ellenőrzése.

(2) A sugárvédelmi szolgálat felszereléséről, kiépítéséről a létesítmény üzemeltetője gondoskodik.

(3) A sugárvédelmi szolgálat szervezetének és működésének felügyeletét az egészségügyi miniszter látja el.

## 13. §

Az atomenergia alkalmazását szolgáló létesítmény, berendezés üzemeltetője üzemviteli szabályzatot (kezelési utasítást) köteles kidolgozni. A szabályzatban részletesen meg kell határozni a terveknek megfelelő (kifogástalan) üzemvitellel kapcsolatos teendőket, az ellenőrzés módjait, továbbá az egyes munkakörökben való foglalkoztatáshoz szükséges követelményeket.

## 14. §

(1) Az atomenergia alkalmazását szolgáló létesítmény, berendezés üzemeltetője — az üzemviteli szabályzat részeként — balesetelhárítási és intézkedési tervet köteles készíteni. Ebben meg kell határozni a rendkívüli eseményeket és az azok esetén teendő intézkedéseket, a hatóságok értesítésének és a hatóságokkal való együttműködésnek a módját, valamint az intézkedésekért és az értesítésért felelős személyeket.

(2) Az atomenergia alkalmazását szolgáló létesítmény, berendezés üzemeltetője az üzemviteli szabályzatban meghatározott minden rendkívüli eseményt köteles bejelenteni az állami közegészségügyi-járványügyi felügyelőségnek, a környezet szennyeződését is okozó rendellenesség esetében a megyei élelmiszerellenőrző és vegyvizsgáló intézetnek, vízszennyeződéssel járó rendellenesség esetén a vízügyi igazgatóságnak is, továbbá az üzembehelyezési, üzemeltetési engedélyt kiadó hatóságnak, a felügyeletet gyakorló minisztériumnak (országos hatáskörű szervnek), a nukleáris létesítmény üzemeltetője az OAB-nak is. A hatóság köteles a rendkívüli esemény körülményeit, okait és következményeit kivizsgálni és a szükséges intézkedéseket — az érdekeltekkel együttműködve megtenni.

(3) A rendkívüli esemény színhelyét — az elhárításhoz, a szennyeződés-mentesítéshez, illetőleg mentéshez szükséges intézkedések okozta változtatásoktól eltekintve — a vizsgálat megkezdéséig lehetőleg változatlanul kell megőrizni.

## 15. §

(1) A nukleáris létesítmény, berendezés, továbbá a jogszabályban meghatározott mennyiségű radioaktív anyagot előállító, illetőleg felhasználó létesítmény, vagy berendezés környékén esetleg fellépő veszélyes helyzet elhárítására — a létesítmény, berendezés balesetelhárítási és intézkedési tervét figyelembe véve — a területileg illetékes megyei, fővárosi tanács elnöke — az érdekelte hatóságokkal együttesen — intézkedési tervet dolgoz ki. A terv tartalmazza a veszély megelőzéséhez és elhárításához szükséges intézkedéseket, továbbá az ezek megtételéért felelős szerveket.

(2) Az OAB elnöke gondoskodik az (1) bekezdésben említett országosan szükséges intézkedések összehangolt kialakításáról és az intézkedési tervek ellenőrzéséről.

(3) Az (1) bekezdésben meghatározott létesítményekkel, berendezésekkel kapcsolatos polgári védelmi követelmények meghatározása és az előírások megtartásának ellenőrzése a honvédelmi miniszter feladata.

## 16. §

(1) Az atomenergia alkalmazója köteles olyan intézkedést tenni, hogy a birtokában levő nukleáris, illetőleg radioaktív anyaghoz, az üzemeltetésében álló, atomenergia alkalmazását szolgáló létesítményhez, berendezéshez, készülékhez illetéktelen személy ne férhessen hozzá, valamint azok a biztonságos őrzés alól ne kerüljenek ki és meg nem engedett célra felhasználhatók ne legyenek.

(2) Aki tudomást szerez arról, hogy nukleáris, illetőleg radioaktív anyag, ionizáló sugárzást létrehozó berendezés, készülék illetéktelen személy birtokába került, vagy kerülhet, továbbá az atomenergia alkalmazásával kapcsolatban egyéb rendellenességet észlel, köteles ezt a rendőrségnek haladéktalanul bejelenteni.

## 17. §

(1) A nukleáris létesítmény, a nukleáris anyag, a radioaktív anyagot előállító berendezés, továbbá a radioaktív hulladék feldolgozására és tartós tárolására vagy elhelyezésére szolgáló központi létesítmény őrzését polgári fegyveres őrsgelgel kell biztosítani.

(2) A fegyveres őrzés rendjét, a rendészeti védelemhez szükséges berendezésre és jelzőrendszerre vonatkozó követelményeket, szükség esetén az egyes munkaterületek elkülönítésének és a személyi jelzés bevezetésének a feltételeit a belügyminiszter határozza meg.

(3) A rendőrség a rendészeti felügyelet ellátása során ellenőrzi a közrendre és közbiztonságra vonatkozó rendelkezések megtartását, különösen az atomenergia alkalmazása körébe tartozó anyagok, berendezések, készülékek, készítmények behozatalát és kivitelét, belföldi, valamint átmenő (tranzit) szállítását, őrzését, a védőberendezéseket, továbbá a radioaktív anyagok, hulladékok elhelyezését és az ezekre vonatkozó nyilvántartásokat.

(4) Az atomenergia alkalmazásával összefüggő részletes rendészeti szabályokat a belügyminiszter állapítja meg.

## (A tv 12. §-ához)

## 18. §

(1) A biztonsági övezetet a létesítési engedélyben kell kijelölni. Az engedélyben — az érintett földrészek helyrajzi számainak feltüntetésével — meg kell határozni a biztonsági övezet határait, és az azon belül elhelyezkedő berendezéseket is.

(2) A biztonsági övezeten belül a telekalakítási és építési tilalmat, valamint a használati korlátozást az első fokú építésügyi hatóság rendeli el. A használati korlátozások tekintetében az első fokú építésügyi hatóságnak be kell szereznie a tanács végrehajtó bizottságának mezőgazdasági feladatokat ellátó szakigazgatási szerve, erdőterület (fásítás) esetében az erdőfelügyelőség előzetes engedélyét.

(3) A biztonsági övezet fennállásának tényét, továbbá az ingatlanokra elrendelt tilalmakat és korlátozásokat az engedélyező, illetőleg elrendelő hatóság megkeresésére az ingatlannyilvántartásba (telekkönyvbe) be kell jegyezni.

## 19. §

A biztonsági övezet kijelölése, továbbá a használati korlátozások elrendelése során a mezőgazdasági rendeltetésű földek védelméről szóló jogszabályok rendelkezéseit is alkalmazni kell.

## (A tv 13. §-ához)

## 20. §

(1) Az állami közegészségügyi-járványügyi felügyelőség a radioaktív szennyeződés továbbterjedésének megakadályozása érdekében

a) azt a személyt, aki radioaktív szennyeződése folytán mások egészségét veszélyeztetheti, egészségügyi megfigyelés alá helyezheti, meghatározott helyek látogatásától eltilthatja és kötelezheti folyamatos, illetőleg időszakonkénti orvosi vizsgálatra, eseti vagy meghatározott ideig tartó orvosi kezelésre,

b) területek, ingatlanok, épületek és más építmények, valamint anyagi javak szennyezés-mentesítését rendelheti el, ezek használatát (felhaszná-

lását) és forgalmát meghatározott vagy határozatlan időre korlátozhatja vagy megtilthatja,

c) elrendelheti a szennyezett anyagi javak megsemmisítését, élőállatok esetében azok kényszerűvágását,

d) ha az építésügyről szóló 1964. évi III. törvény 37. §-ának c) pontjában meghatározott feltételek fennállnak, megkeresi az építésügyi hatóságot az épület és más építmény felújításának, helyreállításának, átalakításának vagy lebontásának elrendelése érdekében.

(2) Az állami közegészségügyi-járványügyi felügyelőség az (1) bekezdés b) és c) pontjának alkalmazása során élelmiszer, dohányipari termék, mezőgazdasági termény és termék tekintetében a megyei élelmiszerellenőrző és vegyvizsgáló intézettel, élőállat esetében pedig a megyei állategészségügyi állomással egyetértésben jár el.

(3) Az (1) bekezdés alapján hozott határozat — az egészséget, illetőleg az emberi környezetet súlyosan fenyegető veszély esetén — fellebbezésre való tekintet nélkül végrehajthatónak nyilvánítható.

#### 21. §

Ha a lakosság biztonsága szükségessé teszi, a megyei (fővárosi) tanács elnöke elrendelheti a megye (főváros) területének meghatározott részén a lakosság mozgásának korlátozását, tartózkodásának tilalmát, meghatározott terület kiürítését és ezekkel összefüggésben ingatlanok, épületek és más építmények, valamint anyagi javak használatának korlátozását, tilalmát.

(A tv 15. §-ához)

#### 22. §

A nukleáris létesítmény esetében — a 23. § (2) bekezdésében felsoroltak kivételével — hatósági engedély szükséges a létesítmény alkotórészét vagy tartozékát képező berendezés gyártásához és külföldről való behozatalához is.

#### 23. §

(1) A nukleáris létesítmény tekintetében

a) a műszaki terv tartalmának meghatározása,

b) a létesítésre, üzembehelyezésre, illetőleg üzemeltetésre, átalakításra, javításra, megszüntetésre, felhasználásra kerülő berendezés gyártására, külföldről való behozatalára vonatkozó biztonságtechnikai követelmények, valamint a biztonságtechnikai felügyelet szabályozása,

c) a létesítéshez, üzembehelyezéshez, illetőleg üzemeltetéshez, átalakításhoz, megszüntetéshez, továbbá a létesítmény alkotórészét vagy tartozékát képező berendezés gyártásához és külföldről való behozatalához szükséges biztonságtechnikai engedélyezés — a (2) bekezdésben foglalt kivétellel —

a nehézipari miniszter hatáskörébe tartozik.

(2) A nukleáris kritikus rendszerek, kutató és oktató atomreaktorok és más nukleáris kísérleti berendezések, valamint az önálló tároló létesítmények létesítéséhez, üzembehelyezéséhez, illetőleg üzemeltetéséhez, átalakításához és megszüntetéséhez szükséges engedélyt az OAB elnöke által kijelölt szerv adja ki.

(3) A radioaktív anyag előállítására, termelésére, tárolására, felhasználására, átalakítására és elhelyezésére szolgáló létesítmény és berendezés létesítéséhez, üzembehelyezéséhez, illetőleg üzemeltetéséhez, átalakításához és megszüntetéséhez, a radioaktív anyagok, hulladékok elhelyezéséhez, továbbá az ionizáló sugárzást létrehozó berendezés előállításához, üzemeltetéséhez és átalakításához szükséges engedélyezést az egészségügyi miniszter szabályozza.

(4) Az (1)—(3) bekezdésben foglalt engedélyek magukban foglalják az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos szakhatósági hozzájárulásokat is.

#### 24. §

Az atomerőmű üzembehelyezését — a 23. § (1) bekezdésében foglalt engedély alapján — a Minisztertanács által meghatározott miniszterek (országos hatáskörű szervek vezetői) képviselőiből álló indító és átvételi bizottság engedélyezi.

#### 25. §

(1) A nukleáris létesítményekkel összefüggő épületek építési szabályait az építésügyi és városfejlesztési miniszter állapítja meg.

(2) A nukleáris és radioaktív anyagok szállítását a belügyminiszterrel, a honvédelmi miniszterrel, továbbá — a nemzetközi szállítások tekintetében — az OAB elnökével egyetértésben a közlekedés- és postaügyi miniszter szabályozza.

(A tv 18. §-ához)

26. §

(1) Az ellenőrzésre jogosult szerv különleges ellenőrző vizsgálatok elvégzésével olyan intézményt is megbízhat, amely a szükséges személyi és tárgyi feltételekkel rendelkezik.

(2) Az OAB az atomenergia alkalmazásában érdekelt bármely szervnél vizsgálatot végezhet és bármely szervtől tájékoztatást kérhet.

(A tv 19. §-ához)

27. §

A tv 19. §-ának (1) bekezdésében említett nyilvántartáson felül könyvelési nyilvántartást és üzemeltetési feljegyzéseket köteles vezetni minden olyan szerv, amely a tv hatálya alá tartozó anyagot vagy készítményt — tartósan vagy átmenetileg — előállít, termel, használ (tárol), vagy elhelyez.

(A tv 23. §-ához)

28. §

A tv. 20. és 22. §-ában meghatározott kár megtérítésére irányuló igényeket kizárólag az Állami Biztosítóval szemben lehet érvényesíteni. Ez nem érinti az Állami Biztosító megtérítési igényét azal szemben, aki a kárért felelős.

(A tv 26. §-ához)

29. §

A Minisztertanács az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos feladatait az OAB, valamint a miniszterek, országos hatáskörű szervek vezetőinek közreműködésével látja el. Az OAB feladatát, hatáskörét és szervezetét az 1023/1978. (VII. 4.) Mt. h. számú határozat állapítja meg.

(A tv 27. §-ához)

30. §

Ez a rendelet 1980. július 1. napján lép hatályba, egyidejűleg a 10/1964. (V. 7.) Korm. számú rendelet, valamint a 10/1978. (II. 2.) MT számú rendelet hatályát veszti.

Lázár György s. k.,  
a Minisztertanács elnöke

**A honvédelmi miniszter  
2/1980. (IV. 5.) HM számú  
rendelete**

**az atomerőművel kapcsolatos  
polgári védelmi előírások közzétételéről**

Az atomerőművel kapcsolatos egyes feladatokról szóló 10/1978. (II. 2.) MT számú rendelet 10. §-ában foglalt felhatalmazás alapján a következőket rendelem:

1. §

Az atomerőmű működésével kapcsolatos polgári védelmi előírásokat — amelyek az atomerőmű területére és az atomerőmű körzetére vonatkozó megelőző (biztonsági) és védelmi (mentési, mentesítési stb.) követelményeket tartalmazzák — e rendelet mellékleteként kiadom, és alkalmazásukat elrendelem.\*

2. §

A polgári védelmi előírások végrehajtásának ellenőrzéséről a polgári védelem országos törzsparancsnoka gondoskodik.

3. §

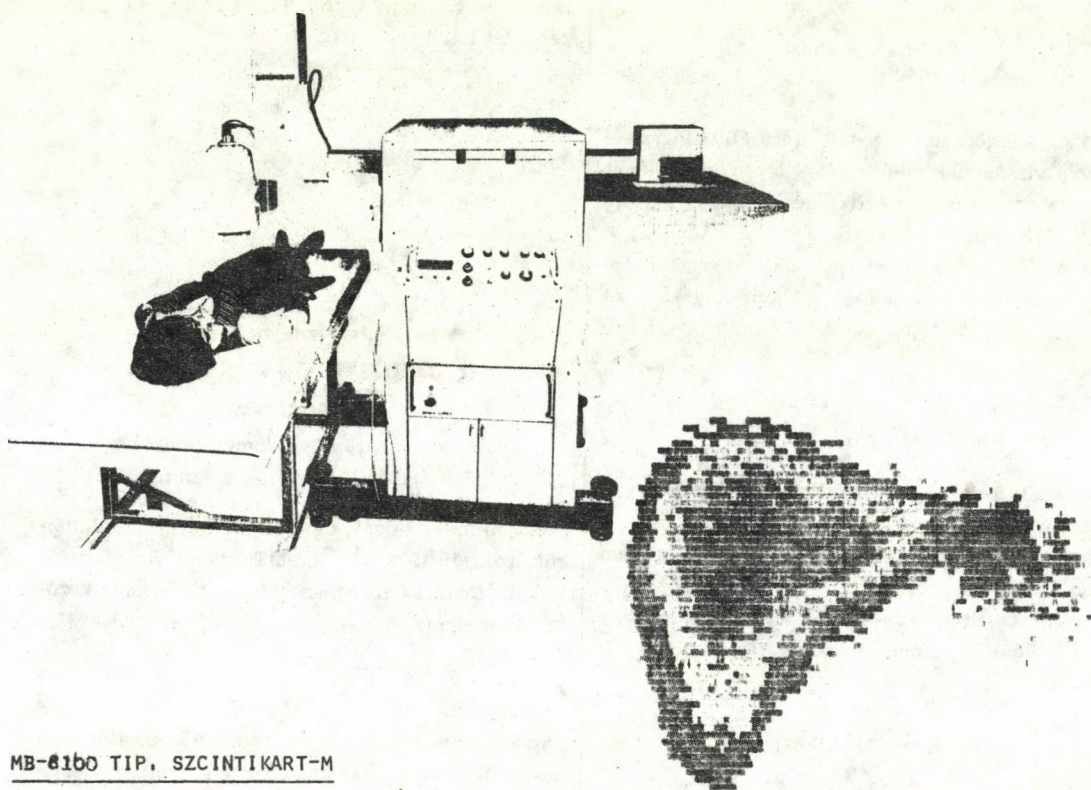
Ez a rendelet a kihirdetése napján lép hatályba.

Czinege Lajos hadseregtábornok s. k.,  
honvédelmi miniszter

\* A rendelet mellékletét a Polgári Védelem Országos Parancsnoksága az érintett szerveknek közvetlenül küldi meg.

A GAMMA MŰVEK TÖBB MINT 20 ÉVE  
AZ ORVOSI IZOTÓPDIAGNOSZTIKA  
SZOLGÁLATÁBAN!

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920



**MB-6160 TIP. SZCINTIKART-M**

**ÉS A KÉSZÜLÉKKEL KÉSZÍTETT M Á J S Z C I N T I G R A M**

Az általános nukleáris orvosi laboratórium igényeinek megfelelő, modern felépítésű, lokalizációs diagnosztikai berendezés.

Analóg elven épül fel, kijelzése színes dot rendszerű. A regisztrátumot 9 szinből építi fel, állandó vagy intenzitástól függő vonalsűrűséggel. Jó fókuszáló tulajdonságu kollimátorai és a beállítható kis sortávolság jó felbontású képet eredményez. Nagyméretű kristálya és nagy térképezési sebessége következtében kiterjedtebb szervek vizsgálatánál is eredményesen alkalmazható.

Egycsatornás amplitudóanalizátort tartalmaz. Széles tartományban állítható differenciáldiszkriminátora segítségével jó hatásokkal dolgozza fel a kis és közepes energiájú izotópok jeleit. A gyakrabban használt izotópokra jellemző energiaszintek egyszerű átkapcsolással állíthatók be, de folyamatos szintállításra is van lehetőség.

Beépített, analóg működésű háttérlevonóval állandó háttérszintlevonást lehet végezni. Ratemétere tág határok között állítható, az egyes méréshatárokon belüli normalizálás pedig az optimális kontraszt beállítását segíti. Az intenzitás pillanatnyi értékét mutató mérőműszer jelzi a kezelő lapon és a homloklafalon, miáltal a beállítás a beteg mellett állva is ellenőrizhető. E célt szolgálja az akusztikus jelzés is.

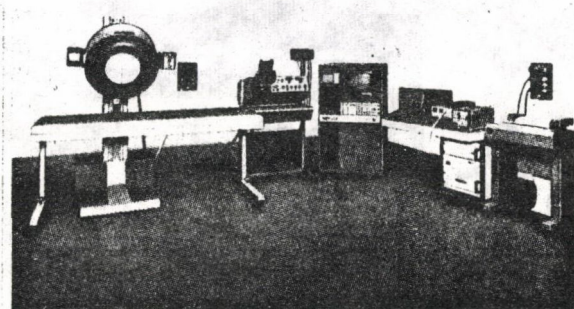
A mérőfej kézi mozgatása és az anatómiai pont bejelölése /marker/ a távvezérlővel történik. A vizsgálatot nagymértékben megkönnyíti az NZ-320 típusú diagnosztikai ágy használata. Az ágy fekvő része a pácienssel együtt - a lábfelek felengedése után - kézzel minden irányban, könnyen elmozdítható, így a beteg vizsgálni kívánt része egyszerű módon a detektor alá hozható.

Gyártja és exportálja:

GAMMA MŰVEK, 1509, BUDAPEST, PF.1. TELEFON: 853-144 TELEX: 22-4946

A GAMMA MŰVEK TÖBB MINT 20 ÉVE  
AZ ORVOSI IZOTÓPDIAGNOSZTIKA  
SZOLGÁLATÁBAN!

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920



A mai ember legnagyobb ellensége az érrendszeri és daganatos megbetegedés. Korai felismerésűkhöz, így eredményes gyógyításukhoz nyújt segítséget az izotópdiagnosztika.

Legújabb berendezéseink, a saját fejlesztésű MB-9101 típusu adatfeldolgozó és megjelenítő berendezés és a hozzá csatlakoztatható, Picker Co. know-how alapján gyártott, MB-9100 típusu szcintillációs gamma-kamera együttes alkalmazása lehetővé teszi az élő szervezetbe juttatott radioaktív izotópok egyes szerveken belüli eloszlásának gyors fel térképezését, a kapott primer adatok feldolgozását és kijelzését. Lehetővé teszi a szervek funkcionális működésének megítélését, a szerveken belüli daganatok felderítését, különféle keringési folyamatok ellenőrzését.

Az MB-9100 típusu szcintillációs gamma-kamera primer képe csak vizuálisan és kvantitativ értékelhető. A mérést viszont statisztikus hiba terheli. A kép csak bonyolult matematikai műveletekkel dolgozható fel, amelyekhez viszont kvantitativ mérési adatok is szükségesek. A kamera másik és talán még fontosabb felhasználási területe a gyors dinamikus felvételek értékelése. Ez már primer kép fényképezésével nehezen, vagy egyáltalán nem végezhető el, ezért az adatok begyűjtéséhez számítógépet kell alkalmazni, megfelelő háttértárolóval. Így a számítógéppel az adatgyűjtésen kívül a felvételek feldolgozása is elvégezhető. Ezt a célt szolgálja az MB-9101 típusu adatfeldolgozó és megjelenítő berendezés.

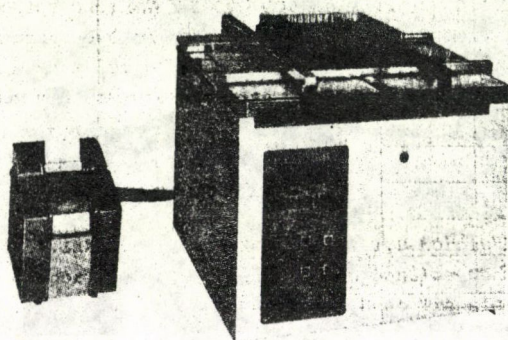
Cím: GAMMA MŰVEK, 1509, BUDAPEST, PF.1. TELEFON: 853-144      TELEX: 22-4946



BUDAPEST

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920

A GAMMA MŰVEK TÖBB MINT 20 ÉVE  
AZ ORVOSI IZOTÓPDIAGNOSZTIKA  
SZOLGÁLATÁBANI



A radioizotópos vizsgálati módszerek újabb irányzata a radioimmunoassay. E módszer azzal az előnnyel is jár, hogy a vizsgálandó személy nincs kitéve sugárterhelésnek. Ehhez a vizsgálati módszerhez fejlesztette ki a Gamma Művek az NZ-322 AUTOMATIKUS MINTAVÁLTÓT.

A mintákat minden emberi beavatkozás nélkül sorbaveszi, megméri radioaktivitásukat, és az eredményt a hozzákapcsolt sornyomatóval kinyomtatja. Ez az eszköz lehetővé teszi, hogy a módszer kikerüljön a radioaktivitás mérésével foglalkozó laboratóriumok viszonylag szűk köréből, mivel olyan kis aktivitást lehet vele mérni, amely normál orvosi laboratóriumban, minden különleges védőberendezés nélkül használható. A berendezés 256 jód-125-tel jelzett minta befogadására alkalmas, és asztali kivitelben készül.

Gyártja és exportálja:

GAMMA MŰVEK, 1509 BUDAPEST, PF.1. TELEFON: 853-144 TELEX: 22-4946







46:763

HU ISSN 0004-7201

# IZOTÓPTECHNIKA

23. ÉVFOLYAM 3. SZÁM (1980)

---

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

---



# IZOTÓPTECHNIKA

23. ÉVFOLYAM 3. SZÁM

BUDAPEST 1980. MÁJUS-JÚNIUS



## A TÜDŐ VENTILLÁCIÓS-PERFÚZIÓS VISZONYAINAK ÁLLATKÍSÉRLETES VIZSGÁLATA <sup>133</sup>XENON IZOTÓPPAL

Le Van Dieu\*, Spett B.\*\*, Kiss B.\*, Kocsár L.\*\*, Jakab T\*

\*Országos Anaesthesiológiai és Intenzív Therápiás Intézet, Budapest

\*\*Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

/Érkezett 1980. május 8-án/

A <sup>133</sup>xenon eliminációs sebességét vizsgáltuk laparotómia után. Inhalációs narkózisban végzett műtét után a xenon biológiai felezési ideje a kontroll csoport állataihoz képest szignifikánsan megnövekedett / $p < 0,001$ /. Hasonló eltérést tudunk bizonyítani a műtét után két órával, illetve 24 órával / $p < 0,01$ /. A csökkent eliminációs sebesség az alveolusok kollapszusával hozható összefüggésbe. A tüdőkeringés intakt voltát már korábbi vizsgálatainkkal bizonyítottuk.

Изучение вентиляции и перфузии легких изотопом <sup>133</sup>ксенона в экспериментальных животных  
Ле Ван Дье, Шпетт, Б., Киш, Б., Кочар, Л., Якаб, Т.

Была изучена скорость элиминации <sup>133</sup>ксенона после лапаротомии. Время биологического полураспада после операции в ингаляционном наркозе значительно повышается / $p < 0,001$ /. Подобное изменение обнаружено на 2 и 24 часов после операции / $p < 0,01$ /. Сниженная скорость элиминации можно приписывать альвеолярному коллапсу. Невредимость обращения легких было показано предыдущими исследованиями.

Ventilation-Perfusion Study of the Lung with <sup>133</sup>Xenon in Experiments on Animals  
Le Van Dieu, Spett, B., Kiss, B., Kocsár, L., Jakab, T.

The elimination velocity of <sup>133</sup>xenon was observed after laparotomy. The biological half-life of xenon after operation in inhalation narcosis increased significantly / $p < 0,001$ /. A similar change could be observed two hours and 24 hours after operation, resp. / $p < 0,01$ /. The decreased elimination rate may be due to alveolar collapse. The intactness of lung circulation had been proved by previous investigations.

A külső gázcsere a tüdő elsődleges funkciója, melyet igen sok tényező befolyásolhat, károsan. Régóta ismert tény, hogy az általános érzéstelenítésben végzett műtét után súlyos, sokszor kritikus értéket elérő hypoxia alakul ki. Létrejöttében fontos szerepet játszik a tüdő ventilációs-perfúziós viszonyainak kóros megváltozása. Ezt jelzi a légzés-funkciós paraméterek eltolódása<sup>1</sup>.

A tüdő ventilációs-perfúziós viszonyai változásának vizsgálatára a radioaktív izotópok közül igen alkalmas a <sup>133</sup>Xe. Ha a regisztrálásra felhasznált szcintillációs kamerát digitális számítógépes adatfeldolgozó egységgel kapcsoljuk össze, a tüdő ventilációs-perfúziós viszonyainak igen részletes elemzése válik lehetővé<sup>2,3</sup>. Az izotópot belélegzéssel vagy intravénás in-

jekcióval juttatják be a szervezetbe. Az előbbi módszer során a vizsgált személy a totálkapacitásnak megfelelő térfogatot lélegzi be. Az eljárás hátrányai közé tartozik, hogy súlyos beteg erre képtelen. Fiziológias légzési volumennel való légzésnél a ventilációs-perfúziós viszonyok másképpen alakulnak. Egyébként az elzáródott légutak is megnyilhatnak nagyobb tüdő-térfogatnál, mely a módszer újabbhibá forrását rejti magában<sup>4</sup>. Az intravénásan bejuttatott  $^{133}\text{Xe}$  izotóp a tüdőbe jutva az alveolusokba diffundál, és a légzéssel kiürül /washout-eljárás/. A ventiláció zavarainál /felnőttkori respirációs distress syndroma, az alveolusok kollapszusa vagy oedemája/ a vér légtelen tüdőrekeszben folyhat át, képtelen oxigénfelvételre, söntölődik, természetesen így a  $^{133}\text{Xe}$  kiürülése is elhúzódik. Ezen folyamat szcintillációs kamerával jól nyomon követhető, és az aktivitás változása alapján felvilágosítást kaphatunk a légzés és keringés alakulásáról.

Annak eldöntésére végeztük állatkísérletes vizsgálatainkat, hogy milyen szerepet játszik a posztoperatív hypoxaemia kialakulásában a pulmonális söntkeringés. Választ kerestünk arra a kérdésre, hogy milyen hatása van a narkózisnak, valamint a műtétnek a  $^{133}\text{Xe}$  eliminációjára.

## VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Kísérleteinket 180-200 g súlyu, Wistar R /Amsterdam/ Long Evans csuklyás, him  $F_1$  hibrid /LATI-Gödöllő/ patkányon végeztük. A vizsgálandó állatokat - a  $^{133}\text{Xe}$  izotópos vizsgálat időpontjától függően - két csoportra osztottuk; egy-egy csoportba öt állat tartozott. Megfelelő kontrollcsoportról is gondoskodtunk. Az első csoportba azok az állatok kerültek, amelyeknél 3 óra hosszat tartó Halothan-narkózisban végzett gyomorresectio után 2 óra múlva történt az izotópvizsgálat /I/. A második csoport állatainál ugyanolyan műtéti beavatkozás történt, mint az előző csoportnál, a  $^{133}\text{Xe}$ -izotópos vizsgálatra viszont csak a műtét után 24 óra múlva került sor /II/. A kontrollcsoport állatainál a narkózist ugyancsak Halothannal, maszkon keresztüli inhalációval végeztük. A vizsgált állatok egységesen /27,75 MBq/  $^{133}\text{Xe}$  izotópot kaptak a vena iliacaiba. A bejuttatott izotóp aktivitását az állatok tüdeje felett szcintillációs kamerával regisztráltuk. A kiürülés sebességét gamma-kamerával /Picker Dynakamera-4/ mértük. A kamerához Gamma MB-9101 digitális számítógépes adatfeldolgozó egységet kapcsolunk.

## EREDMÉNYEINK

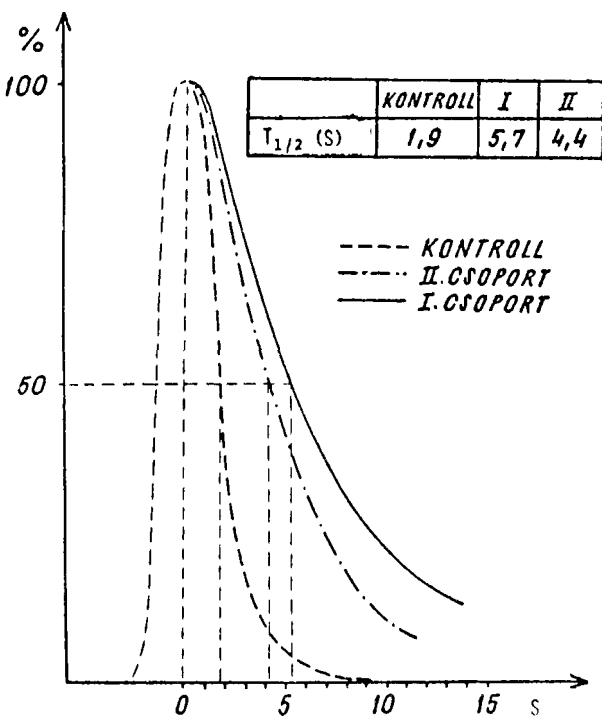
Az 1. ábra a kontroll, valamint a gyomorresection átesett állatoknál mutatja a  $^{133}\text{Xe}$  eliminációjának változását. A kontrollcsoportnál a biológiai felezési idő  $T_{1/2}$  átlaga 1,9 másodpercnek bizonyult. Ezzel szemben a műtéten átesett állatoknál a kiürülési idő lényegesen hosszabb volt: átlagértéke műtét után 2 órával 5,7 s és 24 órával pedig 4,4 s. Ha ezeket az időtartamokat

egybevetjük a kontrollcsoport értékeivel, a két csoport között szignifikáns különbséget találunk  $/p < 0,001/$ . A  $^{133}\text{Xe}$  eliminációs sebességét a műtét után eltelt idő függvényében vizsgálva azt találtuk, hogy a műtéten átesett állatok két csoportja között /I. és II./ lényeges különbség áll fenn, s ez itt is szignifikánsnak bizonyult  $/p < 0,01/$ .

### MEGBESZÉLÉS

Patológias posztoperatív pulmonális eltérés nemcsak a már előzőleg károsodott légzésfunkcióju betegeknel jelentkezik, hanem azoknál is, akiknek tüdőfunkciója ép. Kiváltásában a sebészi beavatkozás, az anaesthesia, az esetleges aspiratio, fájdalom, posztoperatív gyógyszeres kezelés, valamint a fekvő immobilizált testhelyzet játszik szerepet. Ezen tényezők káros hatásukat a légzésfunkcióra, valamint a gázcserére fejtik ki.

A légzésfunkciós paraméterek posztoperatív, negatív irányu változásával több szerző, közöttük jómagunk is foglalkoztunk<sup>5,7,8</sup>. Churchill és McNeil tapasztalatai szerint a mellkast és hasat nem érintő sebészi beavatkozás a vitálkapacitást nem befolyásolja, míg hasi műtét után ez utóbbi a praepoperatív érték 25-50 %-ával csökken. Beecher 1933-ban végzett, több ezer légzésfunkciós vizsgálat alapján arra a következtetésre jutott, hogy a laparotomiát követően a vitálkapacitás 45 %-kal csökken.



1. ábra

$^{133}\text{Xe}$  izotóp biológiai felezési idejének változása a kontroll és laparotomizált állatoknál

Ennek normalizálódása a műtét utáni első-második héten, fokozatosan következik be. Ugyancsak ezen beteganyag megfigyelése szerint ez a kedvezőtlen hatás annál kifejezettebb volt, minél közelebb helyezkedett el a műtéti behatolás a rekeszizomhoz. Hasonló eredményre jutott residualis volumen, funkcionális residualis kapacitás vonatkozásában is, melyet a későbbi utánvizsgálatok egyértelműen megerősítettek<sup>5,9</sup>. A laparotomiát követően azonban a légzési volumen is jelentősen változik: a műtétet követő 24 órában mintegy 20 %-kal csökken,

melyet a légzési frekvencia 25%-os növekedése kíséri. E hatások eredményeképpen a percventilláció végeredményben nem változik<sup>6</sup>. Ezen változások szintén fokozatosan szűnnek meg, és a műtétet követő második héten már nem térnek el a preoperatív értékektől.

E tényezők azonban a posztoperatív hypoxaemia előidézésében nemcsak önállóan vesznek részt. Lichtheim<sup>10</sup> az atelectasiaról írt monográfiájában már felveti a nem ventillált, de megfelelő perfúzióval rendelkező alveolusok szerepét a hypoxaemia előidézésében. A kérdés részletes, állatkísérletes vizsgálata Sackur<sup>11</sup> nevéhez fűződik, aki a thoracotomiának a légzésre kifejtett hatását vizsgálta. Bebizonyította, hogy a posztoperatív hypoxaemiáért nemcsak a mellkasi motorium egységének megbontása tehető felelőssé, hanem a kollabált, nem perfundált alveolusok is. Ezen megfigyelés alapján állította fel söntegyenletét. A posztoperatív oxigenizációs folyamatok folyamatos nyomonkövetésének igénye vezetett el végső soron az O<sub>2</sub>-elektród kifejlesztéséhez<sup>12</sup>.

Az elmúlt években több olyan légzésfunkciós szűrővizsgálatot vezettek be, melyek mindegyike azt célozta, hogy a posztoperatív szövődmények, így a következményes hypoxaemia által különösen veszélyeztetett egyéneket idejében felkészítsék a műtetre, illetve terápiában részesítsék. Ennek során a zárási térfogat, a léguti ellenállás, valamint a compliance meghatározása a fontosabb<sup>13</sup>.

A legújabb diagnosztikus vívmány a tüdő ventillációs-perfúziós viszonyainak meghatározása radioaktív izotóppal<sup>14,15</sup>. A <sup>133</sup>xenon erre a célra igen alkalmas, így érthető, hogy használata széles körben elterjedt.

Az eljárás a beteget nem terheli, az eredmény jól reprodukálható. Hátránya a költséges berendezés, valamint a bonyolult óvrendszabályok. Belélegeztetve vizsgálhatók a tüdő ventillációs viszonyai<sup>4</sup>. A készítmény intravénás adása után végzett gamma-kamerás detektálás során a ventillációs-perfúziós arány összetevőiről szerezhethünk felvilágosítást<sup>16</sup>.

Az irodalomban említett kedvező tapasztalatok alapján, állatkísérletes vizsgálataink során, az intravénásan bejuttatott <sup>133</sup>xenon biológiai felezési idejét vizsgáltuk narkotizált, laparotomián átesett állatoknál. Tapasztalataink szerint az izotóp biológiai felezési ideje lényegesen megnő a kontrollcsoport állataihoz képest. Ezek az adatok megfelelnek a nemzetközi, valamint a hazai megfigyeléseknek<sup>17,18</sup>. Eredményeinket az magyarázza, hogy az intravénásan bejuttatott <sup>133</sup>xenon a tüdőbe kerülve azonnal átdiffundál az alveolusokba, és a légzéssel eltávozik a szervezetből. Amennyiben a posztoperatív szakban jelentős pulmonális söntkeringés alakul ki, a nem ventillált, de perfundált alveolusokhoz eljutó <sup>133</sup>xenon nem ürül ki a szervezetből, hanem a nagyvérkörön átjutva újra megjelenik a tüdőben. Ezen folyamat következtében az izotóp kiürülése elhúzódik.

Tekintettel arra, hogy korábbi állatkísérletes vizsgálataink során a pulmonális keringés posztoperatív károsodását nem tudtuk bizonyítani<sup>19</sup>, eredményeink alapján a posztoperatív alveolaris kollapsus jelenlétére következtethetünk. Ez magyarázza a tüdő csökkent <sup>133</sup>xenon-eliminációs kapacitását.

## IRODALOM

1. *J.F. Nunn*, Measurement of Pulmonary Shunt, *Acta Anaesth. Scand. Suppl* 70 /1978/ 144
2. *M.K. Loken, J.R. Medina, J.P. Lillehei, et al.*, Regional Pulmonary Function Evaluation Using Xenon-133, a Scintillation Camera and Computer, *Radiology* 93 /1969/ 1261
3. *M.T. Newhouse, F.F. Wright, G.K. Ingham, et al.*, Use of Scintillation Camera and 133-Xenon for Study of Topographic Pulmonary Function, *Resp. Physiol.* 4 /1968/ 141
4. *E.W. James, J.B. Lincoln, R. Murugappan*, Dynamic Measurement of Regional Ventilation and Perfusion of the Lung with Xe-133, *J. Nucl. Med.* 18 /1977/ 660
5. *A.R. Ancombe, R.St.J. Buxton*, Effect of Abdominal Operations on Total Lung Capacity and Its Subdivision, *Brit. Med. J.* 2 /1958/ 84
6. *H.K. Beecher*, Effect of Laparotomy on Lung Volume: Demonstration of a New Type of Pulmonary Collapse, *J. Clin. Invest.* 12 /1933/ 651
7. *Le Van Dieu, Kiss B., Kroó M.*: Légzésfunkciós paraméterek, vérgáz és sav-bázis értékek postoperatív változása felső hasi műtéten átesett betegekben, *Anaesth. Intenz. Therap.* 4 /1979/ 145
8. *E.D. Churchill, D. McNeil*, The Reduction in Vital Capacity Following Operation, *Surg. Gynecol. Obstet.* 44 /1927/ 483
9. *M.L. Diament, K.N.V. Palmer*, Postoperative Changes in Gas Tensions of Arterial Blood and in Ventilatory Function, *Lancet* 2 /1966/ 180
10. *L. Lichtheim*, Über Atelektasie, *Arch. Exp. Pharamakol.* 10 /1879/ 54
11. *Sackur*, Zur Lehre vom Pneumothorax, *Z. Klin. Med.* 29 /1896/ 25
12. *L.C. Clark Jr., R. Wolf, D. Granger, Z. Taylor*, Continuous Recording of Blood Oxygen Tensions by Polarography, *J. Appl. Physiol.* 6 /1953/ 189
13. *A.F. Gelb, N. Zamel*, Simplified Diagnosis of Small Airway Obstruction, *New. Engl. J. Med.* 288 /1973/ 395
14. *P.O. Alderson, J.L. Doppman, S.S. Diamond, K.G. Mendenhall, E.L. Barron, M. Girton*, Ventilation-Perfusion Lung Imaging and Selective Pulmonary Angiography in Dogs with Experimental Pulmonary Embolism, *J. Nucl. Med.* 2 /1978/ 84
15. *L.S. Gerald, D.M. Harold, B.C. Lawrence, C. Angelo*, Xenon Ventilation-Perfusion Lung Scans, *JAMA* 240 /1978/ 2441
16. *B.J. McNeil*, Diagnostic Strategy Using Ventilation-Perfusion Studies in Patients Suspect for Pulmonary Embolism, *J. Nucl. Med.* 17 /1976/ 613
17. *Tóth T., Vittay P., Spett B., Kopcsányi Zs., Bertók L., Kocsár L.*, A tüdő <sup>133</sup>Xe-eliminációjának változása endotoxin sokkban, *Izotóptechnika /Budapest/* 22 /1979/ 206

18. *L.J. Wilson, M. Bynum, M. Ramathan, Dynamic Measurement of Regional Ventilation and Perfusion of the Lung with Xe<sup>133</sup>* J.Nucl.Med. 18 /1977/ 660
19. *Le Van Dieu, Spett B., Kiss B., Kocsár L., Jakab T., A posztoperatív pulmonális trombóliskészség vizsgálata izotópos módszerrel, Izotóptechnika /Budapest/ 23 /1980/ 1*

## A BIOKÉMIAI RECEPTORKÖTÉS VIZSGÁLATÁNAK GYÓGYSZERKUTATÁSI ALKALMAZÁSÁRÓL

Wollemann M.

MTA Szegedi Biológiai Központ Biokémiai Intézete, Szeged

/Érkezett 1980. június 4-én/

A biokémiai receptorkötés alkalmazási lehetőségeit és módszereit, elsősorban a biogén aminok receptorhoz való kötődését tárgyaljuk. A dopamin és  $\beta$ -receptor-kötéssel foglalkozunk részletesebben. Végül vizsgáljuk a receptorreguláció lehetőségét fiziológiás és patológiás állapotban.

О применении и изучения биохимической рецепторной связи в фармакологическом исследовании  
Воллеманн, М.

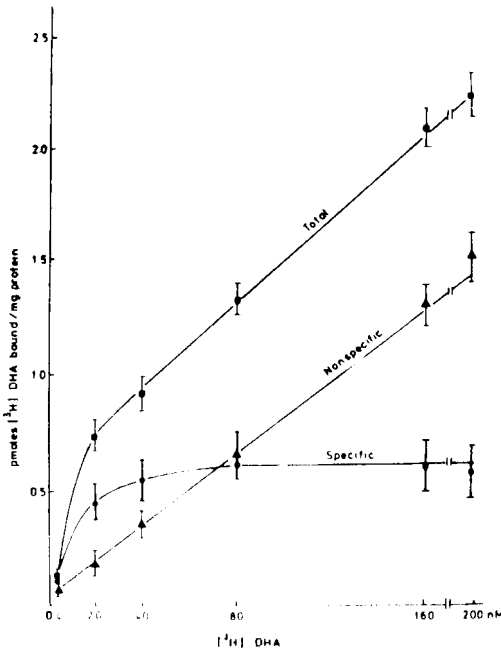
Излагаются возможности и методы применения биохимической рецепторной связи, особенно связи биогенных аминов с рецептором, среди них допаминов и  $\beta$ -рецепторов, а также урегулирования рецепторов в физиологических и патологических условиях.

On the Use of the Study of Biochemical Receptor Binding in Pharmacological Research  
Wollemann, M.

The possibilities of the application and methods of receptor binding are summarized. The receptors of biogenic amines, among them dopaminergic and  $\beta$ -receptors are studied in details. The regulation of receptors under physiological and pathological conditions are also dealt with.

## A BIOKÉMIAI RECEPTORKUTATÁS HELYZETE ÉS TÁVLATAI

A biokémiai hormon- és ingeranyag-receptorok kutatása, ellentétben a farmakológiával, tulajdonképpen csak egy-két évtizedes multra tekinthet vissza. Bevezetésüket két fontos felfedezés tette lehetővé: Sutherland és Rall<sup>1</sup> felfedezett egy membrán enzimet, az adenilciklázt /AC/, melyet egy sor ingeranyag specifikusan aktivál. Miledinek és Potternek pedig sikerült az acetilkolin /ACK/ receptorkötő fehérjét egy kígyóméreggel, a bungarotoxinnal specifikusan jelölni és tisztítani<sup>2</sup>, majd a tisztított fehérje molekulásúlyát, elektronmikroszkópos képét, kinetikai paramétereit megmérni, és ezt követően a fehérjét visszaépíteni mesterséges membránba, ahol ACK hatására  $\text{Na}^+$  ionok szabadultak fel<sup>3</sup>. A specifikus kötés technikáját továbbfejlesztették, így ma már izotóppal jelölt, nagy fajlagos aktivitású sztereospecifikus antagonisták segítségével meg lehet határozni, hogy egy szövetben, sejttenyészetben, homogenizátumban vagy membrán preparátumban milyen receptorok vannak; muszkarinos, nikotinos, adrenerg, szerotoninerg, GABA, dopaminerg, hisztaminerg vagy peptiderg receptorok. Ehhez elsősorban a filtertechnikát használják, melyet rövid /ren-



1. ábra

A specifikus kötés meghatározása  $\beta$ -adrenerg receptor dihidroalprenolollal

összes kötés	■ - ■
nem specifikus	▲ - ▲
specifikus kötés	● - ●

de szelektív izomrelaxánsok és más antikolinerg, antimuszkarinerg és antihisztaminerg hatású gyógyszereknél is.

Az új pszichotróp drogok gyógyszeripari kutatása az állatkísérleti tesztől a molekuláris biológia irányába fordult. Külföldön is, még néhány évvel ezelőtt, a laboratóriumi kutatók a hatásosnak gondolt új vegyületet állatokba fecskendezték be, és utána vizsgálták a magatartásra gyakorolt hatását. Manapság külföldön új gyógyszereknél előbb a biokémiai hatást vizsgálják meg izolált agysejteken. A klasszikus vizsgálati módszer durva, drága, és nem túl sikeresnek bizonyult. A felfedezések többsége véletlenül alapul. Ilyennek számított az antiszkizofrénias<sup>9</sup> klórpromazin /CPZ/ felfedezése. Az 50-es évek elején a francia haditengerészet sebésze, Henri Laborit nyugtatószerként alkalmazta a Specia gyár által antihisztamin hatású előállított Largactilt, melyet azonban, tulságos szedáló hatása miatt, erre a célra nem használtak. Laborit javaslatára a szert elmebetegeken is kipróbálták, és, mint kiderült, szkizofréniasok esetében nemcsak nyugtató, de bizonyos fokig gyógyító hatású is volt.

desen néhány perces/inkubáció után, tetszőleges hőmérsékleten elérve az egyensúlyi állapotot, gyors szűrés és mosás követ üvegszűrőn át<sup>5</sup>. A specifikus /kicserélhető/ kötést úgy határozzák meg, hogy az összes kötésből kivonják a nem specifikus kötést, amelyet nagy mennyiségű /ezerszeres feleslegben alkalmazott/ hideg agonista vagy antagonistá jelenlétében határoznak meg /1. ábra/. Amennyiben egy kötőhelyről van szó, akkor, ha a jelzett ligandumot különféle koncentrációban adjuk a szövethez, a specifikus kötésnél telítési görbét kapunk, amiből az affinitási állandó kiszámítható. Ha a telítési görbét Scatchard<sup>6</sup> szerint ábrázoljuk, vagyis az x tengelyen a kötött ligandum mennyiségét, az y tengelyen a kötött/szabad ligandum mennyiségét tüntetjük fel, egy kötőhely esetében egyenest kapunk.

E módszereknek sok külföldi folyóiratban megjelent cikk szerint<sup>7,8</sup> nagy jövőt jósolnak a gyógyszerek, elsősorban a pszichofarmakonok tesztelésénél,

A következő lényeges felfedezés Carlssontól<sup>10</sup> származott, 1964-ben, Svédországban. Ez a kutató megállapította, hogy a CPZ és a Haloperidon növeli a dopamin metabolitok koncentrációját az agyban. Ebből arra következtetett, hogy ezek a gyógyszerek a dopamin receptorokhoz kötődnek, és hosszabb szedésük parkinsonos tüneteket okoz, hasonlóan a Parkinson-kórhoz, melyet a dopamin hiánya okoz.

Tíz évvel később Keibian és Greengard<sup>11</sup> azt találta, hogy dopamin hatására a n. caudatus c-AMP szintje megnő, amit az okoz, hogy a dopamin receptorok egy része itt az adenilciklázhoz kötődve aktiválja az enzimet. Ha a sejteket előbb antiszikizofrénias drogok hatásának tesszük ki, a c-AMP szint növekedése elmarad. A legújabb vizsgálatok szerint azonban kétféle dopamin receptor van a n. caudatusban<sup>12</sup>: az egyik adenilciklázhoz van kötve, a másik nem. A két receptor közötti jellemző különbségeket az alábbi táblázatban foglaljuk össze.

#### 1. táblázat

A dopamin receptorok osztályozásának kritériumai

	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
Adenilciklázhoz kötött	igen	nem
Tipikus receptor lokalizációja	marha mellék-pajzsmirigy	előlső hipofízis mammotrof hormonjainak kiválasztása
Dopamin	agonista mikromoláris koncentrációban	agonista nanomoláris koncentrációban
Apomorfin	részleges agonista v. antagonist	agonista nanomoláris koncentrációban
Dopaminerg ergot alkaloidák	erős antagonisták /nanomoláris koncentrációban/ gyenge agonisták /mikromoláris koncentrációban/	agonista /nanomoláris koncentrációban/
Szelektív antagonist	eddig nem ismert	Metoklopramid szulpirid
Izotóppal jelzett ligandum	cisz-flupentixol	Dihidroergokriptin

Kétféle módszer kombinálásával lehetőség nyílt olyan szelektív dopamin receptor blokkolók keresésére, amelyek csak az egyik /D<sub>1</sub>/ receptort gátolják, mégis hatékony antiszikizofrénias gyógyszerek /pl. ha csak a D<sub>1</sub> receptorokra hat, és nem kötődik a D<sub>2</sub> receptorhoz, ami a prolaktin termelését növeli, és menstruációs zavarokat okoz/. A specifikus kötés mérési módszerével sikerült külön-külön is megmérni a D<sub>1</sub> és D<sub>2</sub> receptorok kötését, és ezt a módszert széles körben alkalmazni az antiszikizofrénias szerek vizsgálatára. Ez a módszer sokkal olcsóbb, mint az előzőek, mert pl. 100 g drog és 100 patkány helyett 1 mg is elég, és néhány mg fehérje vagy szövet. A kötéssel egymagában azonban nem lehet elkülöníteni az agonistát az antagonistától, ha nagyobb az affinitása a receptorhoz,

mint a neurotranszmitternek, csak ha a magatartást vagy az adenilcikláz aktiválásának gátlását is vizsgáljuk. A módszert természetesen kiterjesztették más receptorok és antianxiétáns, antidepresszáns vegyületek vizsgálatára is<sup>13</sup>. Ilyen módon sikerült olyan antiszkizofrénias vegyületeket előállítani, amelyek nem okoznak parkinsonos tüneteket. Az antiszkizofrénias gyógyszerek másik kellemetlen mellékhatása, hogy erősen nyugtatnak, és csökkentik a vérnyomást. E hatás megjósolható, ha méri az  $\alpha$ -adrenerg receptorkötést. Azok a gyógyszerek, amelyek nagyobb affinitással kötődnek az  $\alpha$ -adrenerg receptorhoz, mint a dopaminerg receptorhoz, vérnyomáscsökkentők lesznek. Az antidepresszánsok hatását részben AC-hez kötött hisztamin receptorok hatásán keresztül lehet mérni, részben a  $\beta_1$ -receptort blokkoló hatáson keresztül.

Nem hagyható ki a sorból az opiát-morfin receptorokhoz<sup>14</sup>, valamint a benzodiazepin /BD/ receptorokhoz való kötés mérése sem<sup>15</sup>.

A dolog külön érdekessége, hogy a receptorok előbb voltak ismertek és szervvizsgálatra alkalmasak, mint a természetes transzmitter anyag vagy modulátor, pl. az első esetben az enkefalinszerű peptidok, a másodikban az adenzin vagy inozin, ill. a GABA, mely növeli a BD-kötést a receptorhoz. A benzodiazepinnél a fő bizonyíték az volt, hogy affinitásuk a specifikus receptorhoz megegyezett relativ klinikai hatékonyságukkal, azaz a szorongást felfüggesztő hatással. A GABA-val összefüggő BD-receptor fehérje gátolja a GABA kötődését a receptorhoz, ha a BD hozzákötődik, a gátló fehérje disszociál a GABA receptortól. Ujabban több BD-receptort különböztethetünk meg, így el lehet választani a szedáló hatást az antikonvulzáns és szorongást csökkentő hatástól.

Feltételezik, hogy az agy transzmittereinek még nagyrésze nem ismert, így még tágabb lehetőségei vannak az új gyógyszerek felfedezésének. Mindenestre a gyógyszerhatás ezen új elméletei sokkal több új gyógyszer felfedezését ígérik, mint a régiek. Mivel a receptorkötés meghatározásának ideje ilyen rövid, sokkal több anyagot lehet megvizsgálni, és sokkal több új, meglepő hatással számolni, és egyben le lehet majd rövidíteni azt a tíz évet, amely egy gyógyszer felfedezésétől a piacra kerüléséig eltelik.

## TOVÁBBI TÁVLATOK

A receptorkutatásnak ezenkívül még más haszna is lehet a gyógyszerkutatás számára. Ismeretesek ugyanis olyan fiziológiás és patológiás állapotok, amikor a receptor hiperszenzitív vagy hiposzenzitív, azaz deszenzitizált állapotban van. Ilyen állapot pl. allergia vagy egyéb sokk és stressz következtében léphet fel, de maga a hormonszint vagy neurotranszmitter-szint, vagy esetleg gyógyszeresedés is tartós változást idézhet elő a receptor érzékenységében.

Az alacsony hormonszint általában növeli, a magas pedig csökkenti a receptorok számát. Így pl. a rezerpinkezelés növeli a  $\beta$ -receptorok számát a szívben és az agyban, és fokozza az adenilcikláz hormonérzékenységét<sup>16</sup>. Ami ennél még érdekesebb, a guanin nukleotidák, melyek fontos szerepet játszanak az AC receptorkötésben, deszenzitizált szíven sokkal erősebb hatást fejtenek ki az AC-ra, mint rezerpinnel kezelt szíven<sup>17</sup>. Ennek jelentősége lehet a gyógyszer-tűrés és gyógyszerdependencia kezelésében is, mivel legújabban kimutatták, hogy a guanin nukleotidák a nem AC-n keresztül működő receptorok /pl. opiát és muszkarinos receptorok/ esetében is fontos szerepet játszanak a receptor-ligandum kötésben.

Végezetül összefoglalva szeretném kifejezni azt a reményemet, hogy ezeket az új módszereket, melyek viszonylag gyorsak, használhatók hazai jelzett gyógyszerekkel is, kvantitatívok, tehát jól összehasonlíthatók, kis anyag- és állatigényük van, mind szélesebb körben vezethetők majd be az új, hatékonyabb pszichofarmakonok és más receptorblokkolók szkrinelésénél, és ez lehetőséget ad majd újabb és újabb szelektív hatások kiszűrésére és egyben hatékonyabb vegyületek előállítására.

#### IRODALOM

1. *F.W. Sutherland, T.W. Rall, J. Biol. Chem.* 232 /1958/ 1077
2. *R. Miledi, L.T. Potter, Nature* 233 /1971/ 599
3. *M.A. Raftery, J. Bode, R. Vandlen, D. Michaelson, J. Deutsch, T. Moody, Proceedings of the Ninth FEBS Meeting* 37 /1974/ 39
4. *P. Cuatrecasas, M.D. Hollenberg, Adv. in Protein Chem.* /1976/ 251
5. *R.J. Lefkowitz, D. Mullikin, L.T. Williams, Molec. Pharmacol.* 14 /1978/ 376
6. *M. Scatchard, G., Ann. N.Y. Acad. Sci.* 51 /1949/ 660
7. *G.B. Kolata, Science* 205 /1979/ 774
8. *P. Turner, Trends in Pharmacological Sciences* 1 /1979/ 2
9. *H. Laborit, P. Huguenard, R. Alluaume, Presse Méd.* 60 /1952/ 206
10. *A Carlsson, Prog. Brain Res.* 8 /1964/ 9
11. *J.W. Keibarian, P. Greengard, Science* 174 /1971/ 1346
12. *J.W. Keibarian, D.B. Calne, Nature* 277 /1979/ 93
13. *E. Costa, Trends in Pharmacological Sciences* 1 /1979/
14. *E.J. Simon, Amer. J. Med. Sci.* 266 /1973/ 160
15. *P.J. Marangos, S.M. Paul, F.K. Goodwin, Life Sci.* 25 /1979/ 1093
16. *M. Wollemann, Proceedings of 12th FEBS Meeting* 54 /1978/ 21
17. *V.A. Tkachuk, M. Wollemann, Biochem. Pharm.* 28 /1979/ 2097

## A KERESKEDELMI FORGALOMBAN LEVŐ LEGFONTOSABB TIROXIN RIA KITEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Dévényi N.

MTA Izotóp Intézete, Budapest

/Érkezett 1980. június 9-én/

Összefoglaljuk a tiroxin RIA fejlődését az utóbbi 10 évben. Röviden ismertetjük a szérum tiroxin összkoncentrációjának mérését alkoholos denaturációval és blokkoló ágensek adagolásával, valamint a szabad és az antitesthez kötött tiroxin elválasztásának módjait és a nagy affinitású antiszérum előállítását. Vázoljuk az ujszülöttek hipotireózis-vizsgálatát és a szabad tiroxin meghatározásának lehetőségeit. Összehasonlítjuk néhány kereskedelmi forgalomban levő RIA kit legfontosabb tulajdonságait.

Сравнение наиболее важных РИА наборов, находящихся в торговле  
Девеньи, Н.

Развитие РИА тироксина в последнем десятилетии. Коротко изложены вопросы определения суммарной концентрации тироксина сыворотки алкогольной денатурацией и блокирующими веществами, способов разделения свободного тироксина от связанного к антителу, а также вопросы получения антисывороток с высокой аффинностью. Затронуты испытание по гипотиреозу новорожденных и возможности определения свободного тироксина. Сравнены наиболее важные параметры некоторых РИА наборов, находящихся в торговле.

A Comparison of the Most Important Commercially Available RIA Kits  
Dévényi, N.

The development of thyroxin RIA in the last decade is summarized. A brief account is given on the determination of total concentration of serum thyroxin by alcoholic denaturation and by blocking agents, on the techniques of separation of free and antibody-bound thyroxin, and on the preparation of high-affinity antiserum. The hypothyreosis test of new born children and the possibilities of the determination of free thyroxin are also outlined. A comparison is made among the most important parameters of several commercial RIA kits.

A pajzsmirigyműködés megítélése szempontjából a két legfontosabb jódtironin a tiroxin /T4/ és a trijódtironin /T3/.

A véráramban levő T3 és T4 nagy része /több, mint 99%-a/ a transzport fehérjékhez, elsősorban a TBG-hez /Thyroxine Binding Globulin/, valamint a TBPA-hoz /Thyroxine Binding Prealbumin/ és albuminhoz kötődik. A fiziológiai hatást a kisebb mennyiségben jelen levő szabad hormon fejti ki<sup>1-3</sup>. Néhány fontos kivételtől eltekintve /terhesség, fogamzásgátló szedése/ a TBG-koncentráció állandó, így a pajzsmirigystatus megállapítására a teljes T4 /T3/ meghatározása elegendő. Meggyőzőbb a vizsgálat, ha kiegészítjük a szabad hormonszint meghatározásával.

A világon nagyon sokféle, a teljes T4 és T3, ujabban a szabad T4 meghatározására szolgáló, radioimmunológiai elven<sup>4-6</sup> működő készlet /kit/ van kereskedelmi forgalomban. Cikkünk célja, hogy áttekintést adjunk a RIA /Radioimmunoassay/ módszerek fejlődéséről, és összehasonlitsuk a forgalomban levő legfontosabb T4 RIA kitek tulajdonságait.

## A TIROXIN ÖSSZKONCENTRÁCIÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A tiroxin legnagyobb része a szérumfehérjékhez kötve van jelen a vérben. Annak érdekében, hogy a tiroxin antiszérumhoz való kötődését lehetővé tegyék, a szérumfehérjéktől el kell választani, vagy a kötődést meg kell akadályozni<sup>2</sup>. Ennek egyik régebben alkalmazott módszere az *alkoholos denaturáció*<sup>7</sup>, amely során a jódtironinok az alkoholos fázisba jutnak át. Ezt az eljárást ma már ritkán használják, mivel több időt igényel, és nagyobb térfogat szükséges a vizsgálandó szérumból, mint a jelenleg használt módszerek esetén.

A következő lépés a T4 RIA módszerek fejlődésében annak felismerése volt, hogy egyes vegyületek, mint pl. a 8-anilin-1-naftalin szulfonsav /ANS/, a Na-szalicilát és a mertiolát, gátolják a tiroxin TBG-hez való kötődését<sup>8</sup>. A *blokkoló agens* adagolása nem igényel külön lépést, mint az alkoholos denaturáció, így nagymértékben egyszerűsítette az eljárást. A kereskedelmi forgalomban levő csaknem valamennyi T4 RIA kit ANS-t használ erre a célra.

Nagy eltérés van a szabad és az antitesthez kötött tiroxin elválasztásában. Ez történhet *csapadékképzéssel*: a tiroxin-antitestkomplexet egy második antitesttel vagy polietilén-glikollal /PEG/ kicsapjuk, és centrifugálással elkülönítjük<sup>7,8</sup>. Ismeretesek olyan módszerek is, amikor az antitestet *szilárd fázisú* hordozóhoz kötik. A hordozó lehet üveggyöngy /Corning/, Sephadex dextrán gél /Phadebas/ vagy ioncserélő szalag /Byk-Mallinckrodt/. Így csapadékképződést elősegítő reagenst nem kell adagolni, és az utóbbi esetben még a centrifugálás is elmarad. Továbbifejlődést hozott a *bevonatos falu csövek* elterjedése: az antitestet a cső falához kötik, és ehhez kötődik majd az aktív és az inaktív tiroxin. Az eljárás már mindössze két pipettázási lépést /a minta és a tracer adagolása/ tartalmaz. A módszert úgy finomították, hogy csak a cső alsó részén, adott magasságig ér az antitestbevonat /Sectionally Processed Antibody Coating - SPAC/, így a jelzett tiroxin csak ebben a térfogatrészben található, és ez növeli az aktivitásmérés pontosságát. Ismeretes olyan szilárd fázisú eljárás is, amelynél az antitesteket műanyag bevonatu vasgolyócskákhoz kötik. Az inkubálás során lassan változó irányú mágneses tér alkalmazásával keverik a rendszert, utána egy állandó mágneses tér ülepteti a ferromágneses hordozókhoz kötött antitest-antigén komplexeket. A Technicon cég ilyen *mágneses elválasztással* működő tiroxinmérő automatát is hozott forgalomba. Minden lépés /a minta adagolásától kezdve az adatok feldolgozásáig/ automatizálva van, így a mérés elvileg egyszerű és gyors.

Az *antiszérum előállításában* is mutatkozik fejlődés. A tiroxin-BSA ellen termelődött antiszérum nem egységes, hanem különböző affinitási állandóval jellemezhető antitestek keveréke. Kruse és munkatársai olyan antiszérum-frakciókat különítették el, amelyek a tiroxint nagy affinitással kötik, és így nagyon lassan disszociáló T4-antitest komplexhez jutottak<sup>9</sup>. Az ilyen nagy affinitású antiszérum használatakor nem kell számolni az ún. "stripping"

hatással, ami különösen akkor jelentős, amikor a szabad és kötött T4 elválasztására dextrán-szenet /DCC/ alkalmazunk. Így a RIA megbízhatósága jelentősen nő. Az immunizáció során a T4 ellen termelődött antiszérum megköti az exogén és endogén tiroxin jelentős részét. A szervezet a szabad tiroxin hiányát érzékeli, és szabályozó mechanizmusa révén a pajzsmirigyet további hormontermelésre készíti. A szérumban található T4 összkoncentrációja így a normál értéknek mintegy 20-szorosára nő; T3-nál ez az érték közel 700-szoros<sup>10</sup>. Az antiszérumhoz kötött endogén tiroxin eltávolításával felszabadíthatjuk a tiroxint legnagyobb affinitással kötő helyeket, így az antiszérum minősége nagymértékben javítható<sup>11</sup>.

Megfelelő ioncserélő gyanta és pufferek alkalmazásával mód nyílik a tiroxin és trijódttironin összkoncentrációjának egymás melletti, egyidejű meghatározására, ugyanabból a szérummintából. A folyamat több lépésben, ugyanazon az ioncserélő oszlopon megy végbe. Először az oszlop töltete lugos közegben, ANS jelenlétében megköti a T3-at és T4-et. A kötés nem túl erős, így a megfelelő antiszérummal a T3 és T4 eluálható. A kötés erőssége a puffer pH-jával széles tartományban változtatható. A szabad T3, illetve T4 eluálása után megméri az aktivitást<sup>12</sup>.

## ÚJSZÜLÖTTEK HIPOTIREÓZIS-SZŰRÉSE

A tiroxin hatással van a normális agyműködésre<sup>13</sup>. Ha egy csecsemő hipotireózissal születik, és a kritikus 3 hónapon belül nem részesül szubsztitúciós hormonkezelésben, nagy valószínűséggel csökkent értelmi képességű lesz. A Nuclear Medical Systems adatai szerint a hipotireózissal született csecsemők arányszáma: 1:7000-8500. A szűrés elvileg nagyon egyszerű: az újszülött véreből 10-50 µl-t szűrőpapírra kell cseppenteni, és az analizáló laboratóriumba kell küldeni, hasonlóan a fenilketonuria-teszthez. A minta T4-tartalma az ismertetett módszerekkel mérhető. Egyes országokban már törvény írja elő az újszülöttek T4-szintjének meghatározását.

## A SZABAD T4 MEGHATÁROZÁSA

Ismeretes, hogy a szervezetben a szabad T4 /free T4, FT4/ fejt ki hormonhatást. A szérumban szabad tiroxin-koncentrációja kitűnő paramétere a pajzsmirigyműködésnek, mivel független a TBG koncentrációjának és kötőképességének változásától<sup>14</sup>. A szabad T4-koncentráció kb. 0,03%-a a teljesnek, így mérése nem egyszerű. A régebbi eljárások /dialízis, ultraszűrés, elektroforézis, aktív szén adszorpció stb./ nehézkesek, költségesek voltak, sok hibalehetőséggel<sup>2,3</sup>. A számított "szabad tiroxin-index" /Free Thyroxin Index, FTI/, amely a TBG szabad kötőhelyeinek becslésén alapul<sup>3,15</sup>, jó közelítése a szabad T4-koncentrációnak, de érzékenysége és pontossága korlátozott. Ezért nagy jelentőségű a szabad T4-koncentráció egyszerű és pontos radioimmunoassayje. A meghatározás történhet

erősen specifikus, a cső falához kötött antitest felhasználásával /Clinical Assays/ vagy a reakciósebesség mérése alapján /Corning/. Az utóbbi azon alapul, hogy a szabad tiroxin és az antitest reakciójának sebessége egyenesen arányos a szabad T4 koncentrációjával. "Kétcsöves" módszert alkalmazva, párhuzamosan mérik egyrészt a teljestiroxin-koncentrációt oly módon, hogy mertiolát adagolásával a szérumfehérjékhez kötött tiroxint felszabadítják, másrészt pedig, mertiolát alkalmazása nélkül, a szabad tiroxin koncentrációját. A reakciósebességek viszonya /amely megfelel a mért beütésszámok hanyadosának/ arányos a szabad és az összes T4-koncentráció viszonyával.

## NÉHÁNY KERESKEDELMI FORGALOMBAN LEVŐ RIA KIT FONTOSABB TULAJDONSÁGAI

Az 1. táblázatban található a kereskedelmi forgalomban levő legismertebb T4 RIA kitek jellemzői. Az adatok nem teljesek, mivel az előállító cégek rendszerint nem közlik a jellemző paramétereket. Látható, hogy lényeges eltérés van az eljárás gyakorlati megvalósításában: az elválasztás módja, az inkubálás körülményei, az antiszérum tulajdonságai különböznek. Így az egyes kitekkel ugyanazt a szérumot mérve nem kapunk ugyanolyan értéket a T4 tartalomra. A 2. táblázatból látható, hogy a Dade és Hyland cég az általuk kiadott kontroll szérumokra nem "deklarált" T4-koncentrációt, hanem megadta a különféle kitekkel mért adatokat. Ez a "bizonytalanság" azonban nem befolyásolja hátrányosan a módszer használhatóságát, mert minden egyes cég a normál T4-tartomány megállapításánál figyelembe veszi ezeket a körülményeket.

2. táblázat

A Hyland és Dade cégek által forgalomba hozott kontroll szérumok bemérése különböző kitekkel /az adatok ug/100 ml-ben értendők/

C é g	H Y L A N D			D A D E		
	Control A 35125N004A	B 3513N002A	C 3514P001A	RAC1-111 Level I	RAC2-211 LEVEL II	RAC3-311 LEVEL-III
ABBOT T4RIA/PEG/	4,0	8,5	21,8	3,0	9,2	18,1
AMERSHAM RADIOCHEM.C. T4RIA/PEG/	3,8	8,0	19,8	3,6	10,3	21,2
AMES SERALUTE	3,7	7,9	18,8	2,2	8,2	15,9
THYROLUTE	3,4	7,8	19,2	2,3	8,9	17,2
ANTIBODIES INC.				2,8	8,7	16,7
BECKMAN T4/RIA/	3,7	7,5	18,5	2,6	7,7	16,1
BECTON DICKINSON /ARLA II/				2,8	8,9	17,4
BIO-RAD Quanta-Count	3,3	7,0	16,6	3,8	7,1	12,5
CLINICAL ASSAYS /Gamma Coat/				2,4	8,0	15,9
CORNING IMMO-PHASE/RIA/	3,8	7,4	18,4	2,23	7,71	15,5
DADE /RIA/ /DADE-Topo/				2,4	8,0	15,7
DIAGNOSTIC PRODUCTS CORP. T4 RIA /Premix/	3,6	7,6	17,8	2,6	8,1	15,3
KALLESTAD Avantitope/RIA/	4,1	7,9	20,5	2,8	8,5	17,1
MALLINCKRODT NUCLEAR Res-O-Mat	8,3	10,5	19,4	2,7	7,7	13,6
RIA-MAT T4	3,3	7,3	18,7	2,6	8,9	17,8
SPAC T-4	3,4	7,2	17,5	2,5	8,4	16,5
NUCLEAR MEDICAL TETRA-TAB/RIA	4,4	7,8	20,3	3,8	9,9	18,8
PANTEX Immuno T4/RIA/	3,9	8,0	18,6	2,8	8,7	17,2
SQVIBB T4 CLASP RIA	2,9	7,1	17,8	1,6	7,3	14,9
THYROSTAT-4	3,9	7,4	14,0	3,1	8,9	15,4

1. Táblázat  
A kereskedelmi forgalomban levő legfontosabb T4

C ó g	Márkanév	Az elválasztás módja	A minta tárfogata µl	Inkubációs hőmérséklet °C	Inkubációs idő h
<b>a/ Teljes T4 meghatározás</b>					
ABBOT	-	PEG, centrifuga	25	Szf <sup>a</sup> v. 37	2 v. 1
AMERSHAM RADIOCHEM. CENTRE	-	Adszorpció	50	37	1
AMERSHAM	Amerlex	szilárd fázisu, centr.	25	Szf	3/4
ANTIBODIES INCORPORATED	-	2 antitest, centr.	25	Szf	1
BECKMAN	-	2 antitest, centr.	20	37	1
BECTON-DICKINSON	-	Antitest bevonatu cső	10	< 10 v. 37	3,4 v. 1/2
BEHRING INSTITUTE	RIA-gnost T4	PEG, centrifuga	20	37	1
BIODATA SERONO HYPOLAB	-	PEG, centrifuga	100	Szf v. 37	1-24 v. 1/2
BOEHRINGER-MANNHEIM	-	Antitest bevonatu cső	10	Szf	2
BYK-WALLDICKRODT	RIA-mat T4	Ioncserező szalag	10	37	1
BYK-WALLDICKRODT	RES-O-Mat	Alk. denaturáció, Ioncs. szal.	1000 100	extrakció	-
BYK-WALLDICKRODT	SPAC-T4	Bevonatos cső	25	Szf v. 37	2 v. 1
CLINICAL ASSAYS	Gamma-Coat	A B bevonatu cső	10	Szf	3/4
CORNING	Immo-phase	szilárd fázisu, centr.	25	Szf	1
DON DIAGNOSTICS	Liso-phase	Adsorbens bevonatu cső	25	-	-
DOW LEPETIT	-	PEG, centr.	100	37 v. 4	1 v. 4
FARMOS DIAGNOSTICA	-	PEG, centr.	20	Szf v. 2-8	1 v. 12
NUCLEAR DIAGNOSTICS	TIPSEP-T4/RIA/	Ioncserező szalag	25	Szf	1
NUCLEAR DIAGNOSTICS	TETRIA-PEG	PEG, centr.	25	Szf	1/3
NUCLEAR MEDICAL SYSTEMS /NMS/	-	2 antitest centr.	10	1. 37 2. 4	1/2 1/4
HENNING	T4-RIAcid	2 antitest, centr.	20	Szf	1
PHARMACIA	Phadebas	szilárd fázisu, Sephadex	-	Szf v. 37	3 v. 1
WELLCOME	Dac-Cel T4	2 antitest, centr.	25	Szf	1/2
<b>b/ Szabad T4 meghatározás</b>					
CLINICAL ASSAYS	Gamma-Coat	Antitest bevonatu cső	50	1. 37 2. 37	10 min 1
CORNING	IMMO-PHASE Free T4	Szilárd fázisu üveggyöngy. AB	25	1. Szf 2. 37	1/3 1/2
<b>c/ Teljes T4 meghatározás ujszülöttben</b>					
ABBOT	Thyroscreen	PEG, centr.	szűrőpapírra	Szf	1. 1/4 2. 1
BIODATA	-	PEG, centr.	szűrőpapírra	Szf	1
NMS	Neo-T4/RIA/	DOC, centr.	szűrőpapírra	Szf	2,5

<sup>a</sup>A jódtironinnál az optikai konfigurációt csak a "D" esetben tüntettük fel

<sup>b</sup>Szf = szobahőmérséklet

## T4 RIA kítak jellemzői

Érzékenységi µg/dl	Mérési tartomány µg/dl	Normál tartomány	Kontroll szérum	Kereszt- reakció	Within assay CV%	Between assay CV%	Csővek száma
1	0-24	-	-	-	4,9-5,4	0,9-6,9	100, 500
-	0-22	4,7-13,2	-	T3* : <5 di-jód-tirozin <0,5 mono-jód-tirozin <0,5	<4	-	50, 100
-	0-25	5,3-12,4	-	T3 : 7,5 di-jód-tirozin <0,1	2,3-3,6	5,5-7,8	50, 100, 400
-	0-32	-	-	-	-	-	100
0,5	0-32	-	humán normál	T3 : 3	-	-	50, 100, 150, 250
0,3	0-24	-	-	T3 : 5,1 T2 : <0,006 di-jód-tirozin <0,005	4,3-9,1	7,0-13,7	100, 200, 400
0,3-0,4	0-40	3,4-10,6	humán normál	T3 : <1	3-7	6-9	100
0,5	0-40	4,5-11,0	Serostat M humán, normál	T3 : 1 T2 : 0,1 rT3 : 1,75	6,6	8,5	125
1	0-30	4,0-11,5	humán	DT4 : 85	-	-	-
0,5	0-40	4,0-12,0	-	T3 : <2	5	5	50
-	0-18	-	-	-	-	-	50
1	0-40	4,5-12,0	-	T3 : <1	-	-	50, 100
1	0-30	-	-	T3 : 0,9 T2 : <0,001 di-jód-tirozin <0,01	-	-	100, 500
0,2	0-40	-	humán hiper, hipo	T3 : 0,65 DT3 : 0,35	4,6-7,2	7,8-9,7	-
0,2	0-24	5,7-12,1	-	T3 : 0,16 T2 : 0,02 rT3 : 1	1,8-2,8	2,6-6,9	50
1	0-20	4-12	-	-	-	-	-
-	0-23,3	5-11	-	T3 : 1,2 T2 : 0,01 rT3 : 1,2	-	-	200
0,4	0-30	4,5-11,0	-	-	5,4-5,9	5,3-5,5	100
0,3	0-30	5,5-12,5	humán normál, hiper	-	2,4-9,7	3,0-9,7	-
0,5	0-25	4,5-12,5	hipo, normál hiper	T3 : < 1,5 T2 : < 1,5	5-7	6-8	100
-	0-32	-	-	-	-	-	-
0,5	0-35	-	-	-	5,8-7,8	9,1-14,1	100
0,4	0-40	5,1-11,8	humán normál	T3 : 1,3 TETRAC : 5,9	5,4-11,7	5,2-13,6	200
-	-	-	-	-	-	-	100, 500
0,5 ng/dl	0,5-6,0 ng/dl	0,82-2,29 ng/dl	humán normál, hiper	T3 : 3,3 DT3 : 0,4	4,2-5,6	6,7-7,4	-
-	-	7,0 - Átl. : 12,81 /20/	-	-	0,48-1,25	0,27-0,68	100, 500
-	0-40	0 nap : 7,3-12,3 3 nap : 9,4-15,8	-	-	-	-	-
-	-	3 nap : 6,2-19,0	hipo normál	-	-	-	-

## IRODALOM

1. *L. Raith*, Introduction to Radioimmunoassay Methods, Byk-Mallinckrodt Radio-pharmazeutika - Diagnostica, Dietzenbach-Steinberg, 1975
2. Bernstein Workshop. Rational Diagnosis of Thyroid Disease, Höfer, Vienna, 1976
3. *D. Evered, P.A. Vice, F. Clark*, The Investigation of Thyroid Disease, The Radiochemical Centre, Amersham, 1976
4. *J.C. Travis*, Fundamentals of RIA and Other Ligand Assays, Scientific News-letters Inc., Anaheim, California, 1977
5. *R.P. Ekins*, Basic Principles and Theory, Brit. Med. Bull. 30 /1962/ 3
6. *C.D. Hawker*, Radioimmunoassay and Related Methods, Anal. Chem. 45 /1973/ 878A
7. *I.J. Chopra, D.H. Solomon, R.S. Ho*, A Radioimmunoassay of Thyroxine, J.Clin. Endocr. Metab. 33 /1971/ 865
8. *W.A. Ratcliffe, J.G. Ratcliffe, A.B. McBride, W.A. Harland, I.W. Randall*, The Radioimmunoassay of Thyroxine in Unextracted Human Serum, Clin. Endocr. 3 /1974/ 481
9. *V. Kruse*, Selective Removal of Fast-Dissociating Antibodies from a High-Affinity Antiserum, Molec. Immunol. 17 /1980/ 383
10. *J. Herrman, H.J. Rusche, M. Feger, H.L. Krüskemper*, Thyroid Function and Triiodothyronine and Thyroxine Kinetics in Rabbits Immunized with Thyroid Hormones, Acta Endocrinol. 78 /1975/ 276
11. *V. Kruse*, Removal of Endogenous Ligands from a High-Affinity Antiserum for Radioimmunoassay, Scand. J. Clin. Lab. Invest. 39 /1979/ 533
12. *G. Knapp, B. Maichin, H. Spitzzy*, Ein Radioimmunoassay zur simultanen Bestimmung von T3 und T4 im Blutserum mit Hilfe kleiner Ionenaustauschersäulen, Fresenius Z. Anal. Chem. 295 /1979/ 402
13. *M. Klett, P. Mayer, D. Schonberg*, Neugeborenen-Hypothyreosescreening, Mschr. Kinderheilk. 126 /1978/ 383
14. *K.H. Rudorff, J. Herrmann, F.A. Horster, H.L. Krüskemper*, Bestimmung der freien Schilddrüsenhormone im Serum, Der Nuklearmediziner 2 /1979/ 13
15. *R. Mardell*, A Strategy for in-vitro Tests of Thyroid Function, The Radiochemical Centre, Amersham, 1978

## LIOLUMINESZCENS MÉRŐRENDSZER A SUGÁRBIOLÓGIÁBAN

Lendvay J., Sztanyik B. L.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

/Érkezett 1980. június 12-én/

Komplex kutatásra alkalmas liolumineszcens mérőrendszert állítottunk össze. A mérési folyamat és a bemérés.

Лиолуминесцентная измерительная система для радиационной биологии  
Лендвай, Я., Станьик, Б.Л.

Лиолуминесцентная измерительная система для комплексного исследования. Процесс измерения и калибровка.

Lyoluminescent Measuring System for Radiation Biology  
Lendvay, J., Sztanyik, B.L.

A LL measuring system for complex research. The process of measurement and the calibration.

Ha egyes szilárd anyagokat ionizáló sugárzással sugározzunk be, és vízben vagy más oldószerben oldunk, az oldódást fény kíséri. Ezt a jelenséget Wiedemann<sup>1</sup> "liolumineszcenciának" /LL/ nevezte el.\* Szervetlen anyagok, pl. az alkáli halogének esetében, az F centrumból befogott elektronok felelősek a fény emissziójáért<sup>2</sup>. Az olyan szerves anyagokban, mint a szacharózok, a befogott szabad gyökök okozzák a LL-t<sup>3</sup>.

A kibocsátott fény és a besugárzás dózisa közötti összefüggés megállapítására először Na Cl-dal végeztek kísérleteket<sup>4</sup>. Oldószerként vizet használtak. A fényhatás jelentősen növelhető volt, különösen nagyobb dózisoknál, ha víz helyett TlCl vagy fluoreszceinoldatot használtak fel. A besugárzott anyag információtartalma 7 hónap után is csak 15%-kal csökkent, a fény és a hőha-

\*A liolumineszcenciáról irodalmi összefoglalás az Izotóptechnika ez évi 1. számában jelent meg /31-32.o./. A szerk.

tással szembeni érzékenysége, valamint az emberi szövethez viszonyított nagy effektív rendszáma miatt azonban a NaCl-t ma már nemigen alkalmazzák.

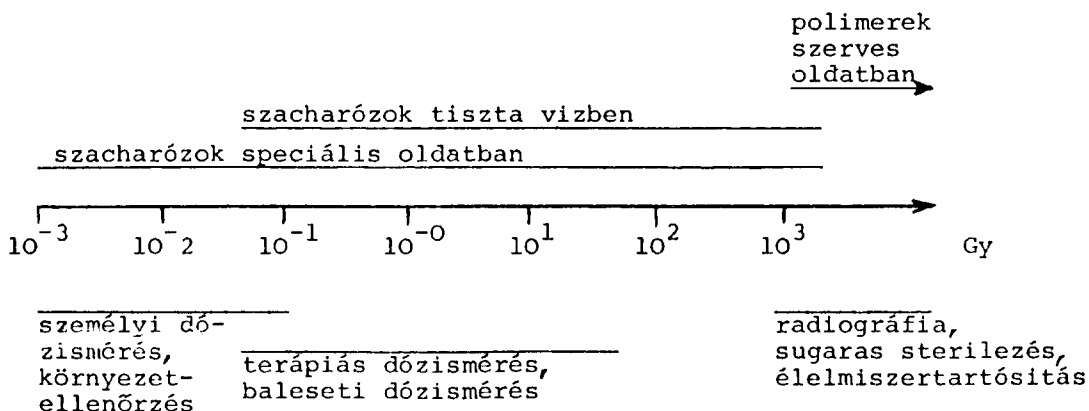
A mono- és poliszacharidoknál a kGy /100 krad/ alatti dózistól lineárisan függ a fényhozam. Ezt a tényt Atari és Ettinger mutatta ki 1973-ban<sup>5</sup>. Luminol oldatot használva oldószerként<sup>6</sup>, megállapították, hogy a luminol ugyan érzékeny egyes fémionok magasabb oxidációs állapotaira, de a dózis-fényhozam görbe meredekségét a luminol koncentrációjával és a pH-val befolyásolni lehet. Valószínű, hogy az oxidáció felelős a luminol gerjesztéséért: a szabad gyökök és az oldott vagy abszorbeált oxigén reakciója okozza. A besugárzott szacharózok vízben való oldásakor nem zárhatjuk ki H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> keletkezését sem<sup>7</sup>.

A dózismérőként használható anyagok széles skálája alkalmassá teszi a LL mérőrendszert a különféle ionizáló sugárzások mérésére<sup>8,9</sup>. Ennek megfelelően a gyakorlati felhasználás területe is kiterjedt<sup>10,11</sup>. Első nagy, gyakorlati felhasználási lehetősége a megarad dózistartományban jelentkezett. Itt a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség 1977-ben végzett összehasonlító méréseket, ahol mannóz és glutamin dózismérőket is használtak. A  $\gamma$ -sugárzás dózisának mérésére lényegében véve ma is ez a két anyag a meghatározó, mindamellet, hogy számos más szerves anyag alkalmasságát is bebizonyították.

A LL-anyagokat és az alkalmazható oldószer jellegét, valamint a felhasználási területet az 1. táblázat mutatja.

### 1. táblázat

A LL-anyagok felhasználási területe



A dózismérővel és a kiértékelő rendszerrel szemben támasztott követelményeket a mérési feladat határozza meg. Intézetünkben elsősorban az alábbi feladatok megoldásánál kívánunk LL mérőrendszert alkalmazni:

1. mikrodozimetriai mérés,
2. véletlen szimulációs számítás méréssel történő ellenőrzése,
3. megarad dozimetria.

Ezért célul tűztük ki egy kutatásra alkalmas mérőrendszer összeállítását. Az 1. táblázat szerint mérőrendszerünknel az  $x$  értéke  $1 < x < 3$  tartományban várható. A rendszer egyes részeinek működését és a bemérését az alábbiakban ismertetjük.

## A DÓZISMÉRŐ

A dózismérés leggyakrabban légyszövet ekvivalens anyagban történik. A méréshez a szacharózok közül a xilózt választottuk. A 2. táblázatban az ICRU 19 légyszövet ekvivalens anyag és a xilóz jellemzői láthatók.

2. táblázat

A légyszövet-ekvivalens anyag és a xilóz sugárfizikai jellemzői

Minta	$Z_{\text{eff}}$	Elektron-sűrűség $\times 10^{23}$	Sűrűség $\text{g/cm}^3$	Atomi összetétel súly %			
				H	C	N	O
ICRU 19	7,2	3,31	1,0	10,1	11,1	2,6	76,2
xilóz	6,95	3,21	1,52	6,7	40,0	-	53,3

Megemlítjük, hogy a levegőnek 7,6, a víznek 7,4 az effektív rendszáma. Mivel 50 keV alatti fotonenergiánál az elnyelt energia a közeg és a levegő effektív rendszáma hányadosának közel a köbével arányos, az effektív rendszám megváltozásának, esetleg befolyásolhatóságának lehetősége előnyös.

A xilóz vízben jól oldódik, gyengén higroszkópos, és a kereskedelemben kellő tisztaságu por alakjában kapható.

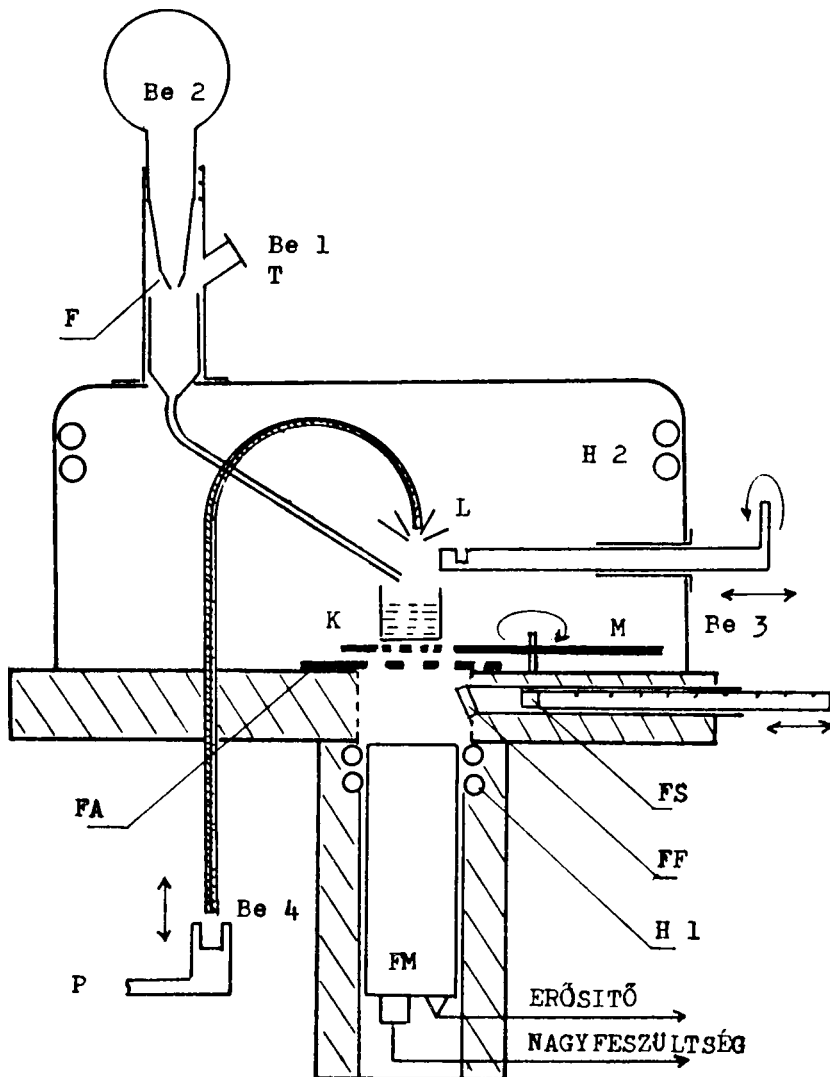
A dózismérő port zselatin kapszulában tároljuk, és sugarazzuk be. A kapszula könnyen nyitható, így exszikkátorban szükség esetén előkezelhető. A zselatin kapszula a lezárás után néhány napig a szabad levegőn is megakadályozza a víz felvételét.

A kapszulát és tartalmát - azaz a dózismérőt - könnyen elhelyezhetjük a szilárd fantom belsejében és szóróközeg nélküli térben. Kezelésük a besugárzásnál egyszerű. A dózismérő anyagának bemérésénél könnyebbséget jelent, hogy a kapszulák súlya közel azonos.

A dózismérők tárolására kis exszikkátorokat készítettünk, melyekben a  $\text{P}_2\text{O}_5$  felett 3 emeleten, összesen 45 dózismérőt helyeztünk el. Szilikagél vizelvonó alkalmazásával, egyedi dózismérő tárolására hengeres és ceruza vastagságu exszikkátorokat is használhatunk.

## A MÉRŐFEJ

A mérőfej a LL-anyag oldásánál keletkezett fényt elektromos jellé alakítja át. Az irodalomban többféle mérőfej-kialakítást ismertetnek. Ezek a kiolvasó folyadék alapján két nagy csoportba oszthatók. Egyik az oldószer szakaszos cseréjével, a másik folyamatos átáramoltatásával biztosítja a szükséges tisztaságu oldatot. Mérőrendszerünkben az első megoldást választottuk; 16 oldószert tartalmazó kűvetta váltása lehetséges. Egy mintához  $5\text{ cm}^3$  oldószert használunk. A mérőfej vázlatos rajza az 1. ábrán látható.



1. ábra

A mérőfej vázlatos rajza

A mérőfejet úgy alakítottuk ki, hogy a kiolvasó oldatot tartalmazó küvettába /K/ bármikor juttatható folyadék akár injekciós fecskendővel /F/, ill. tűvel /T/ gumimembránon keresztül /Be 1/, akár gumiballonnal /Be 2/. Por alaku anyag bevitelére is van két lehetőség. Az egyiknél a dózismérő anyagát egy szerkezet elforgatásával ejtjük az oldószerbe /Be 3/, a másiknál, a kapszula tetejét levéve, tulnyomással /P/ juttatjuk a kapszula alsó részében lévő anyagot a küvetta fölé. A nagy sebességgel érkező kapszula fennakad, és a dózismérő anyaga légterelők között /L/ az oldószer felületébe csapódik. A kiolvasás után a kapszula alsó részét vákuummal lehet kihozni. Ha xilózt használnunk LL-anyagként, nagy oldékonysága miatt nem szükséges az oldószer keverése.

Az oldódásnál keletkező fényt EMI 9514 S típusu elektronsokszorozóval mérjük. A mérőfejet egyenáramu és földelt anód kapcsolásban üzemeltetjük. A fényintenzitás megbízható mérésére a fotókatód és az első dinóda közti feszültséget stabilizáljuk. Amennyiben a jelet a továbbiakban feszültség formájában dolgozzuk fel, úgy az anódkörbe  $4 \times 10^5$  ohm ellenállást kapcsolunk. Az elektronsokszorozót úgy rögzítettük, hogy hűtőfolyadékkal /H 1/ a fotókatód és az első dinódák  $0^\circ\text{C}$  körül temperálhatók.

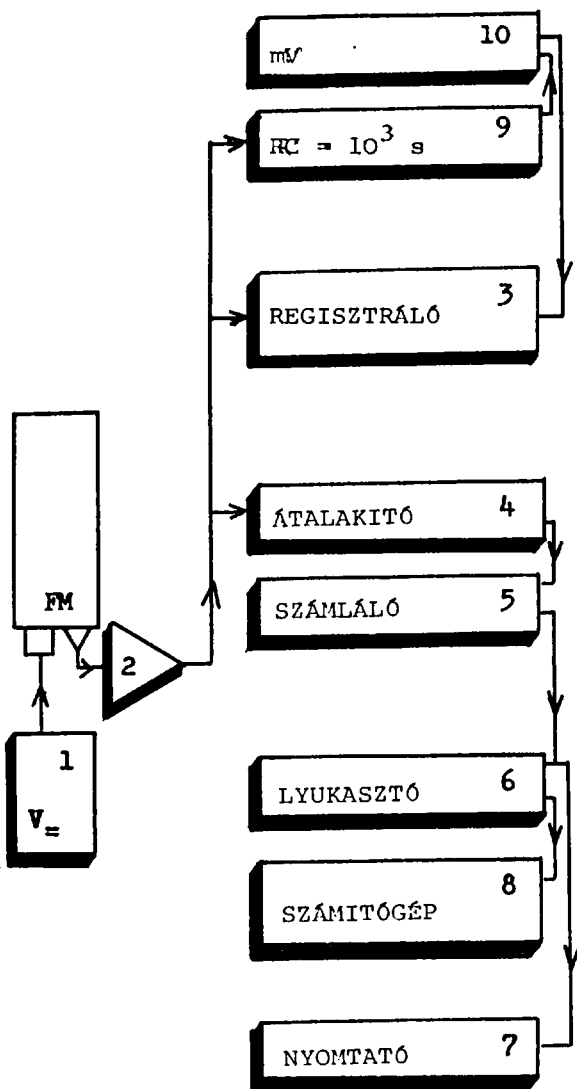
A mintaváltóban a küvettákban lévő oldószert áramoltató folyadékkal, ultratermosztát segítségével lehet temperálni /H 2/. Ugyancsak ultratermosztáttal biztosítható a kiolvasó oldószer vagy a doziméterek tárolása a kívánt hőmérsékleten.

A mintaváltó /M/ és a fényérzékelő /FM/ között fényzáró ablak /FA/ van, amellyel megakadályozzuk, hogy az esetenként szükségessé váló manipulációk során fény jusson az elektronsokszorozó katódjára. A fényérzékelő és a kijelző rendszer hitelesítésére, valamint stabilitási vizsgálatra radioaktív fényforrás szolgál. A fényzáró ablak és az elektronsokszorozó közé vékony CsI/Tl/ szcintillátort /FF/ építettünk be. Fényforrásként úgy használható, hogy az  $^{241}\text{Am}$  60 keV-es  $\gamma$ -sugárzásával /FS/ gerjesztjük a CsI/Tl/ kristályt. A sugárforrásnak a kristály felületéhez viszonyított helyzete jól definiáltan változtatható a vezető csőben.

## A KIÉRTÉKELŐ RENDSZER

A kiértékelő rendszerrel szembeni követelményeink a következők:

1. legyen alkalmas kis különbség kimutatására, és legyen nagy a nullapont-stabilitása;
2. a sugárbiológiai gyakorlatban kis dózisnak tekintett tartományban /0,5 Gy/ már mérjen;
3. a rendszer kimenete legyen illeszthető számítógéphez.



2. ábra

A mérőrendszer tömbvázlata

Az igényes LL-kiértékelő rendszer ma még inkább alkalmas laboratóriumi, mint rutinszerű mérésre. Általánosságban elmondhatjuk, hogy a helyi igények és adottságok meghatározzák a kiértékelő rendszert is. Így mindenki a saját igényét legjobban kielégítő rendszert igyekszik összeállítani.

A mérőrendszer tömbvázlatát a 2. ábrán láthatjuk.

Nem célműszer kialakítását tűztük magunk elé, ezért az egységeket a kereskedelemben kapható műszerekből állítottuk össze.

A dózismérő kiolvasása kézi és automatikus vezérléssel oldható meg. Kézi vezérlés esetén a kiolvasás-értékelés bármely fázisát tetszőlegesen ideig folytathatjuk. Automatikus üzemmódban egy optimálisnak tekintett paraméter mellett folyik a mérés.

A LL-anyag kiolvasásakor kapott jelet a mérőfej egyenáramu üzemmódban dolgozza fel. Ezt a jelet egyszerre analóg és digitálisan jelezzük ki, azaz az időbeni változást kirajzoljuk, ill. az 1 másodpercként összegezett értéket kiirratjuk. Az elektronsokszorozó tápfeszültsége a műszeren /1/ Keithley Instruments 240 A/ 1 V pontossággal, kapcsolóval állítható.

A mérőfej kimenő jelét pA- $\mu$ V mérővel /2/ Präcitronic MV 40/ mérjük. A műszer végkiterésnél 0,2 V kimenő feszültséget ad, mely közvetlen csatlakoztatható a regisztrálóhoz /3/ Recorder NE-230/. Az egyenáramu erősítő /2/ kimenő jelét analóg-frekvenciaátalakítóval /4/ Dig. Voltmeter MIKI Type 1747/, számlálással /5/ NK 350/ mérhető jellé alakítjuk. A számláló az 1 másodpercként összegezett értékeket lyukszalagon /6/ Perform 35/ és számnyomtatón /7/ GNP 516/ rögzíti. A lyukszalag az EMG 666 számítógépbe /8/ táplálható.

Az egyenáramu erősítő jele 100 s-os időállandóju RC körre kerül /9/, és a kapacitáson az integrált jelet nagy bemenő impedanciájú millivoltmérő /10/ méri /Rezgőkondenzátor-elektrométer 6350/. Az integrált jelet mérő műszer a végkitermelésnél 10 V kimenő feszültséget ad. Ez a kimenő jel illesztés után kerül a regisztrálóba. A regisztráló 0,4 másodpercenként vagy a pillanatnyi, vagy az integrált jelet rajzolja egymás után. Az analóg jel átvitele a fénykeltéstől a rajzolásig kb. 0,8 s-os időállandóval történik.

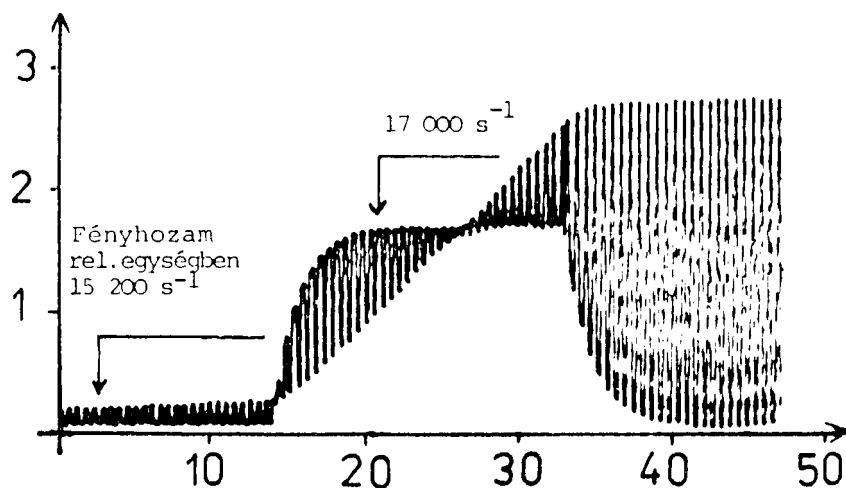
A kiértékelő rendszer érzékenysége a következő pontokon változtatható:

1. a mérőfej tápfeszültsége,
2. az analóg-frekvenciaátalakító méréshatárának váltása,
3. a pA- $\mu$ V mérőműszer méréshatárának váltása.

### A BEMÉRÉS

A rendszer bemérését xilóz LL-anyaggal végeztük, amit a kapszulába való bemérése előtt legalább 72 óráig exszikkátorban tartottunk. A számozott zselatin kapszulákba 18-25 mg anyagot mértünk be. A besugárzás után a dózismérőt újra exszikkátorba helyeztük a kiolvasásig. A besugárzást 200 kV gerjesztésű és 0,5 mm Cu szűrésű röntgensugárzással végeztük, 0,01-0,1 kGy közötti dózissokkal.

A mintaváltóba  $^{14}\text{C}$  fényforrást építettünk be. A fényzáró ablak nyitása és zárása okozta pillanatnyi és integrált jel időbeli változását a 3. ábra mutatja. A rendszer adott érzékenysége mellett a 3. ábrán látható képet kell



3. ábra

Az érzékenység ellenőrzése  $^{14}\text{C}$ -fényforrással

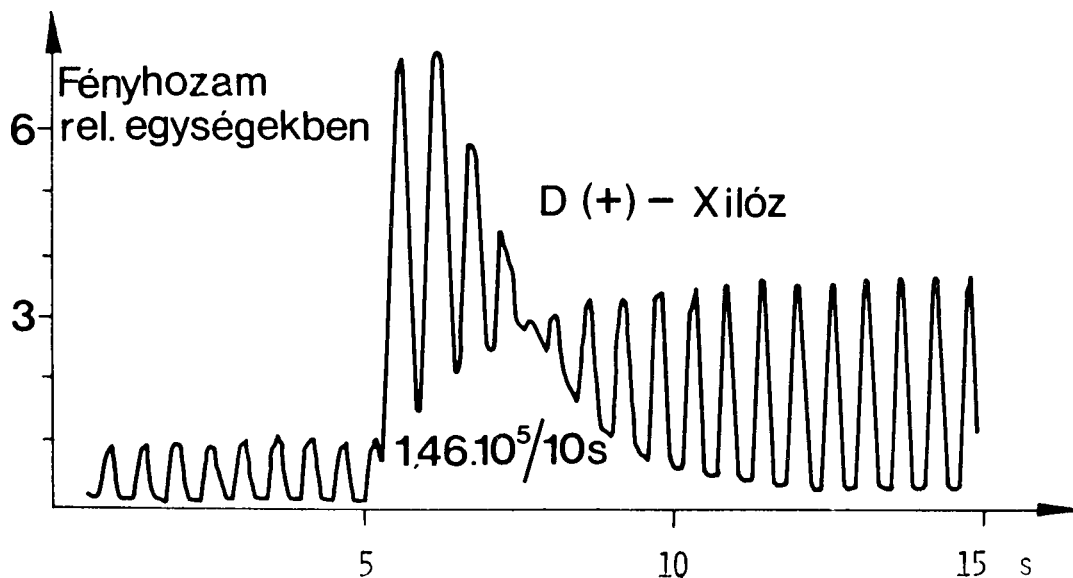
kapni. Az analóg-frekvenciaátalakító elfogadható háttérértéke mellett 10 mérés átlagában kb.  $1,5 \cdot 10^4$  jelet,  $^{14}\text{C}$  fényforrás esetén kb.  $1,7 \cdot 10^4$  jelet szolgáltat másodpercenként. Az analóg kép és a számértékek helyessége a mérőrendszer üzemképességét igazolja, gyakorlatilag a maximális érzékenység mellett.

Kisebb érzékenységű beállítás mellett a  $^{14}\text{C}$  fényforrás nem ad kellő nagyságú jelet. Ekkor a fényt az  $^{241}\text{Am}$   $\gamma$ -sugárzásával gerjesztett CsI/Tl/szcintillátor szolgáltatja. A vele végzett stabilitási vizsgálat azt mutatja, hogy a kijelző rendszer 1 s-ként mért impulzusszámának változása hosszú időben a kétszeres, rövid időben az egyszeres szóráson belül van, 10 mérésre vonatkoztatva.

A gyakorlati adatok alapján megbecsülhetjük a mérés folyamán kapható jel maximumát. A mérőrendszer érzékenységét úgy állítjuk be, hogy a mérőfej kimenetén a hasznos jel feszültsége ne haladja meg a 100 mV-t, de közel legyen hozzá. A LL-anyag kiolvasásánál a pillanatnyi és az integrált jel időbeni változását a 4. ábrán láthatjuk. Az oldódás gyors, és az időbeni változás jobban értékelhető, ha csak a pillanatnyi érték időbeli változását rajzoltatjuk ki. Az integrált érték kijelzését azért tartottuk indokoltnak, mert az analóg rendszer esetleges tulvezérlése esetén az integrált jel még értékelhető.

A kézi vezérlésű mérés a következő lépésekből áll:

1. háttérmérés kb. 10 másodpercig,
2. a LL-anyag kiolvasása,
3. mérés meghatározott geometriában, a fényzáró ablak zárása után kb. 10 másodpercig,  $^{241}\text{Am}$  sugárzásával.



4. ábra

A pillanatnyi és az integrált jel időbeni változása LL-anyag kiolvasásánál

A görbe alatti területet az egyes másodpercenként lyukasztott vagy kirt számértékek összegezéséből kapjuk. Ezeket az értékeket a számítógép bemenetére adjuk, a fényhozamot átszámoljuk mindig azonos sulyra és az  $^{241}\text{Am}$  fényforrástól kapott jel nagyságára, a háttér levonása után.

Az elmúlt évben a bemutatott mérőrendszeren végzett mérések megerősítették bennünket abban, hogy a célkitűzésben vázolt komplex feladatokhoz az összeállított mérőrendszer alkalmas. A dózis mérésének pontosságát nem az elektronika stabilitása, ill. a kijelzés pontossága, hanem a dózismérő kiolvasásánál elkövethető hiba határozza meg. A 0,01-0,1 kGy tartományban a xilóz, mint LL-foszfor, alkalmas dózismérőnek, és a négy mérés standard hibája az említett dózistartományban kisebb, mint  $\pm 10\%$ . A háttér pontos mérésével az értékelő rendszer lehetővé teszi több dózismérő azonos oldószerben történő kiolvasását.

Az elmondottakból megállapíthatjuk, hogy a sugárbiológiában egyre szélesebb körben elterjedő LL-dózismérés használható módszer. A LL-dózismérő egyszerű, olcsó, bár kezelésének munkaigénye több, mint a TL-dózismérőé. A dózismérő anyaga az élő szervezet számára nem idegen. A gyakorlatban tetőleges effektív rendszámu, optimális atomiösszetételű és elektronsűrűségű dózismérő állítható elő.

#### IRODALOM

1. E. Wiedemann, G.C. Schmidt, A. Phys. 56 /1895/ 210
2. G. Ahnström, Acta Chem. Scand. 19 /1965/ 300
3. G. Löfroth, Acta Chem. Scand. 15 /1961/ 463
4. N.A. Atari, K.V. Ettienger, J.H. Fremlin, Radiat. Effects 17 /1973/ 45
5. N.A. Atari, K.V. Ettienger, Radiat. Effects 20 /1973/ 135
6. N.A. Atari, K.V. Ettienger, Nature 249 /1974/ 341
7. G. Löfroth, Acta Chem. Scand. 21 /1967/ 1977
8. K.V. Ettienger, J.R. Maalard, S. Srirath, A. Takavar, Phys. Med. Biol. 22 /1977/ 481
9. K.J. Puite, Fifth Intern. Conf. Luminescence Dosimetry, 14-17 February, 1977
10. K.V. Ettienger, S. Srirath, C.I. Anunuso, A. Ghosh, Fifth Intern. Conf. Luminescence Dosimetry, 14-17 February, 1972
11. D.T. Bartlett, Phys. Med. Biol. 24 /1979/ 63

## RADIOJÓDDAL JELZETT 4-OXJ-FENILPIROSZŐLŐSAV ELŐÁLLÍTÁSA ÉS ADSZORPCIÓS KROMATOGRÁFIÁS ELVÁLASZTÁSA

Bárkai Zs.

MTA Izotóp Intézete, Budapest

/Érkezett 1980. június 16-án/

A 4-oxi-fenilpiroszölősav  $^{131}\text{I}$ -jóddal jelzett mono- illetve dijódszármazékát klóramin-T módszerrel állítottuk elő.

Получение 4-окси-фенилпировиноградной кислоты, меченного радиоактивным йодом- $^{131}\text{I}$  и его разделение адсорбционной хроматографией  
Бárkai, Zs.

Моно- и диiodo-производные 4-окси-фенилпировиноградной кислоты были получены методом хлорамина-Т.

The Preparation of 4-Oxy-Phenylpyruvic Acid Labelled with Radioiodine and Its Separation by Adsorption Chromatography  
Bárkai, Zs.

The mono- and diiodine  $^{131}\text{I}$  derivatives of the 4-oxy-phenylpyruvic acid were prepared with Chloramine-T method.

A pajzsmirigyműködés vizsgálatában alkalmazott in vitro diagnosztikumok között fontos szerepet játszanak a radiojóddal jelzett jódtironinok. Lehetővé vált segítségükkel a hormonszint pontos mennyiségi mérése /gondoljunk csak az egyre nagyobb tért hódító RIA eljárásokra/.

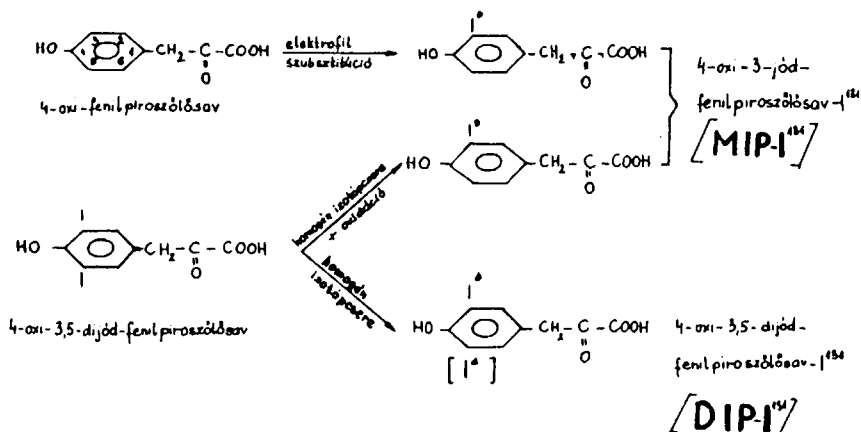
Nagy jelentőségűek továbbá ezek a vegyületek a pajzsmirigy hormonjainak szintézisét, hatásmódját és metabolizmusát nyomon követő kutatásban. E kérdések tisztázásában sokat segíthetnek olyan jódtironinok, melyekben a molekula un. külső és belső fenilcsoportjai egyaránt tartalmaznak nyomjelzőként radiojódot.

Ilyen típusu vegyületet sem az általánosan elterjedt klóramin-T<sup>1,2</sup>, sem az egyéb jelzési eljárások<sup>3-5</sup> valamelyikével nem lehet előállítani. E módszerek közös jellemzője ugyanis, hogy az elektrofil szubsztitúcióval beépülő ra-

diojód támadáspontja minden esetben a külső gyűrű 3-as vagy 5-ös szénatomja. Lehetőség van azonban ilyen, mindkét gyűrűjében jelzett vegyület előállítására, ha megfelelő kémiai uton, az ún. biomimetikus módszerrel<sup>6</sup> összekapcsoljuk a tirozin és a 4-oxi-fenilpiroszörlősav mono-, illetve dijód-származékait. Ezért célunk olyan 4-oxi-3-jód-fenilpiroszörlősav-<sup>131</sup>I /a továbbiakban MIP-<sup>131</sup>I/ és 4-oxi-2,5-dijód-fenilpiroszörlősav /DIP-<sup>131</sup>I/ előállítása volt, mely radiokémiai tisztaságát és stabilitását tekintve alkalmas a fent említett vegyületek létrehozására.

## JELZÉSI MÓDSZER

A két jelzett vegyületet /a MIP-<sup>131</sup>I-et, illetve a DIP-<sup>131</sup>I-et/ lényegében a Hunter-Greenwood által kidolgozott klóramin-T módszerrel<sup>1,2</sup>, 4-oxi-fenilpiroszörlősavból, illetve 4-oxi-3,5-dijód-fenilpiroszörlősavból kiindulva, az 1. ábrán vázolt módon állítottuk elő.



1. ábra

A MIP-<sup>131</sup>I és DIP-<sup>131</sup>I előállításának elvi vázlata

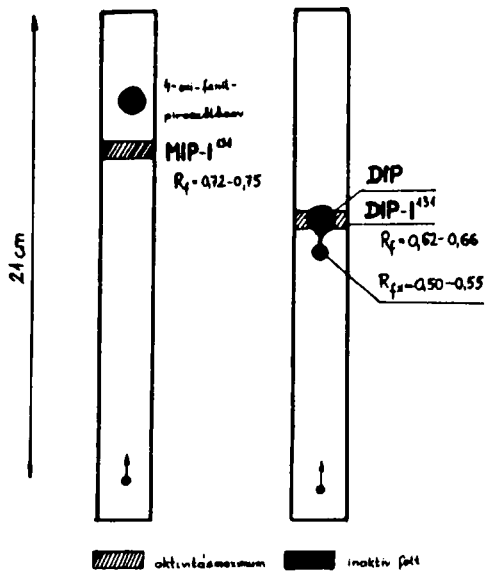
80-90%-os hatásfoku termelés érhető el az alábbi módon. 10 µg 4-oxi-fenilpiroszörlősavat, illetve 4-oxi-3,5-dijód-fenilpiroszörlősavat feloldunk 25 µl 0,001 n NaOH-ban. Hozzáadjuk a következő reagenseket, felsorolásuk sorrendjében: 100 µl 0,02 M foszfát puffer, pH 7,2; 10 µl hordozómentes <sup>131</sup>I oldat, 10-20 MBq /0,3-0,5 mCi/ és végül 25 µl 0,5 mg/ml koncentrációju, 0,02 M foszfát pufferben oldott klóramin-T. A reakciót 1,5 perc eltelte után 50 µl 0,5 mg/ml koncentrációju, szintén foszfát pufferben oldott Na-metabiszulfid oldat hozzáadásával állítjuk le.

## A JELZETT ANYAGOK AZONOSÍTÁSA ÉS TISZTASÁGÁNAK ELLENŐRZÉSE

Az MIP- $^{131}\text{I}$  és DIP- $^{131}\text{I}$  azonosítása, illetve tisztaságának ellenőrzése elsősorban papirkromatográfiásan történt, Whatman 1 papiron, futtatószerként  $\text{HCOOH}$  és 0,47 g/l koncentrációjú  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  oldat 1:5 arányu elegyét használva. A futtatási idő 120 perc volt, referenciaanyagként 4-oxi-fenilpiroszölősavat és inaktív DIP-et használtunk. Az inaktív foltokat 0,015%-os etalonos fluoreszcen oldattal való bepermetezés után 254 nm hullámhosszúságú UV fényben hívtuk elő /2. ábra/.

A kapott  $R_f$  értékek a következők:  
 4-oxi-fenil-piroszölősav 0,80;  
 MIP- $^{131}\text{I}$  0,72-0,75; inaktív DIP és  
 DIP- $^{131}\text{I}$  0,62-0,66.

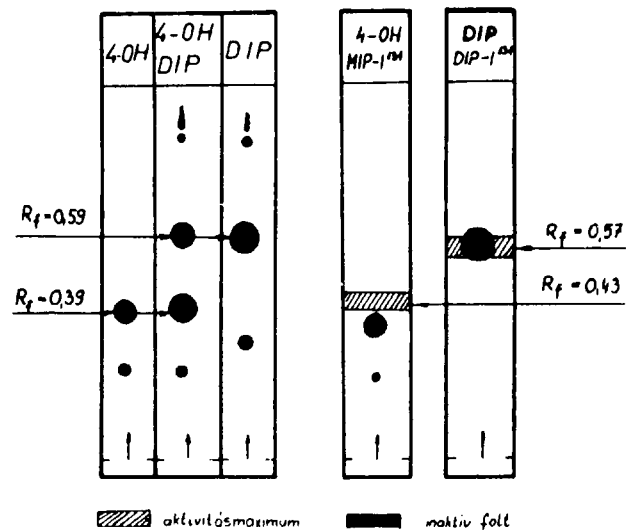
A DIP-DIP- $^{131}\text{I}$  kromatogramján látható 0,5-0,55  $R_f$  értékű folt az inaktív anyagban lévő nem azonosított szennyeződés, mely az előzőekben tárgyalt módon radiojóddal nem jelződik. Megvizsgáltuk a jelzett vegyületeket Kiesegel F 254 típusú vékonyrétegen vízzel telített n-butanollal futtatva /3. ábra/.



2. ábra

A MIP- $^{131}\text{I}$ , illetve DIP- $^{131}\text{I}$  papirkromatográfiás azonosítása

Az ily módon kapott  $R_f$  értékek:  
 4-oxi-fenilpiroszölősav 0,39; MIP- $^{131}\text{I}$  0,43; DIP és DIP- $^{131}\text{I}$  0,57. Bár a vékonyréteg-kromatográfia sokkal érzékenyebb, további vizsgálatainkhoz a lényegesen gyorsabb papirkromatográfiás módszert használtuk.



3. ábra

A MIP- $^{131}\text{I}$  és DIP- $^{131}\text{I}$  azonosítása vékonyréteg-kromatográfiás módszerrel

## TISZTÍTÁS ÉS ÉRTÉKEK

Anyagainkat Pharmacia gyártmányu Sephadex LH-20 géllal töltött oszlopon tisztítottuk. A gél teljes térfogata  $6,5 \text{ cm}^3$ , a holtterefogat  $4,95 \text{ cm}^3$ .

Ismeretes, hogy a dextrán gélek, különösen a térhálósítottak, reverzibilisen adszorbeálják az aromás gyűrűt tartalmazó szerves savakat és bázisokat, ha a molekulák mérete elég kicsi ahhoz, hogy bediffundáljanak a gélmátrix belsejébe<sup>7</sup>. Ugyanakkor e szerves savak részlegesen kizáródnak\* a gélből, ha disszociálnak, azaz növekvő pH értéknél a megoszlási hányados  $/k/$  értéke csökken.

Ha ábrázoljuk a pH függvényében kapott  $k$  értékeket, az ily módon megszerkesztett görbék alkalmasak az egymástól eltérő disszociációs egyensúlyi állandók  $/K_D/$  számszerű meghatározására, melyek ismeretében a két vegyület tisztítása és egymástól való elválasztása könnyen megtervezhető.

A  $k$  vs. pH görbe megszerkesztéséhez a megoszlási hányados értékét a

$$k = \frac{V_e - V_o}{V_t - V_o}$$

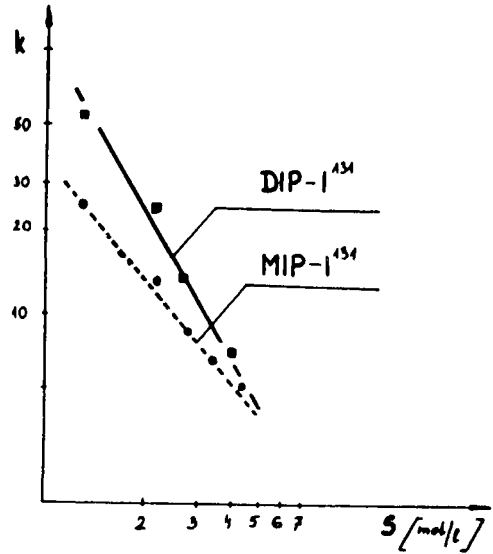
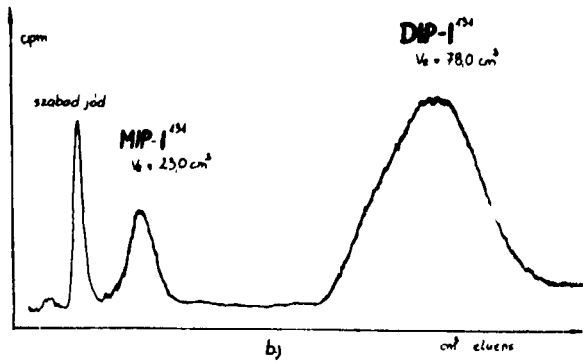
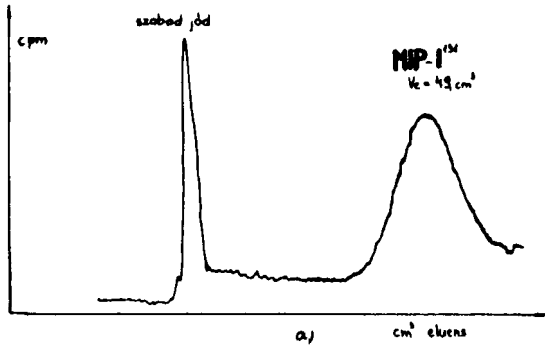
képlettel számoltuk ki, ahol  $V_e$  az eluciós térfogat,  $V_o$  a holtterefogat és  $V_t$  a gél teljes térfogata. A várakozásnak megfelelően tiszta frakciókat kaptunk, ha az MIP-<sup>131</sup>I, valamint DIP-<sup>131</sup>I jelzési keverékét 2-6 pH érték közé eső 0,01 M citrát-pufferrel eluáltuk /4. ábra/.

Eltérő számu jódszubsztituenst tartalmazó vegyületek elválaszthatók egymástól azon elv alapján is, hogy olyan pH-tartományban, ahol a molekula disszociációjának mértéke már elhanyagolható, a gél és a molekula közötti kölcsönhatás mértéke, azaz az adszorpciós kötés erőssége, a molekulában lévő jódatomok számával nő<sup>8,9</sup>. Ebben a tartományban a megoszlási hányadosok értékét az eluensként felhasznált szerves oldószer vizes oldatának koncentrációja  $/S/$  határozza meg /5. ábra/.

Megfelelően választott, 1,0 - 1,5 mól/l-es pufferált n-propilalkohol oldattal, a megoszlási hányadosok különbsége révén lehetővé válik a mono- és dijódszarmazék jó hatásfoku elválasztása /6. ábra/.

---

\*Ez nem azonos azzal a jelenséggel, amikor a molekulaszítaként használt gél belsejébe a molekulák, méretük miatt, nem jutnak be.

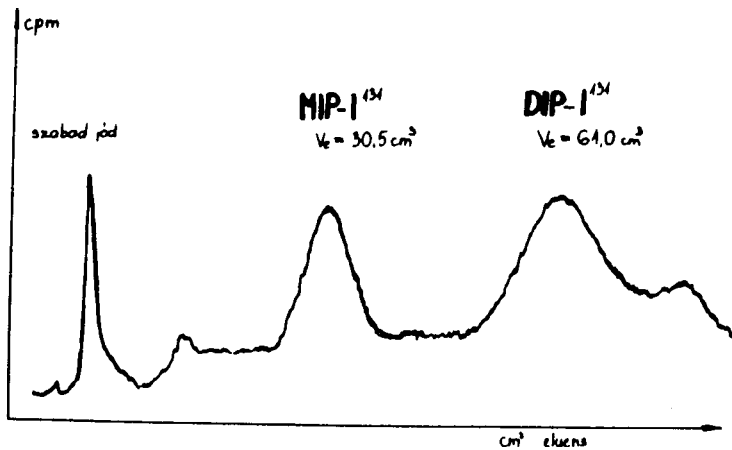


4. ábra

A MIP-<sup>131</sup>I és DIP-<sup>131</sup>I elválasztása adszorpciós kromatográfiás módszerrel.  
Eluens 0,01 M citrát-puffer, a) pH=4,0  
b) pH=5,2

5. ábra

Log k és log S összefüggése MIP-<sup>131</sup>I és DIP-<sup>131</sup>I-nél



6. ábra

A MIP-<sup>131</sup>I és DIP-<sup>131</sup>I elválasztásakor kapott adszorpciós kromatogram. Eluens: 2,0 mol/l koncentrációjú n-propilalkohol vizes oldata /pH=3/

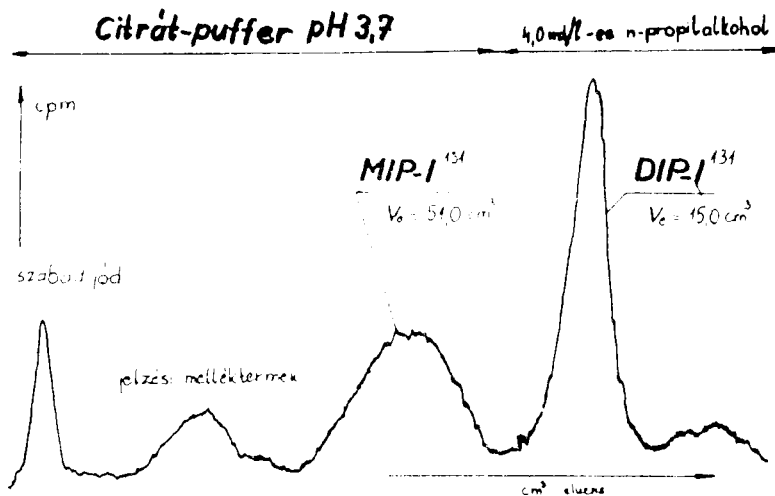
## STABILITÁSVIZSGÁLAT

Különbféle pH-ju vizes közegben, illetve szerves oldószerekben  $4^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten tárolt MIP- $^{131}\text{I}$  stabilitásának vizsgálata azt mutatta, hogy 4 hét eltelte után 10-15 %-kal csökkent az MIP- $^{131}\text{I}$  kezdeti aktivitása. Bomlástermékként minden esetben csak a feltehetően radiolitikus bomlásból származó szabad jód mutatható ki. Kisebbségi stabilitású viszont a DIP- $^{131}\text{I}$ . Kéthetes, szerves oldószerben történő tárolás 10-12 %-os aktivitáscsökkenést okoz, a harmadik héten a mintákban többféle degradálódott anyag mutatható ki az MIP- $^{131}\text{I}$  és a szabad jód mellett. Vizes közegben a minták jelentős bomlás nélkül nem tartathatók el.

Megjegyezzük, hogy hasonló eredményekről számolt be J. Matthias Kjeld $^{10}$ , aki összefüggést mutatott ki az oldószer dielektromos állandója és a vizsgált vegyület stabilitása között.

Vizsgálataink szerint a DIP inaktív formában sem stabil, sem etalonos, sem  $10^{-4}$ - $10^{-2}$  M/ NaOH oldatban. A tárolási idő növelésekor az inaktív minták papirkromatogramján kimutatható az MIP, és megnő a  $0,50 - 0,55 R_f$  értékű szennyeződések mennyisége.

Egymástól eltérő módon jelzett és Sephadex oszlopon megtisztított DIP- $^{131}\text{I}$  frakciók stabilitását vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a klóramin-T koncentrációjának növelése a stabilitás nagymértékű csökkenését eredményezi. Feltételezhető, hogy az erélyesebb oxidáló hatásra a molekula mindkét jódatomja  $^{131}\text{I}$ -re cserélődik, és az ilyen két aktív jódatomot tartalmazó vegyület stabilitása nem kedvező.



7. ábra

MIP- $^{131}\text{I}$  és DIP- $^{131}\text{I}$  keverékének adszorpciós kromatográfiás elválasztása

## IRODALOM

1. *F.C. Greenwood, W.M. Hunter, Biochem. J. 89 /1962/ 114*
2. *V.R. Thurlow, H.J. Puxley, A. Clin. Biochem. 113 /1969/ 299*
3. *J.J. Marchalonis, Biochem. J. 113 /1969/ 299*
4. *A.E. Bolton, W.M. Hunter, Biochem. J. 133 /1973/ 529*
5. *J.F. Harwing, R.E. Coleman, S.S.L. Harwing, J.Nucl. Med. 16 /1975/ 756*
6. *K. Sorimachi, H.J. Cahnmann, Endocrinology 101 /1977/ 1276*
7. *A.J.W. Brook, S. Housley, J. Chromatog. 42 /1969/ 112*
8. *Tóth G., M.Kém.F. 83 /1977/ 245*
9. *G. Tóth, Radiochem. Radioanal. Lett. 29 /1977/ 207*
10. *J.M. Kjeld, S.F. Kuku, Clin. Chim. Acta. 61 /1975/ 381*

## RADIOIZOTÓPOS MÓDSZEREK A KARDIO-REHABILITÁCIÓS DIAGNOSZTIKÁBAN

Horváth M.

Állami Szívkórház, Balatonfüred

/Érkezett 1980. június 16-án/

Összegezzük tapasztalatainkat, amelyeket főleg a Balatonfüredi Állami Szívkórházban, a hazai kardio-rehabilitációs központban és egyben a Nemzetközi Atomenergia Ügyvédség referencialaboratóriumában a műtét előtti és utáni összehasonlítás, a tréningkontroll és a gyógyszeres terhelés vonalán gyűjtöttünk. A módszerek noninvazívak, grafikus és topografikus jellegűek, a centrális keringés, a balkamra-kontrakció dinamikája, a regionális szívizom vérátáramlási paramétereit foglalják magukban, beleértve a tüdőperfúziót és -ventillációt is. Megadjuk a normál értékeket a Videoton négycsatornás radiocirkulográfjára és a Gamma Művek 8100 és 8200-as scannerére. Kísérlet alatt állnak a módszerek a Picker-szabadalom alapján a Gamma Művek által gyártott Anger-típusú szcintillációs gammakamerára. Megadjuk a speciális célra észszerű radiofarmakónokat, és tájékoztató táblázatba rendezzük klinikai kérdésfeltevés szerint a vizsgálatokat és a nukleáris eljárásokat kiegészítő olyan módszereket, mint az ergometria, a pitvari diagnosztikus pacing és a gyógyszeres terhelés.

Радиоизотопные методы в кардио-реабилитационной диагностике  
Хорват, М.

Суммируются опыты, накопленные главным образом в Государственной кардиологической больнице в г. Балатонфюред, которая является венгерским центром кардио-реабилитации и референтной лабораторией МАГАТЭ. Опыты относятся к сравнению до и после операции, к тренировочным контролям и к нагрузке лекарствами. Методы, разумеется, носят неинвазивный характер, и являются графическими и топографическими; включают в себя параметры центрального обращения, динамики сокращения левого желудочка, перфузии крови через региональную сердечную мышцу, а также перфузию и вентиляцию легких. Приводятся нормальные величины, приспособленные к отечественным приборам: к четырехканальному радиокруглографу фирмы Видеотон, и к сканнеру типа 8100 и 8200 завода Гамма Мювек. Разрабатываются методы на сцинтилляционную гамма-камеру типа Ангер производства Гамма Мювек по лицензии Пикер. Перечислены радиофармацевтические препараты для специальных целей и представлена таблица, группирующая обследование по клинической анкете, а также методы, дополняющие ядерные методы, как эргометрия, диагностический пейсинг предсердия и различные лекарственные нагрузки.

Radioisotope Methods for Cardio-Rehabilitation Diagnostics  
Horváth, M.

Experiences gathered mostly in the Hungarian cardio-rehabilitation centre and reference laboratory of the International Atomic Energy Agency, the State Hospital Cardiology, Balatonfüred, in the field of pre- and post-operative evaluation, training control and drug effects. The methods are logically non-invasive, graphical and topographical ones, pointed at the parameters of the central circulation, contraction dynamics of the left ventricle, regional myocardial perfusion, lung perfusion and ventilation, too. The normal values on specially adapted Hungarian equipments as the 4-channel radiocirculograph of the Videoton, MB 8100 and 8200 scanner of the Gamma Works are given, and new methods for the Picker licence scintillation gamma camera type Anger of the Gamma Works are also under development. Rational radiopharmaceutica used for special purposes are also touched. A table serves as a guide to the investigations according to clinical questions and to the combination of nuclear methods with ergometry, diagnostic atrial pacing and drug loading.

A nukleáris kardiológiának, mely grafikus, térképező és radio-immunoassay eljárásokat foglal magába, talán legelterjedtebb rutin alkalmazása a szívbetegek pillanatnyi állapotának megítélése, kórlefolyásának nyomonkövetése. Balatonfüreden a hatvanas évek közepétől ily módon is igazolták, hogy a szívbillentyűvel műtött /kommisszurotomizált és beültetett műbillentyűs/ betegek haemodinamikai állapota kedvezőbb NYIHA - kategóriába hozható, és a megjavult teherbíróképesség 3,5 év múlva is fenntartható, másrészt, hogy a szabályszerű rehabilitációs edzésben részesített, transmuralis miokardium infarktuszos betegek perc- és verőtérfogata 2 év múlva megegyezhet az azonos koru kontrollokéval<sup>1</sup>. Az önkontrollosan végzett grafikus vizsgálat, mint a radio-kardiográfia és radio-ciklográfia, a műtét optimális időpontjának meghatározásához is hozzásegít, a miokardium regionális térképezése pedig, mint noninvazív eljárás, a műtetre már alkalmatlan vagy áthidalást /bypassst/

nem igénylő betegek kiszűrését teszi lehetővé, ezzel megkíméli a beteget a balszivfél terhes katéterezésétől, és a drága szelektív kontrasztvizsgálatokat az előválogatott esetekre korlátozza.

## RADIO-KARDIOGRÁFIA

A radio-kardiográfia /RKG/ a radioaktív bolus szíven való első átvonulásának /first pass/ regisztrálása. A RKG - más dilúciós eljárásokkal egyenrangú pontossággal - méri a perctérfogatot /ptf/, testfelszínre normált formában a szivindexet/, a verőtérfogatot /vtf/, illetve a vtf-indexet. A perctérfogatnak az effektív keringő vérmennyiséghez /KVM/ való viszonya módot ad a centrális haemodinamika kompenzálttsági fokának számszerű kifejezésére. Somogyi Gy. szerint<sup>2</sup> a szivindex felnőttkori normája 3,80 és 3,75 l min<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>, balatonfüredi gyakorlatunkban a norma 4002 ml min m<sup>-2</sup>, a vtf.-index 55 ± 5 ml m<sup>-2</sup>, míg a kompenzálttsági tartomány 0,5-1,1 KVM/ptf közt helyezkedik el; 1,1 fölé kerülnek a centrális haemodinamikai elégtelenség állapotában levők, míg 0,5 alattiak a cirkulációs hiperkinetikusok<sup>3</sup>. A nem szükségképp fokozott ptf.-tal és vtf.-tal bíró esszenciális keringési hiperkinézisre legjellemzőbb az ejekciós arány megváltozása a verőtérfogat és az ejekciós idő hányadosa a normál 174 ± 12 -vel szemben 232 ± 20 ml s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup><sup>4</sup>. Az esszenciális cirkulációs hiperkinézis diagnózisa - a számos zavaró körülmény miatt - csak alapanyagcsere-helyzetben is fennálló kóros indexek alapján állítható fel.

A perctérfogatnak önmagában jóformán csak az ún. "low cardiac output" szindrómában van jelentősége, akut miokard infarktusz, szivmütéti beavatkozás, sokk kapcsán.

Minél inkább ellapul, és deformálódik a RKG, annál nagyobb a ptf.-meghatározás hibaszázaléka; normál és közel normál körülmények közt a reprodukálhatóság 10% körüli<sup>1</sup>. 1,2 liter min<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>-nél kisebb perctérfogat az élettel nem egyeztethető össze normotermiában.

Az ingerképzési-vezetési zavarok közül legszámottevőbb befolyása, a szivfrekvencia eltolódása révén, a pitvarfibrillációnak és teljes A-V bloknak van, amennyiben előbbi esetben a vtf. még organikus szivhiba nélkül is a normál 3/4-ére csökkenhet, míg utóbbiban abszolút értékben a 200 ml-t is megközelítheti.

Az ejekciós frakció /EF/ igen fontos paraméter az ischaemiás szivbetegek bypass-műtetre való kiválasztásában, továbbá a primer kardio-miopátiák obsztruktív, hipertrófiás és kongesztív formájának elkülönítésében, amennyiben előbbiben az EF lényegesen nem csökken, míg utóbbiban az EF igen jelentős redukciója következik be<sup>5</sup>. Az EF pontos és az angio-kardiográfiával egyenlő pontosságú mérése szcintillációs gamma-kamerával történhet, de a

méréstechnikában járatos vizsgáló RKG-val is megkísérelheti elfogadható pontosságu becslését és főleg önkontrollos folyamatkövetésre való felhasználását. Balatonfüreden a Steele, vanDyke, Anger-féle eljárás reprodukálásával 0,6 EF fölé sikerült jutni, a reprodukálhatóság  $\pm 10\%$ <sup>6</sup>. Legujabban de Vernejoul, Mestan és munkatársaik<sup>7</sup> balkamrai EF-mérő módszerével is megpróbálkoztunk<sup>8</sup>, reprodukálhatónak találtuk, de az értékek mintegy 10%-kal kisebbek, mint a Steele, vanDyke és Anger-féle eljárással.

Söntvizsgálatokkal helyszüke miatt nem foglalkozunk.

A vérnek a centrális keringésben való eloszlásának meghatározása és a KVM százalékában való kifejezése olyan foku méréstechnikai-számítástechnikai szakértelmet kíván, hogy velük itt tovább nem foglalkozunk<sup>3</sup>. Ezt bizonyos fokig pótolhatja a parciális jobb- és bal RKG ürülési iránytangensének viszonya, az arányt a  $T_{1/2}$  idővel /akár másodpercben, akár ciklusban/ kifejezve. Balatonfüreden az arány normál értéke  $1,45 \pm 0,20$ . Eltolódása azáltal jön létre, hogy a szükület megnyújtja a keringési időt, míg a billentyűzárás elégtelensége késlelteti a szóban forgó szivüreg ürülését. Sulyos sztenózis esetén ehhez még a ptf. csökkenése is hozzájárul.

## TÜDŐKERINGÉS

A centrális keringés fontos tagja a két szivfél közt elhelyezkedő tüdő, mely a két szivfél monofázisos RKG-ját egymáshoz képest a tüdőkeringési idő arányában tolja el. Modellkísérletek szerint az átlagos tüdőkeringési idő Giuntini -féle definíciója a legmegalapozottabb, normája Balatonfüreden  $6,4 \pm 1,2$  ciklus perifériás injiciálás esetén. A vtf.-tal való szorzata adja a tüdőbeli átlagos vérmennyiséget, normája Balatonfüreden  $315 \pm 85 \text{ ml m}^{-2}$ .

Kéthegyü billentyűhibában az átlagos tüdőkeringési idő bármely parameternél szorosabb korrelációban van a NYHA szerinti sulyossági stádiumbeosztással, de értékes aortahibánál is, amennyiben finomabb diszkriminátor, mint a bal kamra végdiasztolés nyomása<sup>9</sup>. Egyesek a pneumo-koniózisban RKG-val szinkron felvett perifériás radio-thorakogrammal az átlagos tüdőkeringési idő megnyulását az artériás tüdőkeringési szakaszra lokalizálták. A tüdőembólia a tüdő tranzit idejének megrövidülésével és a tüdőbeli vérmennyiség csökkenésével hívhatja fel magára a figyelmet. /A tüdőkeringést illetően megjegyzendő, hogy sokk-tüdőben jelentős funkcionális jobb-balirányu venoarteriózis rövidzárlat áll fenn, amit <sup>133</sup>Xenon iv. injiciálásával és az artériás aktivitás meghatározásával lehet mennyiségileg megadni./

A röntgennel vizsgálható apiko-bazális megoszlásnak radioizotópos változata is létezik, akár makroaggregát szcintigráfia kvantálható perfuziós információjával, akár <sup>133</sup>Xe révén megkapható regionális perfuziós és ventillációs indexszel. A mitrális sztenózis NYHA III-IV. stádiumában a felső-alsó tüdőmező indexe egyértelműen 1,0 fölé kerül, az arterio-pulmonális nyomás növekedésével párhuzamosan<sup>3</sup>.

## RÁDIO-CIKLOGRÁFIA ÉS A TERHELÉSES VIZSGÁLATOK

A radio-ciklográfia /RCG/ a szivkontrakció kapcsán bekövetkező térfogatváltozás időbeliségének radioizotóppal való leképezése /az aktivitás-ekvilibráció időszakában Ekg-időablakolással/. Alakilag az apex-KG-hoz áll közel, és a PEP/LVET volumen-analógja belőle is leszarmaztatható, a preejekciós időszak és a szisztolé időtartalma hányadosaként. A PEP/LVET /left ventricle ejection time/ nyugalmi normája 0,3 körül van. Az utóbbi időben több közlemény hívta fel a figyelmet a gyors telődés elhuzódására ischaemiás szivbetegeknél; ezt magunk is meg tudjuk erősíteni.

Fekvő testhelyzetben végzett, 120W/6 min nagyságu ergometriás terhelés kapcsán, Balatonfüreden, nem szivbeteg egyéneken vtf.-csökkenést nem észleltünk. Angina pectoris szindrómában szenvedő betegeken a vtf. letörése pitvari diagnosztikus pacing kapcsán  $120/\text{min}^{-1}$  frekvencia fölött következett be<sup>19</sup>.

A RCG kliniko-farmakológiai vizsgálatokkal is kombinálható.

## A MIOKARDIUM VIZSGÁLATA

Különbéle radio-rubidium izotópokkal folytatott vizsgálatok kapcsán aránylag hamar nyilvánvalóvá vált, hogy a ml/min-ben vagy a perctérfogat koronárfrakciójaként kifejezhető összáramlás csak extrém beszűkült nyugalmi kapacitás esetén szolgáltathat értékelhető adatokat, az összáramlásban bekövetkező változás nagyságrendje pedig a nyugalmi érték szórásstartományába esik<sup>11</sup>.

A regionális keringés térképezéssel egybekötve határozható meg, és a miokardium szövetegységére vonatkoztatva adható meg az áramlás, illetve a clearance. Az 1. koronár-passzázs alkalmával végzett 100%-os extrakció esetén a clearance egyenlő az áramlással.

Ischaemiás szivbetegségben radioizotóp módszerektől akut nekrozisra, sztenokardiára vezető lokalizált keringési zavarra és aneurizmára vezető post-infarktusos hegesedésre vonatkozóan várhatunk regionális információt<sup>12</sup>. A vizsgálati módszerek két csoportba sorolhatók: 1. non-invazivak /intravénás injeciálással/. 2. invazivak, a bal szivfél katéterezésével egybekötve. Kardio-rehabilitációs megítélésben nyilvánvalóan a non-invaziv eljárás nyújtotta lehetőségeket kell kihasználni.

A non-invaziv vizsgálatokhoz felhasznált radiofarmakonok: a kálium-analóg vegyületek /rubidium, cézium és tallium/, a technéciummal jelzett pirofoszfát, legujabban az  $\omega$ -helyzetben jelzett hepta-dekánsav. Nekrozisban a  $^{99}\text{Tc}^m\text{-PYP}$  /és az állatkísérletben korán felismert, de az emberi patológiában ezideig toxicitási okból ki nem aknázható radiohigany-származékok/ "melegfoltként" dusulnak, míg a K-analógok "hideg területként" mutatkoznak. A radiofarmakon kiválasztásánál /pl.  $^{99}\text{Tc}^m\text{ PYP}$  és  $^{99}\text{Tc}^m$  glukohেptonát esetében/ a miokardium

és a szövetek közti legkedvezőbb megoszlás optimális időpontjának ismeretében kell eljárni, természetesen figyelembe véve a vérszinthez képest fennálló maximális miokard dusitást is.

A  $^{99}\text{Tc}$  PYP akut miokard infarktust /AMI/ a 2. naptól jelez, és a dusitási többlet kb. az 1. hét végéig várható. A normális perfúzió 40%-a alatt nincs  $^{99}\text{Tc}^m$ -tárolás, és ezért olyan pontosságú nagyságbecslés nem várható, mint CK-MB izo-enzim vizsgálattal. Transzmurális AMI esetén az 1. hét folyamán ismételten negatív lelet csak kivételesen fordul elő, sokkal nagyobb a hamis pozitivitások aránya. Vannak 1 hét után is pozitív esetek, amikor egyéb kórfolyamatra is kell gondolni, pl. AN /kongesztív/ kardio-miopatiára<sup>10</sup>. Mindenesetre ezeket az eseteket érdemes a rehabilitáció szempontjából figyelemmel kíséreni. Egyesek szerint az arterio-pulmonális nyomás növekedésével párhuzamos és prognosztikus jelentőségű. Hamis pozitivitást okozhat még a nem stabil angina, a falmozgás anomáliája, az aneurizma, a meszesedés stb.

$^{201}\text{Tl}$ -gyel is lokalizálható az AMI az első órákban, (a radiocézium is kimutat akut nekrozist), azonban az időviszonyok és a drágasága, valamint nem utolsó sorban, mivel a  $^{99}\text{Tc}^m$  PYP is megfelel, a radiotalliumot elsősorban miokard ischaemia kimutatására veszik igénybe, míg a  $^{131}\text{CsCl}$ -t /és ahol hozzáférhető, a  $^{129}\text{CsCl}$ -ot/ miokard hegek és aneurizmák lokalizálására használják, esetleg  $^{99}\text{Tc}^m$  PYP szcintigráfiával kombinálva. Hamis negativitás szubendokardiális folyamatnál és postero-inferior lokalizációnál fenyeget.

Csucsstájt és az elülső falon elhelyezkedő folyamatok térképezésében a szerzőknek is kedvező tapasztalataik vannak a MTA Izotóp Intézetében Törkö János által előállított  $^{131}\text{CsCl}$ -dal<sup>13,14</sup>. Az EKG-val jó az egyezés, míg az inferior kép diagnosztikai határfoka már bizonytalanabb, néha csak diffúz hipofixáció észlelhető. Zömmel csucsstájon és elülső falon levő aneurizmák diagnózisát segíti elő a balatonfüredi gyakorlat szerint egyidejűleg végzett  $^{113}\text{indium}^m$  sziv-vérpool-szcintigráfia, különösen, ha egyidejűleg a bal kamra konturmozgásának elemzésével is társítják.

Az ischaemiás terület térképezésének ez idő szerint szuverén non-invazív módja a submaximális terhelésben, gamma-kamerával végzett  $^{201}\text{Tl}$ -scan. A bal kamra szubendokardiuma fokozottabban vesz fel, mint az epikardium, a jobb kamraizomzat felvétele csak kb. fele a balénak. Normál és hipertrófiás szivben a  $^{201}\text{Tl}$ -felvétel egyenesen arányos a bal kamra izomtömegével, amit inkluzíve még az áramlás és  $\text{O}_2$ -fogyasztás is befolyásol. Ezek révén inotróp hatások /izo-proterenol, Ca, Na /, valamint koronárdilatátorok /dipiridamol/ jelentősen növelhetik a felvételt. Különbéféle farmakológiai hatások révén mód nyílik a koszoruér-keringésen belüli rezisztencia- és kapacitancia-viszonyok felde-ritésére, és a dipiridamol steal révén, gyógyszeres terhelési vizsgálat kidolgozására /ennek RCG-változata is kialakítható/. Reverzibilitás szempontjából /unstable anginánál/ perdöntő a terhelés után 3-6 órával végzett redisztribúciós vizsgálat<sup>15</sup>.

A diffúziós arányok a post-infarktusos betegekben ülő és fekvő testhelyzetben bekövetkező eltolódását Balatonfüreden  $^{133}\text{Xe}$  iv. injiciálásával kezdtük vizsgálni. Tilting körülmények közt rögzített detektorokkal felvett jobbszív-fél-RKG és radio-thorakogram, valamint a kilégzett levegő radioaktivitásának lecsengése komplex információt szolgáltat a könyökvéna-tüdődőről, az alveolo-kapilláris membránon való diffúzióról, valamint az expirációt létrehozó ventilációról. A módszer intenzív terápiás részlegen fekvő betegek állapotának követésére is felhasználható.<sup>16</sup>

Az intenzív módszerekkel, melyek közé a  $^{133}\text{Xe}$  intrakoronáriás szelektív injiciálása, valamint mikroszférák hasonló bejuttatása tartozik, helyszűke miatt nem foglalkozhatunk.

## FÜGGELÉK

### MŰSZEREK ÉS RADIOFARMAKONOK RADIO-KARDIOGRÁFIÁHOZ /RKG/ ÉS RADIO-CIKLOGRÁFIÁHOZ /RCG/

Az RKG-hoz a Videoton bevált négycsatornás radiocirkulográfja a célműszer, melybe ciklusreferenciát szolgáltató EKG-csatorna is be van építve. Az RCG ugyancsak hazai műszerrel, a MTA KFKI sokcsatornás analizátorával végezhető, míg a miokardium-szcintigráfia a Gamma Művek MB 8100 és 8200 szcintigráfiájával. Kivétel a miokard perfúzió  $^{201}\text{Tl}$  talliummal végzett vizsgálata, amihez szcintillációs gamma-kamerára van szükség.

Gyorsan bomló generátortermékkel / $^{113}\text{In}^m$  vagy  $^{99}\text{Tc}^m$ / dolgozva még terheléses EKG-nél és RCG-nél sem haladja meg a sugárterhelés a mellkas röntgenvizsgálatáé, nukleáris angiokardiográfiánál és miokardtérképezésnél pedig mindenképp alatta marad a kontraszt angiográfiának és koronariográfiának.

A RKG-nál a térfogat-dimenziót az effektív keringő vérmennyiséggel /KVM/ adjuk meg, melynek pontos meghatározásához a vérpályát el nem hagyó, kolloid jellegű nyomjelzőre van szükség /klasszikus a jód- $^{131}\text{I}$ -gyel jelzett humán szérumalbumin/. Nyugalmi feltételek közt elfogadható pontosságú az intravénás injiciálás kapcsán a keringő transzferinnel in vivo kialakuló kapcsolat is, és a  $^{99}\text{Tc}^m$  is beépíthető humán szérumalbuminba, illetve humán szérumalbumin mikroszféra radioindiummal is gyorsan jelezhető. A  $^{113}\text{In}^m$  transzferin a RI  $^{131}\text{I}$ -hoz képest 18% KVM-többletet mér, a  $^{99}\text{Tc}^m$  SA pedig mintegy 7%-kal többet.

Ön-PYP-pel /pirofoszfáttal/ in vivo, in vitro vagy kombinált /in vivo és in vitro/  $^{99}\text{Tc}^m$ -jelzés is végezhető.

PULMONÁLIS FUNKCIONÁLIS VIZSGÁLATOK

vizsgálandó funkció	méréndő mennyiség	módszer		megjegyzés
		nem radioaktív	radioaktív	
Légzés	légzéstérfogat tüdővolumen /a maradék térfogatot és záródó térfogatot is beleértve/	spirometria /sp.m./ tömegspektrográfia /kvadrupolmódszer/  /nitrográfiával/ teljestest-pletizmo- gráfia /tt.p.gr./	radio-spirometria* / <sup>133</sup> Xe-módszerrel/	mindkét módszer alkalmazható nyílt és zárt rendszerben  sp.m. és tt.p.gr.-értékek restrictív körképben = obstructív körképben ≠
	légzésmechanika	pneumo-tachográfia	<sup>133</sup> Xe-radioexspi- gráfia	a légzési munkát kifejező térfogat-nyomás-görbe felvételére
	az alveoláris membrán permeabilitása	tömegspektrográfia	radioaktív gázok	a különféle gázok adszorpció és diffúziós együtthatója alapján használható radioaktív és nem jelzett biológiai gázokra, nemesgázokra, egyéb gázokra, pl. radioaktív metiljodidra
Tüdőbeni keringés	a jobb szívfél perc-és verőtérfogata	különbéle dilúciós módszerek /festékdilúció, termodilúció/	intravénásan bevitt radioaktív gázok kolloid jellegű, radiofarmakonok <sup>125</sup> I, <sup>131</sup> I, <sup>133</sup> Xe, <sup>131</sup> I, transferrin	
	átlagos keringési idő			
	átlagos tüdőbeni mennyiség			
	extravaszkuláris folyadéktérfogat /tüdőödéma/			
Gázmetriás és metabolikus vizsgálatok	funkcionális veno-arteriális sőnt /pl. sokk-tüdő/			
	a kisvérköri effektív nyomás	/mikro/-katheterezés oximetria karboximetria	ugyanazok, mint a nem radioaktív, de radioaktív O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> és CO használatával	
	vér kémiailag kötött és fizikailag elnyelt O <sub>2</sub> és CO <sub>2</sub> tartalma	O <sub>2</sub> -hemoglobinn mérés perkután O <sub>2</sub> -tenziometria Astrup-eljárás	továbbá <sup>15</sup> O-val jelzett hemoglobin	
	az anaerob anyagcsere arányát jelző tejsavszint	artérió-venózus laktát-differencia		

Valamennyi vizsgálat végezhető nyugallomban, ergometriás terheléssel, döntött testhelyzetben, gyógyszeres terheléssel és kombinációikkal.

\*A radiospirometriás vizsgálat legnagyobb előnye, hogy regionálisan tájékoztat az alveoláris periventillációról és perctérfogat-frakcióról.

A KERINGÉSI ÁLLAPOT AKTUÁLIS MEGITÉLÉSÉRE SZOLGÁLÓ /SZÜRŐ/ VIZSGÁLATOK  
ISCHAEMIÁS SZIVBETEGSÉGBEN /IHD/

centrális keringés	kontrakciós dinamika	miokardium-perfuzió, nekrózis, hegesedés	tüdőperfuzió, diffu- zió, ventiláció
<u>perctérfogat /ptf/, szivindex és terhelés változása</u>	<u>szivciklus időtartama ms</u>	<u>összperfuzió</u>	<u>átlagos tüdőkerin- gési idő</u>
ml min <sup>-1</sup> ml min <sup>-2</sup>	<u>frekvencia és terhelés változása</u>	ml min <sup>-1</sup> , illetve	s, ill. ciklus
verőtérfogat vtf-index /vtf/	szisztole időtartama	a ptf.koronárfrakciója/kb.5%/	
ml              ml m <sup>-2</sup>	diasztole időtartama	<u>regionális perfuzió</u>	<u>átlagos tüdőbeni</u>
eff. keringő vérmenny. /ml/ /Wollheim-index/ eff. KVM/ptf.	sziszt./diaszt. aránya	201Tl submax.terhelésben inj. /szelektív koronár-kath.-nél	<u>vérmennyiség</u>
<u>ejekciós frakció és terheléses változása</u>	<u>gyors és lassu ejekció aránya és terheléses változásuk</u>	radioaktiv mikroszféra vagy 133Xe bolus injekciója/	ml, ill. ml m <sup>-2</sup>
centrális vértérfogat eloszlása az effektív keringő vérmennyiség %-ában kifejezve	PEP	<u>akut nekrozis</u> első órákban irreverzibilis 201Tl-defektus; 2.naptól 1 hét végéig 99Tc PYP;	<u>apico-bazális meg- oszlás</u>
vénás hematokrit, %	PEP/LVET/sziszt./	1.héten mindvégig negatív lelet	133Xe-nal perf. és vent.
	vtf terh.vált.	szinte kizárja a transmuralis AMI-t	<u>tüdőszcintigráfiá- val</u>
	fekvő ergometria	doughnut pattern nagy kiterj.	perfuzió
	120 W-ig nem csökkenhet	gyakran AN. és rossz prognózis	133Xe inj. ciklusai
	pitvari dg.pacing 120/min- ig nem csökkenhet	<u>krónikus hegesedés</u>	s, ill. cikl. könyökvéna-tüdőkapill. idő
	<u>Farmakokinetika</u>	131 vagy 129 Cs-Cl főleg ant.	<u>alveol. membrán per- meabilitás</u>
	digoxinhatás	lokalizációra, kiegészítve sziv	az exspirátum idővi- szonyai
	nitrithatás	vérpool-szcintigráfiával és a	<u>AMI-ban párhuzamosan</u>
	dipiridamol-hatás	konturmozgás elemzésével, csucs- táji aneurizma kimutatására	vérgázanalízis laktátszint EKG monitorozás jobb szívfél nyomá- sának mérése mioglobin-RIA

## A LÉGZÉSVIZSGÁLATRA HASZNÁLT GÁZOK ÉS VÉRBELI OLDÉKONYSÁGUK

vérbeli oldékonyság	radioaktív gáz	nem radioaktív gáz
jó	$C^{15}O_2$ , $^{11}CO_2$ , $C^{15}O$	$CO_2$ , Ar, He
kisfoku	$^{133}Xe$ , $^{135}Xe$ , $^{85}Kr$ , $^{81}Kr$ , $^{13}N_2$ , $^3H_2$ , $^{15}O_2$	$O_2$ , $H_3$

A  $^{133}Xe$  ÉS  $^{81}Kr^m$  JELLEMZŐI

	$t_{1/2}$	energia	előny	hátrány
$^{133}Xe$	5,2 d	80 keV /36%/	inhalálva és iv. injiciálva egyaránt jól adagolható	kicsi a recirkulációja /kb. 5%/ térképezéshez lágyabb energiája nem optimális kicsi a fotonhozama
$^{81}Kr^m$	13 s	193 keV /82%/	recirkulációja elhanyagolható detektálása kedvezőbb sugárterhelése minimális a szervvéráramlás funkcionális térképezésére igen alkalmas /tüdő, szivizomzat/ gyorsabban ürül, mint a lipoid-oldékony $^{133}Xe$ in vivo perkután mérésre is alkalmas	igen rövid a felezési ideje drága ciklontermék
$^{81}Rb^*$	4,6 h	446 keV /23%/ 511 keV /67%/ pozitronsugárzó	"	"

\*Intravénás injiciálásával helyben belsőleg  $^{81}Kr^m$ -et generál.

## IRODALOM

1. *M. Horváth*, Application of Radioisotope Techniques in the Clinical Evaluation of Cardiac Patients during Treatment and Rehabilitation, IAEA Research Contract Tech.Rep.Series No. 154, Abstract 88-90, 1969-1973
2. *Somogyi Gy., Halmágyi M., Kiss E.*, A radiocirkulográfia klinikai használata a perctérfogat és vérvolumen meghatározására, Orv. Hetil. 108 /1967/ 36
3. *M. Horváth*, A Complex Cardio-Diagnostic Program, Integrating Radio-Cardiography and Radio-Cyclography with Haemodynamic Studies /Observations with Computer Analysis/, Acta Med. /Budapest/ 33 /1976/ 261  
*M. Хорват, Д. Сабо, Б. Томор, Л. Алмаши, Т. Дебрэци, К. Лудвиг*, Вычислительные программы для РКГ и РЦК, Кардиология 15 /1977/ 98
4. *Istvánffy M., Török E., Somogyi Gy., Halmágyi M.*, Haemodinamikai vizsgálatok essentiális keringési hyperkinesisben I., M. Belorv. Arch. 23/1970/ 276
5. *Istvánffy M.*, A primaer cardiomyopathiák diagnózisa, Az orvostudomány aktuális problémái, Medicina, Budapest, 1971, 3.k. 143-175
6. *M. Horváth*, The Position of Radio-Circulographic Examinations in the Scintillation Gamma-Camera Era, Eur. J.Nucl.Med. 4 /1979/ 152
7. *P.de Vernejoul, J. Valeyre, J. Mestan, C. Kellersohn*, Calculation of Ejection Fraction after Background Deduction from Periodical Components of Radiocardiograms, Eur. J. Nucl. Med. 4 /1979/ 114
8. Előadás az Európai Nukleáris Orvostudományi Társaság Karlovy Vary-i kongresszusán
9. *W.E. Adam, M. Stauch*, Nuklearmedizinische Methoden in der Kardiologie, Z. Kardiol. 67 /1978/ 427
10. *Horváth M., Böszörményi E., Ludvigh K., Fehér Cs., Strommer M., Erdélyi K., Sárdy J.-né*, Pitvari paceléssel végzett haemodinamikai vizsgálatokhoz kialakított mérőrendszer. IV. Orv. Techn. Konf., Bp. 1977, Kivonatok 207
11. *Horváth M., Ludvigh K., Füst L.-né, Lengyel T., Szirtes L.*, О возможностях измерения перфузии сердечной мышцы радиоактивным методом, KGST Konf. Szeged 1973, 1; A szívizomzat perfuziójának nukleáris módszerrel, emberen való mérésének lehetőségéről, Izotóptechnika /Budapest/ 16 /1973/ 482; Orv. Techn. 12 /1974/ 13
12. *Istvánffy M., Horváth M.*, A myocardium scintigraphiás vizsgálatának metódikai kérdései. A myocardialis ischaemia meghatározásának radioizotópos vizsgálati kritériumai. A radioizotópos vizsgálatok szerepe és értéke az akut myocardialis infarctus diagnosztikájában. Budapest, 1979, IV. 26-27-én tartott KGST-konferencián.
13. *Horváth M., Böszörményi E., Kármán M., Németh L., Bábiczky J., Török J.*, <sup>131</sup>Cs miokard szcintigráfia és radiokardio- és -ciklográfia bal kamra-aneurizmás betegeken, Magyar Kardiológusok Társasága 1980. évi balatonfüredi tudományos ülésének előadáskivonatai, No. 102
14. *Istvánffy M., Lengyel M., Rózsa Zs., R. Halmágyi M.*, A regionális myokardialis perfusio és falisyrtyegia vizsgálata, Magyar Kardiológusok Társasága 1980. évi balatonfüredi tudományos ülésének előadáskivonatai, No. 101
15. *Gruber N., Láng J., Csandány M., Csernay L.*, <sup>201</sup>Tl-mal végzett terheléses vizsgálatok coronaria betegeken, Magyar Kardiológusok Társasága 1980.évi balatonfüredi tudományos ülésének előadáskivonatai, No. 103
16. *Erdélyi K., Pekó E., Horváth M.*, <sup>133</sup>-xenon radioaktív nemesgázzal végzett komplex kardio-részpiratorikus vizsgálat sublingualis nitroglycerin hatásban, Magyar Kardiológusok Társasága 1980. évi tudományos ülésének előadáskivonatai, No. 142

## RADIOIMMUNOLÓGIAI /RIA/ MÓDSZER TESZTOSZTERON MEGHATÁROZÁSÁRA EMBERI VÉRBŐL, MAGZATVÍZBŐL ÉS TESTSZÖVETEKBŐL

Bodrogi L., Fehér T.

Semmelweis Orvostudományi Egyetem, I. Belklinika, Budapest

/Érkezett 1980. szeptember 1-én/

Tesztoszteron-3-karboxilmetiloxim-BSA konjugátummal nyulban nagy titerű, specifikus antiszérumot állítottunk elő, kromatográfia nélküli extrakcióval. Az ellenőrző vizsgálat szerint a módszer hatásfoka, megbízhatósága, specificitása és érzékenysége megfelelő, ilyen módon egyaránt alkalmas rutin laboratóriumi diagnosztikai és kísérleti célra. Az eljárással nő, férfi és különböző koru gyermekek vérmintáiból meghatározott tesztoszteron normális értéke közel azonos az irodalomban közölt specifikus eljárásokéval.

Радиоиммунологический /РИА/ метод для определения количества тестостерона в человеческой крови, детской моче и тканях человеческого тела  
Бодроги, Л., Фехер, Т.

Антисыворотка с высоким значением титера и специфичности была получена с помощью конюгата тестостерона-3-карбоксилметилоксима-БСА. Экстракция без хроматографии была использована в методе РИА. По контрольным измерениям точность, надежность, специфичность и чувствительность метода способствует его применению в рутинной лабораторной и экспериментальной целях. Нормальные значения тестостерона, определенные методом в женщинах, мужчинах и детей разного возраста почти совпадают со значениями, полученными специфическими методами, известными по литературе.

Radioimmunological Method /RIA/ for the Determination of Testosterone in Human Blood, Amniotic Fluid and Tissues  
Bodrogi, L., Fehér, T.

Antiserum with high titer and specificity was raised against testosterone-3-carboxylmethylxime-BSA in rabbit. Extraction without chromatography is utilized in the RIA technique. According to control experiments the accuracy, reliability, specificity and sensitivity criteria proved the method to be suitable for routine as well as experimental purposes. Normal testosterone values of female and male subjects or children were found similar to those obtained by others with specific techniques.

### BEVEZETÉS

Abraham 1969-ben írta le az első szteroid radioimmunoassay /RIA/ módszert<sup>1</sup>. Az elmúlt évtizedben rohamosan nőtt a szteroid RIA-k száma és jelentősége, ma már nélkülözhetetlenek a klinikai-laboratóriumi diagnosztikában. A tesztoszteron /17 $\beta$ -hidroxi-androszt-4-én-3-on; T/ az egyik első szteroid hormon volt, melynek mérésére RIA módszert dolgoztak ki. Furuyama és munkatársai<sup>2</sup> már 1970-ben közölték eljárásukat. A következő években számos tesztoszteron RIA-t írtak le. A módszerek egy részében kromatográfias eljárásokkal izolálták a tesztoszteront<sup>3, 7, 9, 11-13, 15, 18, 20</sup> a nagy keresztreakciót adó egyéb hormonoktól. Ujabban specifikusabb antiszérumok felhasználásával<sup>8, 10, 14, 16, 17</sup>, különleges extrakciós technikával<sup>19</sup> vagy egyéb eljárásokkal<sup>21</sup> kerültek el a hosszadalmas kromatográfias előtisztítást.

Jelen közleményünkben egyszerű, gyors, kromatográfia nélküli RIA módszerrel ismertetünk a tesztoszteron meghatározására emberi vérből, magzatvizzből és különféle célszervek szöveteiből. Módszerünkkel az "összes" /szabad + feshérjéhez kötött/ hormon mennyiségének mérésére nyílik lehetőség.

## ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

### ANYAGOK

1. Dietiléter. Peroxid- és aldehidmentes, minden esetben frissen desztillált.
2. Foszfát puffer. 0,05 mólos, pH 7,3; 1,0 g BSA-t tartalmaz literenként.
3. Antiszérum. Tesztoszteron-3-karboximetiloxim-BSA antigén ellen ujjélandi fehér nyulakban termeltük. Titer: 1:30 000, affinitási konstans:  $1,7 \cdot 10^{-10}$  liter/mol,  $4^{\circ}\text{C}$ -on.
4. Triciált tesztoszteron.  $[1,2,6,7,16,17 \text{ H}^3 \text{ (N)}]$  tesztoszteron, /NEN/, fajlagos aktivitása 6,5 TBq/mmol. Az izotóp tisztaságát vékonyréteg-kromatográfias uton, folyamatosan ellenőriztük, és, ha szükséges volt, Sephadex LH-20 oszlopon tisztítottuk.
5. Tesztoszteron standard. Tesztoszteron /Steraloids/ 4 mmol/l-es alkoholos törzsoldata. Felhasználás előtt ebből további hígításokat készítettünk.
6. Dextrán csontszén. Dextrán T 70 /Pharmacia/ és aktiv szén /Norit A, Serva/ 1:3 arányú keveréke.
7. Szcintillációs folyadék. 4 g PPO és 0,05 g POPOP egy liter toluolban.
8. A radioaktivitást Packard Tri-Carb /Model 3380/ folyadékszintillációs spektrométerben mértük.

### A MINTÁK ELŐKÉSZÍTÉSE

#### 1. Vér és magzatvíz

0,5 ml férfi, 1,0 ml női, 2,0 ml gyermek plazmához /szérumhoz/, illetve 2,0 ml magzatvízhez 5000 dpm jelzett tesztoszteront adtunk 0,1 ml foszfátpuffer oldatban; fél óráig szobahőn állni hagytuk, majd 10 ml dietiléterrel 30 másodpercig, Vortex keverő alkalmazásával extraháltuk. Extrakció után  $-25^{\circ}\text{C}$ -on három óra alatt a vizes fázist kifagyasztottuk, az éteres fázist leöntöttük,  $37^{\circ}\text{C}$ -on szárazra pároltuk, és a száraz extraktumot 1,0 ml foszfát pufferben, fél óra alatt, folyamatos rázás közben oldottuk. Az oldat 1/5 részét az extrakciós veszteség ellenőrzése céljából folyadékszintillációs mérőedénybe mértük, hozzáadtunk 10 ml szcintillációs folyadékot, és megmértük az aktivitását.

#### 2. Szövet

A különféle szövetmintákból /zsír, izom, tumor/ 0,2-1,5 g-ot 10 ml dietiléter-etilacetát-etanol /2:2:1/ elegyével, Biomix homogenizátorban,

20 000 ford/perc sebességgel, 2 percig homogenizáltunk. A szerves fázist szűrés után bepároltuk, 5 ml 90%-os metanolban 60°C-on oldottuk, és -20°C-on éjszakán át kifagyasztottuk. A felülusztót dekantáltuk, desztillált vízzel 70%-ra higitottuk, és 2.5 ml n-hexánnal kiráztuk. A hexán fázist elöntöttük, és a maradékot rotabepárlón szárazra pároltuk /lipidmentesítés/. A veszteség ellenőrzésére, homogenizálás előtt, 5000 dpm jelzett tesztoszteront adtunk a kiindulási mintákhoz. A száraz maradékot 1,0 ml foszfát pufferben oldottuk, és 1/5-öd részének a fent említett módon meghatároztuk az aktivitását.

#### RADIOIMMUNOASSAY

A plazma-/szérum-/ mintákból férfiak esetén 100 µl-nek, nők esetén 200 µl-nek, gyermekek és magzatviz esetén 400 µl-nek, illetve szövetekből 10-100 mg-nak megfelelő részt Wasserman-csőbe mértünk /a térfogatot szükség esetén pufferrel 0,2 ml-re egészítettük ki/. Minden mintából két párhuzamos bemérést készítettünk. Ezután csövenként 20 000 dpm jelzett tesztoszteron 0,2 ml pufferes oldatát és az antiszérum pufferes oldatának 0,2 ml-ét adtuk hozzá. Vortex keverőn 15 másodpercig kevertük, félóráig 37°C-on, majd újabb félóráig 4°C-on inkubáltuk. Az inkubációs idő letelte után minden csőbe 0,5 ml dextrán-csontszén-puffer szuszpenziót /1,25 mg dextrán T70 és 3,75 mg Norit A/ mértünk folyamatos keverés közben, 15 másodpercig Vortex keverőn ráztuk, 10 percig 4°C-on inkubáltuk, majd hűthető centrifugában, 3000 ford/perc sebességgel, 4°C-on centrifugáltuk. A felülusztót szcintillációs mérőedénybe öntöttük, hozzáadtunk 10 ml szcintillációs folyadékot, és megmértük az aktivitását.

A tesztoszteron kalibrációs görbét 0,1, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,5 és 7,0 pmol "hideg" tesztoszteron bemérésével készítettük el. Az egyes pontokból három párhuzamos bemérést végeztünk. Ezután minden csőbe 20 000 dpm jelzett tesztoszteront és 0,2 ml antiszérumot mértünk. Az inkubálást és az aktivszenes szétválasztást a fent említett módon végeztük.

A módszervak meghatározása céljából két csőbe 1-1 ml puffert mértünk, és az előzőekben ismertetett módon elvégeztük az extrakciót és a RIA-t.

#### AZ EREDMÉNYEK SZÁMITÁSA

A számítást Rodbard és Lewald<sup>23</sup> szerint végeztük. A görbét logit-log transzformációval linearizáltuk, a leolvasott értékekből levontuk a módszervakot, korrigáltuk a visszanyerési értékekkel a plazma- /szérum-/ extraktum térfogatával, illetve a bemért szövet súlyával, és az eredményeket nmol/l, illetve nmol/kg dimenzióban kaptuk meg. A számítást HP-97 típusu asztali kalkulátorra kidolgozott program alkalmazásával végeztük.

## EREDMÉNYEK

Módszerünket a szokásos módon ellenőriztük.

Az eljárás *hatásfokát* egyrészt a kiindulási mintákhoz belső standardként adott jelzett tesztoszteron visszanyerésével ellenőriztük, és 64 meghatározás során az átlag visszanyerést és ennek szórását /S.D./  $52,4 \pm 9,4\%$ -nak találtuk. Másrészt 16 esetben desztillált vízhez, illetve pufferhez  $0,4-3,5$  pmol hideg T-t adtunk, és elvégeztük a tesztoszteron meghatározását. Az izotópvisszanyeréssel, valamint a módszervakkal korrigált eredményekből számított átlag visszanyerés és szórása  $95,4 \pm 11,2\%$  volt. A módszer *pontoságát* egy sorozaton belül 14 párhuzamos vizsgálat szórása alapján határoztuk meg. A számított *intraassay-variációk együttható* nagysága  $8,2\%$  volt. A *megbízhatóságot* 20 azonos vérminta külön RIA sorozatokban történő meghatározásával ellenőriztük. A számított *inter-assay-variációk együttható* értékét  $13,1\%$ -nak találtuk.

A módszer további folyamatos kontrollja céljából ismert T-tartalmu referencia-vérmintákat is meghatároztunk minden sorozatban.

A *specifitást* a felhasznált tesztoszteron antiszérum viszonylag nagy specificitása határozta meg. A keresztreakciókat az 1. táblázatban tüntettük fel.

## 1. táblázat

Tesztoszteron-3-karboximetiloxim-BSA antigénnel szemben ujjélandi fehér nyulban termelt antiszérum keresztreakciói

Szteroid	Keresztreakció, %
Tesztoszteron	100
Dihidrotesztoszteron	47
5 $\alpha$ -androsztán-3 $\alpha$ ,17 $\beta$ -diol	3,2
5 $\beta$ -androsztán-3 $\alpha$ ,17 $\alpha$ -diol	2,8
Androszt-5-én-3 $\beta$ ,17 $\beta$ -diol	1,0
Dehidroepiandroszteron	
Androszteron	
Etiokolanolon	<0,1
Kortizol	
Ösztradiol-17 $\beta$	

A kimutatás alsó határát a módszervak értéke szabta meg. Ez  $0,04 \pm 0,03$  pmol volt, így a legkisebb még mérhető tesztoszteron mennyiség  $0,2$  nmol/l

vér, illetve 0,35 nmol/kg szövet volt. Módszerünk felhasználásával meghatároztuk a tesztoszteron normál értékét férfi, nő és gyermek vérében. Az eredményeket a 2. táblázatban tüntettük fel. Magzatviz-analizist öt esetben végeztünk, míg négy egyénnél műtéti anyagból származó hasi, illetve emlőzsír-, izom- és -tumor-szövetből határoztuk meg a T-t. Az eredményeket a 3. táblázatban foglaltuk össze.

## 2. táblázat

Férfi, nő és gyermek plazma /szérum/ tesztoszteron-szintjének normál értéke

Életkor, év	Nem	Esetszám	Tesztoszteron	
			nmol/l	ng/ml
- 9	♀	I. 8	- 1,0	- 0,03
10 - 13	♀	II. 11	0,3 - 2,1	0,1 - 0,6
11 - 14	♀	III. 10	0,3 - 2,4	0,1 - 0,7
13 - 15	♀	IV. 12	0,3 - 2,8	0,1 - 0,8
14 -	♀	V. 14	0,3 - 3,5	0,1 - 1,0
18 - 65	♀	20	0,3 - 3,5	0,1 - 1,0
- 9	♂	I. 7	- 1,0	- 0,3
10 - 13	♂	II. 9	0,7 - 6,9	0,2 - 2,0
11 - 14	♂	III. 12	2,8 - 13,9	0,8 - 4,0
13 - 15	♂	IV. 14	3,8 - 18,0	1,1 - 5,2
14 -	♂	V. 11	4,2 - 35,0	1,2 - 10,0
18 -	♂	18	4,2 - 35,0	1,2 - 10,0

I-V. a nemi érés fokozatai Tanner<sup>23</sup> szerint

## MEGBESZÉLÉS

A tesztoszteron biológiai mintákból végzett meghatározására számos RIA-eljárás áll rendelkezésre. A legtöbb, mint a bevezetőben említettük, kromatográfiás vagy egyéb izolálási műveleteket használ a tesztoszteronnal a kísérő szennyezésektől, illetve a jelentősebb keresztreakciót adó egyéb szteroidoktól való elválasztására. Jelen közleményben egyszeri extrakciót tartalmazó, kromatográfia nélküli RIA eljárást ismertetünk, mely - mint az ellenőrző vizsgálatok eredményéből kitűnik - jó hatásfoku, megbízható, pontos és kielégítő érzékenységgel a T mérésére.

A felhasznált tesztoszteron antiszérum /melyet magunk állítottunk elő/, mint az 1. táblázatból láthatjuk, csak a dihidrotesztoszteronnal /DT/ ad jelentős, 47%-os keresztreakciót. Mivel a DT koncentrációja férfiak vérében csak

kb. 10%-a a tesztoszteronénak, ezért ebben az esetben normál értékeink gyakorlatilag egyező értéket adnak a kromatográfia nélküli<sup>5,17</sup> és kromatográfiás eljárásokéval<sup>2,4,12</sup>. Nőknél az eltérés jelentősebb, mert normál körülmények között a DT mennyisége kb. 30%-a a T-énak<sup>24</sup>, mégis a módszer a klinikai laboratóriumi diagnosztikában jól felhasználható, egyszerűsége és gyorsasága folytán.

Mint a 3. táblázat adataiból kitűnik, az eljárás alkalmas a magzatvíz és különféle testszövetek T-tartalmának meghatározására is. A magzatvízből való T-meghatározást prenatális genetikai diagnosztikai célból, a magzat nemének gyors megállapítására, az Országos Közegészségügyi Intézet Humángenetikai Laboratóriumával együttműködésben végezzük. A szövetek hormontartalmát pedig a SOTE I. Sebészeti Klinikájáról származó mintákon mértük. E vizsgálatok eredményéről részletesen másik helyen számolunk be.

### 3. táblázat

Magzatvíz és különféle testszövetek tesztoszteron-tartalma

	A terhesség ideje, hét	Tesztoszteron	
		Magzatvíz	
		nmol/l	ng/ml
K.I.	14	0,2	0,05
F.J.	16	1,2	0,35
B.A.	18	0,7	0,19
B.J.	19	0,6	0,18
Sz.K.	25	1,1	0,31

Nem	Kor, év	Tesztoszteron					
		Zsirszövet		Izomszövet		Tumorszövet	
		nmol/kg	ng/g	nmol/kg	ng/g	nmol/kg	ng/g
G.J.* ♀	63	5,3	1,5	6,7	1,9	-	
T.A.* ♀	35	10,9	3,1	14,4	4,1	-	
G.Cs.** ♀	27	8,8	2,5	12,3	3,5	9,6***	2,7
H.J.** ♀	42	3,8	1,1	4,6	1,3	2,3****	0,7

\* hasi műtétből származó szövetminta

\*\*emlőből származó szövetminta

\*\*\*jóindulatu daganat

\*\*\*\*rosszindulatu daganat

### IRODALOM

1. G.J. Abraham, J. Clin. Endocr. 29 /1969/ 866
2. S. Furuyama, D. Mayes, C.A. Nugent, Steroids 16 /1970/ 415

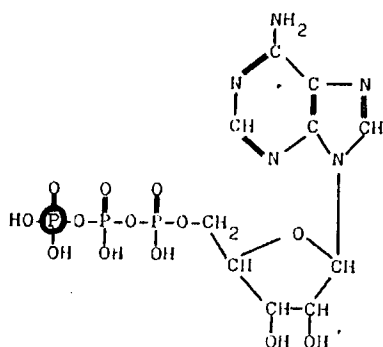
3. E. Nieschlag, D.L. Loriaux, Z. klin. Chem. klin. Biochem. 10 /1972/ 164
4. M.L. Dufau, K.J. Catt, T. Itsuhara, D. Ryan, Clin. Chim. Acta 37 /1972/ 109
5. W.P. Collins, M.D. Mansfield, N.S. Alladina, I.F. Sommerwille, J. Steroid Biochem. 3 /1972/ 333
6. H.L. Verjans, B.A. Cooke, F.H. De Jong, C.M.M. De Jong, H.J. Van der Molen, J. Steroid Biochem. 4 /1973/ 665
7. M. Luisi, G. Franchi, G.F. Mechini, D. Barletta, C. Fassora, F. Chiardella, G. Gagliardi, Steroids Lipids Res. 4 /1973/ 213
8. J.P.P. Tyler, J.F. Hennam, J.R. Newton, W.P. Collins, Steroids 22 /1973/ 871
9. T. Kinouchi, L. Pages, R. Horton, J. Lab. Clin. Med. 82 /1973/ 308
10. B.M. Williams, C.E. Horth, R.F. Palmer, Clin. Endocr. 3 /1974/ 397
11. F. Stahl, G. Dörner, I. Poppe, W. Rhode, G. Knappe, B. Stober, B. Raabe, Endokrinologie 64 /1974/ 63
12. J.M. Barberia, I.H. Thorneycroft, Steroids 23 /1974/ 757
13. K.M. Pirke, Acta Endocr. 74 /1973/ 168
14. G. Forti, M. Pazzagli, E. Calabresi, G. Fiorelli, M. Serio, Clin. Endocr. 3 /1974/ 5
15. R.E. Falvo, A.V. Nalbandov, Endocrinology 25 /1974/ 1466
16. J.J. Pratt, T. Wiegman, R.E. Lappöhn, M.G. Woldring, Clin. Chim. Acta 59 /1975/ 337
17. F. Stahl, Endokrinologie 65 /1975/ 288
18. P.H. Anderson, K. Fukushima, H.S. Schiller, Clin. Chem. 21 /1975/ 708
19. S. Kushinsky, M. Mirrasoul, G. Bennett, Clin. Biochem. 10 /1977/ 52
20. G.L. Hammond, V. Ahonen, R. Vihko, Intern. J. Andrology Suppl. 2 /1978/
21. C. Dotti, A. Becchi, C. Castagnetti, B. Colla, G. Filippi, Steroids 33 /1979/ 527
22. D. Rodbard, J.E. Lewald, Acta Endocr. 64 Suppl. 147 /1970/
23. J.M. Tanner, R.H. Whitehouse, Arch. Dis. Child. 51 /1976/ 170
24. K.M. Pirke, P. Doerr, Acta Endocr. 79 /1975/ 357

## ÚJ TERMÉKEK

ADENOZIN 5'- $\gamma$ -<sup>32</sup>P/-TRIFOSZFÁT AMMÓNÍUM SÓJA

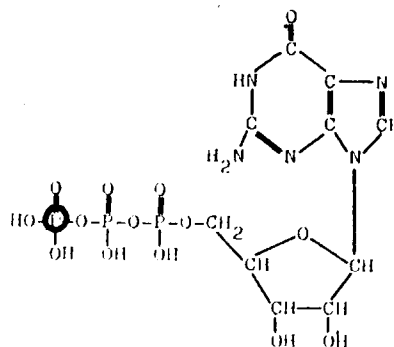
/50%-os /v/v/ alkoholban oldva/

Katalógusszám: FP.101

GUANOZIN 5'- $\gamma$ -<sup>32</sup>P/-TRIFOSZFÁT AMMÓNÍUM SÓJA

/50%-os /v/v/ alkoholban oldva/

Katalógusszám: FP. 102

JELLEMZŐIK

Előállítás: enzimatisz szintézissel

Fajlagos aktivitás: 370 GBq/mmol /10 Ci/mmol/

Radioaktív koncentráció: 37 MBq/ml /1 mCi/ml/

Radionuklid-tisztaság: 95%

Radiokémiai tisztaság: 98%

Tárolási körülmények: 18°C

MINŐSÉGI ELLENŐRZÉS

Radioaktív koncentráció: a radioaktív koncentráció mérése folyadékszcintillációs spektrométerrel

Kémiai tisztaság és koncentráció mérése: UV abszorpció alapján

Radiokémiai tisztaság ellenőrzése: TLC kromatográfiásan

FORGALMAZÁS

Csomagolás: az oldat gumidugóval zárt penicillines ampullában kerül forgalomba.

Szállítás: szénsavhóval hűtve, hőszigetelő dobozban

Megrendelés kielégítése: havonta, előre jelzett időpontban

Ár: 10 MBq 3300 R

40 MBq 5200 R

80 MBq 7550 R

200 MBq 10 560 R

Előállítja: MTA Izotóp Intézete Szerves Kémiai Osztály



309 024

10

HU ISSN 0004-7201

# IZOTÓPTECHNIKA

23. ÉVFOLYAM 4. SZÁM (1980)

---

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

---





# **IZOTÓPTECHNIKA**

23. ÉVFOLYAM 4. SZÁM

BUDAPEST 1980. JÚLIUS-AUGUSZTUS

Szerkeszti, és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotópintézete  
Szerkesztőbizottság:

Bába Miklós  
Fehér László  
Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/  
Gróz Péter  
Illy József /titkár/  
Kocsár László, az orvostudományok doktora  
Lengyel Tamás, a kémiai tudományok doktora  
Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa  
Médveczy László, a fizikai tudományok kandidátusa  
Sirokmán Ferenc, a kémiai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség címe: Az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Számunk irói:

Gundy Sarolta; Farkas I. György  
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugár-  
egészségügyi Kutatóintézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Tóth József; Prókai László  
Veszprémi Vegyipari Egyetem, Radiokémia Tanszék  
Veszprém, Pf. 28, 8201

Köves Erzsébet, a biológiai tudományok kandidátusa; Szabó M.  
József Attila Tudományegyetem Növényélettani Tanszéke,  
Szeged, Pf. 428, 6701

Sirokmán Ferenc, a kémiai tudományok kandidátusa  
Az MTA Szegedi Biológiai Központja, Szeged, Pf. 521, 6701

Horváth Mihály, az orvostudományok kandidátusa  
Állami Szivkórház, Balatonfüred, Pf. 13, 8231

Dévényi Nóra  
Az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Felelős kiadó: Veres Árpád, az MTA Izotópintézetének igazgatója  
Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézete házi sokszorosítójában  
F.v.: Nagy Károly  
Engedélyszám: III/SZI/299/1976  
1980. 4. szám

Indexszám: 25.399  
Törzsszám: KFKI-1981-258

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalban, a kézbesítőnél,  
a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlapirodájánál /KHI, Budapest,  
V., József nádor tér 1, távbeszélő: 180-850, postacím: A Posta Központi Hír-  
lapirodája, Budapest, 1900/ a 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámlára.

Előfizetési díja: 240,-Ft  
Példányszám: 300

Egyes szám ára 40,-Ft  
Kettős szám ára 80,-Ft

Megjelent: 1981. május 15.

MAGYAR  
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
KÖNYVTÁRA

## TARTALOM

Az ionizáló sugárhatás citogenetikai indikátora II. Dózis - hatás kapcsolat .....	183
Gundy S., Farkas I.Gy.	
Цитогенетический индикатор радиационного эффекта II. Взаимосвязь между дозой и эффектом	
Cytogenetical Indicator of Radiation Effect II. Dose - Effect Relationship	
Emissziós szinképelemzésben használatos szénelektrodok vizsgálata izotópos nyomjelzéssel .....	190
Tóth J., Prókai L.	
Изучение угольных электродов, использованных в эмиссионной спектроскопии, методом меченых атомов	
A Study of Electrodes Used in Emission Spectrography by Isotopic Labelling	
A $\gamma$ -sugárzás hatása auxin autotróf és heterotróf dohánykallusz- szövet növekedésére és auxin-anyagcseréjére .....	197
Köves E., Szabó M., Sirokmán F.	
Влияние $\gamma$ -излучения на рост и ауксинный метаболизм авто- трофного и гетеротрофного каллюсных тканей табака	
The Effect of $\gamma$ -Radiation on the Growth and Auxin Metabolism of Autotrophic and Heterotrophic Tobacco Callus Tissues	
Komplex eljárások a nukleáris kardiológiában .....	204
Horváth M.	
Комплексные методы в ядерной кардиологии	
Complex Methods in Nuclear Cardiology	
Az RK-12 tiroxin RIA készlet érzékenysége a készlet feldolgozási paramétereinek változására .....	214
Dévényi N.	
Влияние изменения параметров обработки на чувствительность РИА набора тироксина RK-12	
The Influence of Variation of Preparation Parameters on the Reliability of the Thyroxine RIA Kit RK-12	



## AZ IONIZÁLÓ SUGÁRHATÁS CITOGENETIKAI INDIKÁTORA II.\* DÓZIS—HATÁS KAPCSOLAT

Gundy S., Farkas I.Gy.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató  
Intézet, Budapest

/Érkezett 1980. augusztus 18-án/

A citogenetikai dozimetria egyik alapvető követelménye a kromoszómaaberrációk gyakorisága és a sugárdózis közötti összefüggés megállapítása. A citogenetikai laboratóriumok eredményeit a következő tényezők befolyásolják: a limfociták tenyésztési ideje, a különféle minőségű sugárzások használata, valamint a dózis - hatás - összefüggés matematikai leírása.

Biológiai dózismérés céljából in vitro röntgen- és  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -besugárzás hatását vizsgáltuk első és második osztódásban lévő emberi limfocitákban, a dicentrikus+ring aberrációk, valamint az összes aberráció gyakoriságának alapján. A röntgenbesugárzással indukált aberrációk 0,1 és 2 Gy között lineáris, 1,5 és 5 Gy között exponenciális dózis - hatást mutattak.  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -besugárzás esetében a sugárdózis és a dicentrikus+ring aberrációk gyakorisága közötti összefüggés leírására másodfoku polinom bizonyult a legalkalmasabbnak, 0,25 és 6 Gy között.

Цитогенетический индикатор радиационного эффекта, II. Взаимосвязь между дозой и эффектом  
Гунди, Ш., Фаркаш, Дь.

Одним из необходимых факторов в цитогенетической дозиметрии является определение взаимосвязи между хромосомными абберациями и дозами облучения. Результаты анализов хромосомных аномалий модифицируют следующие факторы: время культивирования лимфоцитов, использование разных видов излучения и математическое описание взаимосвязи дозы и эффекта. Для биодозиметрии изучались влияние рентгеновского и  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -облучения на человеческие хромосомы, по частоте дицентриков и колец, а также по суммарному числу аббераций в первом и втором делении лимфоцитов. Индуцированные рентгеновскими лучами абберации показали линейную зависимость от доз облучения между 0,1 и 2 Гр и экспоненциальную между 1,5 и 5 Гр. Установлена функциональная зависимость в форме полинома второй степени для дицентриков и колец, сопутствующих парными фрагментами от доз  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -облучения, между 0,25 и 6 Гр.

Cytogenetical Indicator of Radiation Effect, II. Dose-Effect Relationship  
Gundy, S., Farkas, I.Gy.

The basic requirement of cytogenetical dosimetry is the exact determination of the relationship between radiation dose and induced frequency of chromosome aberrations. The main factor leading to differences in the results between laboratories are: the use of different culturing times, the use of different qualities of radiation and equations of best fitting to dose-response relationship.

The dicentric+rings together and the total number of chromosome aberrations induced in vitro by X-ray and  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -radiation were compared. Cytogenetical analysis was carried out on first and second cell cycle chromosomes. The linear model gave the best fit to the X-ray induced aberrations between 0.1 and 2 Gy and the exponential model between 1.5 and 5 Gy. The second degree polynomial function is in a very good agreement with  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -dose - response data for dicentric+rings associated with fragments in first cell division, between 0.25 and 6 Gy.

Előző közleményünkben<sup>1</sup> hivatkoztunk számos irodalmi megállapításra, amelyekből úgy tűnik, hogy a sugárzás biológiai indikátorai között az egyik legpontosabb és legmegbízhatóbb módszer a "kromoszómadoziméter".

A vérben cirkuláló fehérsejtek, a limfociták mindegyike, mint egy parányi doziméter, szinte konzerválja a sugárzás indukálta károsodást, s amikor laboratóriumi körülmények között ezeket a limfocitákat osztódásra serkentjük, a mikroszkópiusan vizsgálható kromoszómák aberrációja derít fényt a károsodás mértékére.

\*A cikksorozat az Egészségügyi Minisztérium 10.sz. tárcaszintű főirányához tartozó és a minisztérium által anyagilag támogatott 6-13-1001-01-0/V sz. kutatási témában folytatott munkáról számol be.

A "kromoszóma doziméter" érzékenységének alsó határa még nem teljesen tisztázott; ez függ az analizált sejtek számától, a vizsgálatot végző dolgozók gyakorlottságától. Megfelelő feltételek esetén azonban a kromoszóma-aberrációk viszonylag már kis dózistól /0,1 Gy/, információt szolgáltatnak a sugárexpozícióról. Laboratóriumunkban 1976-ban vezettük be ezt a módszert, amelyet egy nemzetközi szakértőcsoport ajánlásainak megfelelően<sup>2</sup> 1979-ben módosítottunk.

Közleményünkben az általunk felvett dózis-hatás görbéket ismertetjük. Egyszeri kis LET-értékű röntgen- és <sup>60</sup>Co- $\gamma$  besugárzás indukálta kromoszóma-aberrációkat vizsgáltunk, s az összefüggések leírására a legmegfelelőbb matematikai közelítést kerestük.

## ANYAG ÉS VIZSGÁLATI MÓDSZER

In vitro vizsgálatainkban egészséges felnőttek perifériás vérére sugároztuk be. A röntgenbesugárzás Medicor THX-250 típusu röntgenkészüléken történt, polisztirol csövekben, 250 kV, 15 mA, 1,5 mm Cu-szűrés, 60 cm-es csőközép távolság és 0,36 Gy/min dózisteljesítmény mellett; ez utóbbit előzetes dozimetriai mérés és számítás alapján, megfelelő átszámítási tényező felhasználásával kaptuk.

A <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -besugárzás 0,49 Gy/min dózisteljesítménnyel történt. A limfocitatenyésztést kis módosítással Moorhead<sup>3</sup> technikája szerint végeztük, 48, illetve 72 órás kulturákon, majd a kromoszómapreparátumokat Opton-Photomikroszkóp - III. készülékkel vizsgáltuk. Valamennyi besugárzási pontnál /0,1-6,0 Gy/ megadtuk az aberrációk százalékos előfordulási arányát. Egy-egy kísérleti pontban 800-1600 sejt aberrációit számoltuk.

Elkülönítettünk kromatid típusu, kromoszóma típusu fragmenteket, dicentrikus és gyűrű /ring/ kromoszómákat, valamint un. minutokat<sup>1</sup>.

## EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁS

### A RÖNTGENBESUGÁRZÁS EREDMÉNYEI

Előzetes kísérleteinkben megállapítottuk, hogy a sejtek első /48 órás/ és második /72 órás/ osztódása között a dicentrikus és gyűrű kromoszómák gyakoriságában nincs különbség<sup>4</sup>.

Erre a vizsgálatra azért volt szükség, mert a hetvenes években elkészített dózis-hatás görbék értelmezésénél egyes laboratóriumok 48 órás, mások 72 órás limfocitatenyészetek kromoszómaaberrációit vizsgálták a besugárzási dózis függvényében<sup>5</sup>. Mindaddig, amíg nem született a módszer egységesítésére hivatalos ajánlás<sup>6</sup>, laboratóriumunkban a könnyebben értékelhető második sejt-

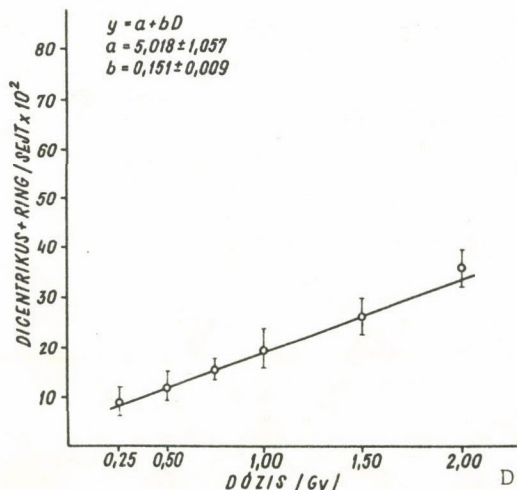
osztódást vizsgáltuk, ugyanis a 100 sejtre jutó metafázisok előfordulása itt jóval gyakoribb volt, mint az első osztódásban.

Az in vitro röntgenbesugárzás hatását 0,1-5 Gy dózistartományban vizsgáltuk. A dózisokhoz tartozó aberrációs értékeket 72 órás tenyésztés után, az 1. táblázatban foglaltuk össze.

Analízisünk során jól kimutatható növekedést észleltünk mind a dicentrikus+ring kromoszómák, mind pedig az összes aberráció gyakoriságában, a besugárzási dózis függvényében.

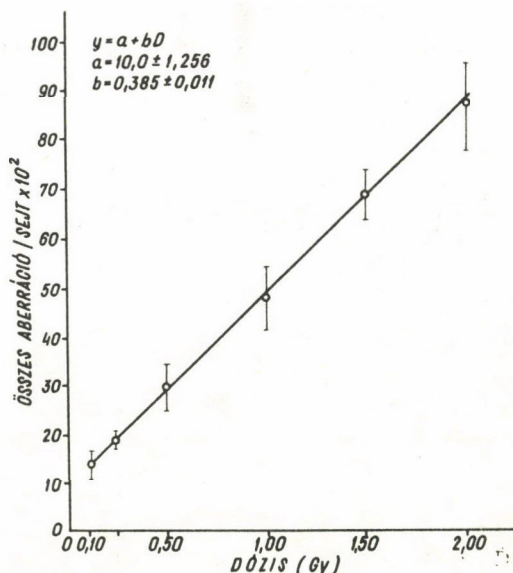
Ez a növekedés 0,1-2,0 Gy tartományban kisebb, 2,0-5,0 Gy tartományban pedig nagyobb arányú volt.

A mérési adatok ismeretében kerestük a dózis és a hatás összefüggését legjobban leíró matematikai összefüggést. Adatainkat lineáris, négyzetes, exponenciális és másodfokú polinomokkal közelítettük. Azt találtuk, hogy ha adatainkat két csoportba osztjuk, a 0,1-2,0 Gy közötti, valamint a 1,5-5,0 Gy közötti tartományra, akkor az első tartományban lineáris függvény /1. ábra: dicentrikus+ring esetén; 2. ábra: összes aberráció esetén/, a másodikban pedig exponenciális függvény /3. ábra: dicentrikus+ring ; illetve összes aberráció/ fejezi ki legjobban a dózis és a hatás összefüggését.



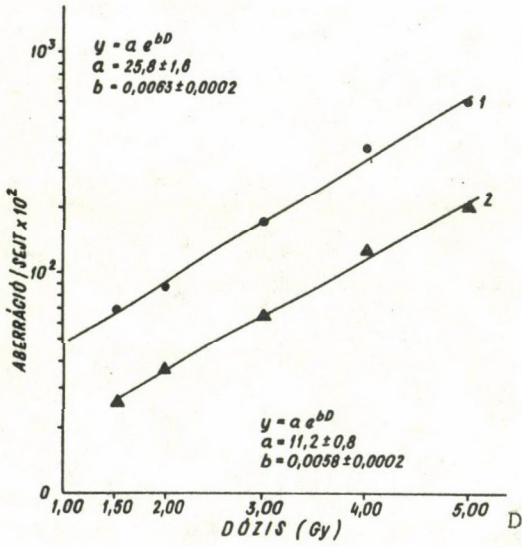
1. ábra

Dicentrikus + ring kromoszómák gyakorisága in vitro röntgen besugárzott humán perifériás vér limfocitáiban



2. ábra

In vitro röntgen besugárzott humán perifériás vér limfocitáknak összes kromoszómaaberrációja



3. ábra

Kromoszómaaberrációk gyakorisága in vitro röntgen besugárzott humán perifériás vér limfocitáiban

- 1. Összes aberráció
- 2. dicentrikus + ring alakok

1. táblázat

In vitro röntgenbesugárzással indukált humán limfociták kromoszómaaberrációs analízise

Dózis /Gy/	Aberrációk típusa 100 sejtenként					Összes aberráció
	Dicentrikus + ring	Kromatid fragment	Kromoszóma fragment	Minute	Egyéb	
0	0,01	0,45	0,35	0,00	0,00	1,9
0,10	1,75	3,00	4,32	0,12	0,12	14,13
0,25	9,38	3,00	4,50	2,25	1,00	19,38
0,50	12,63	6,00	6,50	3,70	1,00	29,50
1,00	19,87	10,00	11,12	6,50	1,00	47,63
1,50	26,38	11,20	22,62	7,12	5,00	68,75
2,00	36,51	12,50	28,75	8,00	2,70	86,75
3,00	63,75	25,25	47,00	13,00	5,98	167,75
4,00	125,00	71,50	128,50	13,75	5,50	355,50
5,00	197,50	107,50	221,75	21,75	37,00	563,75

A  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -BESUGÁRZÁS EREDMÉNYEI

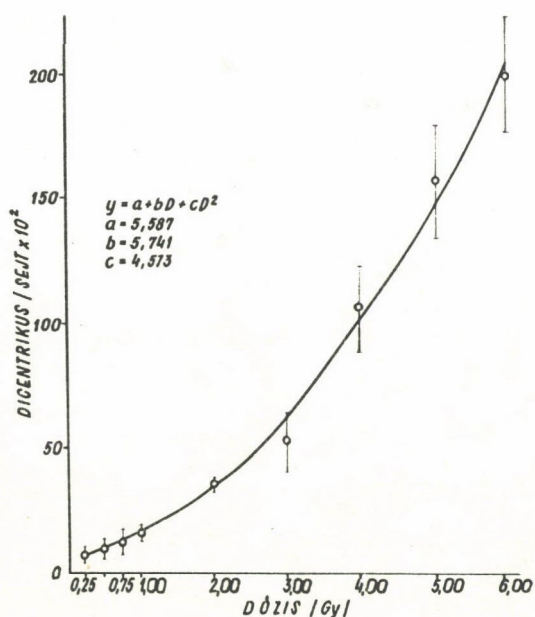
A hetvenes évek közepétől egyre több olyan munka jelent meg<sup>6</sup>, amely biológiai dózisbecslésnél az első sejtosztódás kromoszómaaberrációit vette figyelembe. Nagy számú statisztikai adat feldolgozása után azt találták, hogy bizonyos fajta kromoszómakárosodások, az un. "instabil" elváltozások /kromoszómafragmentek, ringek, dicentrikus kromoszómák/ a második osztódásban már eliminálódnak, ugyanis csak a centromérával rendelkező kromoszómák jutnak át maradéktalanul az utódsejtekbe. Ezek alapján született az az ajánlás<sup>6</sup>, amely szerint a dózis-hatás görbe megszerkesztéséhez csak az első osztódásban lévő sejtek aberrációit számolják, ahol a dicentrikus és centrikus ring kromoszómák acentrikus fragment kíséretében jelennek meg. Az aberrációk és a besugárzási dózis közötti összefüggés megállapításánál így igen kicsi a "szubjektív tévedés" lehetősége, s igen nagy annak a valószínűsége, hogy teljes készletű első osztódásból származó károsodásokat regisztráljunk.

Felmerült azután még egy másik javaslat is<sup>7</sup>: kis LET-értékű, egyszeri in vitro besugárzásnál a dóziskalibrációhoz alkalmazzunk egységesen 0,5 Gy/min dózisteljesítményű  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -forrást.

A módszerek egységesítésére irányuló és nemzetközi elfogadásra ajánlott javaslatokat figyelembe véve a  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -besugárzással indukált kromoszómaaberrációkat, 0,49 Gy/min dózisteljesítmény mellett, első osztódásban lévő sejteken vizsgáltuk, 0,1-6,0 Gy tartományban. Az aberrációk előfordulási gyakoriságát a 2. táblázatban foglaltuk össze, a dózis és a hatás összefüggésének

leírása és ábrázolása pedig a 4. ábrán látható. Az ajánlásoknak megfelelően csak a dicentrikus és centrikus ring + acentrikus fragment adatokat közelítettük különféle görbékkel.

A dózis és a hatás összefüggésének matematikai leírására a másodfoku polinomot találtuk a legalkalmasabbnak. Ezt a megállapítást - rajtunk kívül - más sugár-citogenetikai laboratóriumok adatai is<sup>8</sup> igazolják.



4. ábra

Dicentrikus + ring kromoszómák gyakorisága in vitro  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -besugárzott humán perifériás vér limfocitáiban

## 2. táblázat

In vitro  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -besugárzott humán limfociták kromoszóma-aberrációs analízise

Dózis /Gy/	Aberációk típusa 100 sejtenként							Összes aberráció
	Dicentrikus /ring / + fragment	Dicentrikus	ring	Kromoszóma fragment	Minute	Kromatid fragment	Egyéb	
0	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,37	0,00	0,62
0,10	0,87	0,62	0,00	5,50	0,00	2,25	0,63	9,87
0,25	7,09	2,90	1,36	12,18	0,72	2,90	1,00	28,36
0,50	10,80	1,50	0,60	9,20	0,20	2,60	1,50	26,40
0,75	12,80	0,80	2,60	24,40	0,00	3,40	1,90	46,80
1,00	16,80	2,40	2,50	28,00	0,70	0,90	2,70	51,60
2,00	35,50	2,13	7,50	29,13	3,50	4,75	0,63	83,63
3,00	53,80	2,40	9,00	45,40	8,20	4,50	3,90	137,80
4,00	106,88	5,11	15,33	109,55	12,20	5,55	8,88	261,40
5,00	156,80	3,20	20,00	142,20	14,26	0,80	4,80	340,60
6,00	199,20	0,00	21,60	237,60	3,20	2,40	7,60	471,00

A dózis-hatást leíró egyenletek numerikus értékei természetesen a laboratóriumi körülményektől függően változnak, hiszen lehetetlennek tűnik a limfociták tenyésztésétől a kromoszómaaberrációk értékeléséig minden egyes kísérleti fázist egységesíteni. Egyelőre a technikai feltételek csak bizonyos ajánlások figyelembevételét teszik lehetővé, amelynek mi igyekeztünk is eleget tenni. A módszer jellegéből tehát az következik, hogy valamennyi sugár-citogenetikai laboratórium saját kontroll anyaggal és saját maga által kidolgozott kalibrációs görbével kell, hogy dolgozzék.

Már a legtöbb országban létezik egy olyan sugárcitogenetikai laboratórium, ahol a felszerelés és a személyi állomány alkalmas mind az elméleti, mind a technikai munkára. Amikor intézetünkben beállítottuk a kromoszóma-aberrációs analízis módszerét, ezzel hazai igényt kíséreltünk meg kielégíteni.

\* \* \*

A szerzők köszönetüket fejezik ki Tóthné Mészáros Éva és Győr Sarolta laborasszisztensnek a lelkiismeretes technikai munkáért.

## IRODALOM

1. *Gundy S., Farkas Gy.*, Az ionizáló sugárhatás citogenetikai indikátora I. *Izotóptechnika* 22 /1979/ 214
2. Routine Use of Chromosome Analysis in Radiation Protection, IAEA, Vienna, 1979
3. *P.S. Moorhead, P.C. Nowell, W.J. Mellman, D.M. Battips, D.A. Hungerford*, Chromosome Preparations of Leukocytes Cultured from Human Peripheral Blood, *Exp. Cell Res.* 20 /1960/ 613
4. *Gundy S., Farkas Gy., Varga L.*, Comparative Study of Human Chromosome Aberrations Induced by  $^{60}\text{Co}$ - $\gamma$  Irradiation and Incorporated Radionuclides, *ESRB Congr. Abstr.* /1976/50.
5. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation /UNSCEAR/ Suppl. No.13 /A/7613/1973/ 129
6. *M.A. Bender*, Status of Human Chromosome Aberrations As a Biological Dosimeter in the Nuclear Industry, IAEA-TECDOC-224 /1979/ 37
7. *R. Le Go*, személyes közlés, 1978
8. *S.L. Todorov*, Comparative Analysis of Chromosome Aberrations Induced in Human Lymphocytes in vitro by Various Types of Ionizing Radiations, IAEA-TECDOC-224 /1979/ 21

## EMISSZIÓS SZÍNKÉPELEMZÉSBEN HASZNÁLTOS SZÉNELEKTÓDOK VIZSGÁLATA IZOTÓPOS NYOMJELZÉSSEL

Tóth J., Prókai L.

Veszprémi Vegyipari Egyetem Radiokémia Tanszék, Veszprém

/Érkezett 1980. október 14-én/

Мүгянта кѳтѳсү электродок изотѳпос nyomjelzése. Az электрод anyagának /графит, illetve шѳн/, polaritásának ѳs a minta ѳsszetѳtelѳnek hatása a  $^{51}\text{Cr}$  elpárolgására ѳs lecsapódására. Statisztikai kiѳrtѳkelѳs.

Изучение угольных электродов, использованных в эмиссионной спектроскопии, методом меченых атомов  
Тот, Я., Прокан, Л.

Мечение связанных пластмассой электродов. Влияние материала электрода /графит и уголь/, их полярности и состава образцов на испарение и осаждение  $^{51}\text{Cr}$ . Статистическая оценка.

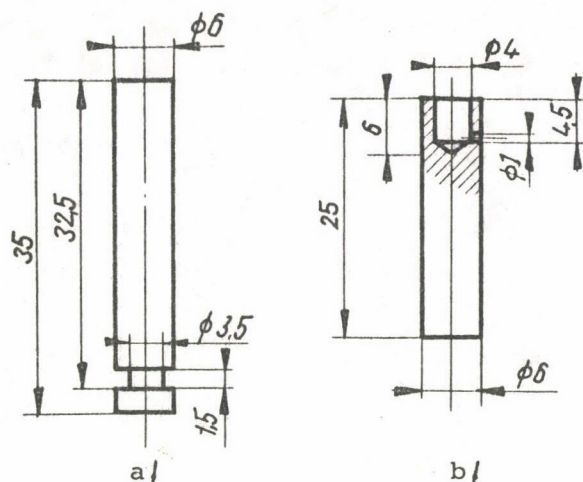
A Study of Electrodes Used in Emission Spectrography by Isotopic Labelling  
Tóth, J., Prókai, L.

Isotopic labelling of plastics bonded electrodes. The influence of the substance of electrodes /graphite and carbon/, their polarity and the composition of the sample on the evaporation and condensation of  $^{51}\text{Cr}$ . Statistical evaluation.

Korábbi közleményünkben<sup>1</sup> már röviden beszámoltunk az autoradiográfiás technikának a szinképanalitikai kutatásokban való alkalmazhatóságáról. A szén-elektrodoknak a minta elgőzölése ѳs gerjesztése során betöltött szerepének tanulmányozására azonban szükségesnek látszott - az autoradiográfiás eljáráson túlmenően - a nukleáris műszeres mérőtechnika alkalmazása is. A korábbi<sup>1,2</sup> ѳs jelen munkánkban arra kívántunk választ kapni, hogy az izotópos nyomjelzéses technika mennyiben alkalmas az elgőzölési ѳs gerjesztési viszonyok tanulmányozására.

### KISÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK

A minták alapanyaga  $\text{SiO}_2$  volt. Nyomjelzésre  $^{51}\text{Cr}$  izotópot használtunk /92,5 MBq/cm<sup>3</sup> radioaktív koncentrációju Cr/III/-nitrát oldat/. A  $^{51}\text{Cr}$  mintánkénti koncentrációja  $8 \cdot 10^{-2}$   $\mu\text{g/g}$ , az inaktív krómé  $3 \cdot 10^3$   $\mu\text{g/g}$  volt. Ezenkívül a minták egyik csoportja 10%-ban kis ionizációs energiájú elemet, káliumot is tartalmazott / $\text{K}_2\text{CO}_3$  alakban/. A hordozóelektrod kelyhébe a mintát műanyagkötés-



1. ábra

Elektrodok méretei

a/ ellenelektrod; b/ hordozó elektrod

ródok anyaga Elektrokarbon Topol'cany /csehszlovák gyártmány/ SU grafit, illetve SW szén volt, a mintákhoz viszont SU 601 típusu grafitport kevertünk. E kombinációkkal a különböző fajlagos ellenállású és hővezetőképességű grafit, illetve szén hatását akartuk vizsgálni.

## A MÉRÉSI ADATOK ÉRTÉKELÉSE

A következő mennyiségeket mértük: a hordozóelektrodnak a 3 perces gerjesztés során bekövetkezett tömegcsökkenése  $\Delta m$ , illetve aktivitásváltozása  $\Delta I$ , valamint a gerjesztés során az ellenelektrodra lerakódott  $^{51}\text{Cr}$ -tól származó aktivitás  $I_e$ .

Mérési adatainkat matematikai statisztikai úton értékeltük ki, az ún. "2<sup>n</sup> faktoros, egyismétléses kísérletek" alapján<sup>4</sup>. Munkánkban négy paraméter hatását tanulmányoztuk, mindegyiket két-két szinten /1. táblázat/. Esetünkben a a 2<sup>4</sup> kiértékelési mód lehetővé tette az egyes faktorok szignifikanciavizsgálatát, valamint a közöttük lévő kölcsönhatás mértékének tanulmányozását is.

1. táblázat

A vizsgált paraméterek

Paraméter	"Alsó" szint	"Felső" szint
Ellenelektrod /E/	grafit /G/	szén /C/
Hordozóelektrod /H/	grafit /G/	szén /C/
Hordozóelektrod polaritása /P/	-	+
Kálium-koncentráció %-ban /K/	0	10

sel<sup>3</sup> rögzítettük. A gerjesztést váltakozó árammal végeztük /BIG-100/, a hordozóelektrod polaritása +, illetve -; a gyújtási frekvencia  $50 \text{ s}^{-1}$ , a rövidzárási áramerősség 5 A, az elektrod-távolság 3 mm, az ivelési idő 3 perc volt.

A hordozó- és ellenelektrod /méreteik az 1. ábrán/ anyaga az egyik kísérletsorozatban Ringsdorff Werke /NSzK/ RW I grafit, illetve, RW II szén volt; ekkor a mintához RW B típusu szénport kevertünk. A másik sorozatban az elektrodok anyaga Elektrokarbon Topol'cany /csehszlovák gyártmány/ SU grafit, illetve SW szén volt, a mintákhoz vi-

A matematikai kiértékelést valamennyi mért mennyiségre elvégeztük, legmegfelelőbbnek azonban a következőket találtuk. A  $\Delta I/\Delta m$  hányados a hordozó-elektrodból történő elgőzölgésről ad felvilágosítást, az  $I_e/(\frac{\Delta I}{\Delta m})$  hányados pedig a gerjesztés során lejátszódó transzportfolyamatokra, az ellenelektrodon lezajló lecsapódási és visszapárolgási jelenségekre utal. A gerjesztési paraméterek különböző értékéhez eltérő hőmérsékleteloszlás, plazmatérfogató és alak tartozik. Ennek eredményeként a plazma részecskeeloszlása is megváltozik, így az ellenelektrod homlokfelületére lecsapódott anyag mennyisége is eltéréseket mutathat. A lecsapódásban és visszapárolgásban fontos szerepet tölthetnek be a különféle minőségű elektrodok is.

A vizsgált két mennyiségről kapott adatainkat a 2. táblázatban foglaltuk össze, a statisztikai kiértékelés fontosabb eredményeit pedig a 3-4. táblázatban.

2. táblázat  
Mérési adatok

K	P	H	E	RW I-RW II-RWB/		SU-SW/-SU 601		
				$\frac{\Delta I}{\Delta m}$	$I_e / \frac{\Delta I}{\Delta m}$	$\frac{\Delta I}{\Delta m}$	$I_e / \frac{\Delta I}{\Delta m}$	
0	-	G	G	109,8	50,5	72,7	66,4	
			C	111,5	28,6	79,9	24,8	
	C	G		90,5	99,0	39,1	108,8	
		C		69,3	34,6	49,3	60,9	
	+	G	G	122,8	68,8	64,0	163,5	
			C	149,6	18,2	70,2	114,5	
		G		66,4	137,4	28,0	281,5	
		C	C	67,6	54,3	49,8	146,0	
	10%	-	G	G	167,4	52,4	119,2	42,6
				C	230,9	10,4	128,2	14,9
C		G		130,2	83,5	78,3	115,8	
		C		126,3	22,4	83,0	24,1	
+		G	G	167,8	74,5	123,5	90,1	
			C	147,7	25,5	95,0	63,8	
		G		121,0	181,9	75,6	170,6	
		C	C	58,8	131,2	52,6	155,6	

3. táblázat

Statisztikai kiértékelés /RW I-RW II-RWB/

Variancia- forrás	$\Delta I / \Delta m$ /cpm/mg/				$I_e / (\frac{\Delta I}{\Delta m})$ /mg/			
	$Z_W$	$S_W$	f	F	$Z_W$	$S_W$	f	F
E	- 11	7,6	1	0,1	-424,2	11246,6	1	244,0*
H	-477	14220,6	1	267,8*	414,0	10712,2	1	232,4*
P	-135	1139,1	1	21,4	311,0	6045,1	1	131,1*
K	361	8145,1	1	153,4*	91,8	526,7	1	11,4
EH	-153	1463,1	1	27,6	-146,9	1348,7	1	29,3*
EP	- 95	564,1	1	10,6	- 42,6	113,4		
EK	- 35	76,6			17,8	19,8		
HP	- 73	333,1	1	6,3	221,6	3069,2	1	66,6*
HK	- 81	410,1	1	7,7	97,6	595,4	1	12,9
PK	-183	2093,1	1	39,4*	177,0	1958,1	1	42,5*
EHP	- 19	22,6			28,0	49,0		
EHK	- 65	264,1	1	5,0	55,6	193,2	1	4,2
EPK	-187	2185,6	1	41,2*	50,2	157,5	1	3,4
HPK	87	473,1	1	8,9	119,2	888,0	1	19,3
EHPK	31	60,1			6,0	2,2		
	$s_r^2 = 53,1; F_{0,01}/1,3/ = 34,1$				$s_r^2 = 46,1; F_{0,01}/1,4/ = 21,2$			

## 4. táblázat

Statisztikai kiértékelés /SU-SW-SU 6Q1/

Variancia- forrás	$\Delta I / \Delta m$ /cpm/mg/				$I_e / (\frac{\Delta I}{\Delta m})$ /mg/			
	$Z_W$	$S_W$	f	F	$Z_W$	$S_W$	f	F
E	7,6	3,6	1	0,2	-434,7	11810,3	1	548,0*
H	-297,0	5513,6	1	251,9*	482,7	14562,5	1	675,8*
P	-91,0	517,6	1	23,6*	727,3	33060,3	1	1534,1*
K	302,4	5715,4	1	261,2*	-288,9	5216,4	1	242,1*
EH	19,8	24,5			-145,5	1323,1	1	61,4*
EP	-54,6	186,3	1	8,5	-16,9	17,8		
EK	-83,2	432,6	1	19,8*	113,3	802,3	1	37,2*
HP	3,6	0,8			160,9	1618,0	1	75,1*
HK	-55,8	194,6	1	8,9	26,7	44,6		
PK	-33,0	68,1			-161,9	1638,2	1	76,0*
EHP	22,4	31,4			4,9	1,5		
EHK	-17,4	18,9			40,1	100,5	1	4,7
EPK	-75,8	359,1	1	16,4*	173,1	1872,7	1	86,9*
HPK	-12,0	9,0			18,9	22,3		
EHPK	-2,8	0,5			155,5	1511,3	1	70,1*
	$s_r^2 = 21,9; F_{0,01}/1,7/ = 12,2$				$s_r^2 = 21,6; F_{0,01}/1,4/ = 21,2$			

Az utóbbiak tartalmazzák a  $Z_W$  összehasonlító függvény értékeit, amelyek bemutatják azt, hogy pl. egy paraméternek az "alsó" szintről a "felsőre" való megváltoztatása milyen irányban befolyásolja a vizsgált mennyiségeket; megadjuk még az  $S_W$  négyzetösszegeket, a négyzetösszegek  $f$  szabadsági fokát és az  $F$  varianciarányadosokat is. Mindkét táblázatban azokat az első-, másod- és harmadrendű kölcsönhatásokat, amelyek a többihez képest elhanyagolhatók, a kísérletsorozat becsült szórásának  $/s_r^2/$  meghatározásához használtuk fel. Ezek  $f$  és  $F$  értéke természetesen nem szerepel a táblázatokban. Minden esetben feltüntettük az  $s_r^2$  értéken kívül az  $\alpha = 0,01$  szignifikanciaszinthez tartozó, táblázatból kikeresett  $F_{\alpha}(1, f_r)$  értékeket is. A statisztikailag szignifikáns értékeket csillaggal jelöltük.

Említettük, hogy a  $\Delta I/\Delta m$  hányados az elgőzölgési folyamatokról nyújthat tájékoztatást. A 3. táblázat első része szerint  $/RW I$  és  $RW II/$  a  $H$  és  $K$  paraméter hatása jelentős, viszont  $P$  hatása - meglepő módon - nem szignifikáns. Ez csak az elsőrendű  $PK$  kölcsönhatásban válik jelentőssé. Az ellenelektrod az elgőzölgésre nincs hatással, kölcsönhatásban is csak a második rendben jelentkezik  $/EPK/$ . Kissé változóbb képet kaptunk  $SU-SW$  elektrodoknál  $/4. táblázat 1. része/$ . Itt a polaritás változtatása  $/P/$  jelentős befolyásoló tényező. Az ellenelektrod hatása az  $EPK$  kölcsönhatáson kívül az  $EK$  kapcsolatban is megjelenik. Ezt a kölcsönhatást elemezve <sup>4</sup> azonban kitűnt, hogy  $G$  vagy  $C$  esetében a  $K$  változtatása jelentősebben befolyásolja a  $\Delta I/\Delta m$  értékét, mint konstans  $K$  mellett az ellenelektrod anyagának megváltozása.

A kétféle elektrodanyaggal végrehajtott mérésorozat, illetve kiértékelés, a  $\Delta I/\Delta m$  értékében sok hasonlóság mellett eltérést is mutat, amely nemcsak az elektrodanyagok eltérő gyártmányával magyarázható, hanem azzal is, hogy  $RW$  típusoknál szénport használtunk, a csehszlovák típusoknál pedig grafitport. A szén- illetve grafitpor, valamint a hordozóelektrodok szén, illetve grafit anyaga döntően meghatározhatja a minta hőmérsékletét és így elpárolgását. A szén hővezetőképessége kisebb, fajlagos ellenállása nagyobb, mint a grafité, ezáltal a minta hőmérséklete magasabb. Ezzel magyarázható a  $H$  szignifikáns hatása, de az is, hogy a  $P$  faktor  $RW$  kombinációban  $/3. táblázat I. része/$  nem érvényesült jelentős mértékben.

A 3. és 4. táblázat 2. részében az  $I_e(\frac{\Delta I}{\Delta m})$  mennyiség statisztikai kiértékelését foglaltuk össze. Az  $RW$  elektrodanyagok esetében az  $E$ ,  $H$  és  $P$  hatása jelentős, a  $K$  paraméteré viszont nem. Ez utóbbi a már említett szénpor jellegének tulajdonítható: magas hőmérsékletű plazmát biztosít, és ezt a kis ionizációs energiájú kálium nem tudja lényegesen befolyásolni. Az  $E$  és  $H$  szignifikáns hatása az  $EH$  kölcsönhatásban is jelentkezik. A  $HP$  kölcsönhatást részletesen elemezve csak bizonyos esetekben kaptunk kiugró eredményt.  $\alpha = 0,01$  szignifikanciaszint mellett a kölcsönhatás akkor jelentős, ha hordozóként szén alkalmazva a polaritást változtatjuk, vagy pedig pozitív polaritás mellett a hordozót grafitról szénre cseréljük. E tények is a plazma hőmérsékletével

magyarázhatók. Hiszen +P-nál, illetve szén hordozóelektród esetében a plazma hőmérséklete magasabb. Ezzel indokolható többek között a PK kölcsönhatás is. Itt is a négy lehetséges eset közül csak kettőben kaptunk kiugró értékeket. A P-nek az "alsó" szintről a "felső" szintre történő megváltoztatása csak a K felső szintjén /10% káliumtartalomnál/ mutatott szignifikáns hatást, K-nak a változtatása pedig csak a P felső szintjén /pozitív polaritás/.

Ha a mintához grafitport keverünk, akkor az előbbieken vizsgált érték sokkal érzékenyebben függ a vizsgált paraméterek változásától /lásd 4. táblázat 2. része/. Ekkor a K faktor is szignifikáns hatása, bár nem olyan mértékben, mint a másik három. Az elsőrendű kölcsönhatások száma az EK-val "bővült". Az EH, EK és HP kölcsönhatás minden szinten, minden változatban szignifikáns, a PK kapcsolat viszont negatív polaritásnál a K változtatására nem szignifikáns.

Meg kell említenünk még azt, hogy az  $s_r^2$  szórásnégyzet meghatározásához azokat az első-, másod- és harmadrendű kölcsönhatásokat használtuk fel, amelyek hatása az  $S_W$  értékek alapján csekély vagy elhanyagolható /pl. 3. táblázatban 3, illetve 4 adat/. Ezek eldöntése azonban nem mindig egyszerű. A kiválasztást úgy könnyítettük meg, hogy SU grafit ellen- és hordozóelektródokkal 10 párhuzamos mérést végeztünk. A belőlük számított szórás jól egyezett az  $s_r^2$  értékekkel, bár általában nagyobb volt /pl. az  $I_e / \frac{\Delta I}{\Delta m}$  mennyiségre  $s_r^2 = 32,1/$ , de az így kiszámított varianciarányadosok alapján lényegében ugyanazokat a varianciaforrásokat kaptuk szignifikánsnak.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A kísérletek azt bizonyították, hogy az izotópos nyomjelzéses módszer alkalmas egyes spektrokémiai folyamatok vizsgálatára. A gerjesztés során a hordozóelektród aktivitásának és tömegének változása az elgőzölgést befolyásoló tényezők szerepéről nyújt információt. A mügyanta kötésű elektródból történő elpárolgást a vizsgált paraméterek közül a hordozóelektród anyaga /H/, a mintaösszetétel /K/ és - bár kisebb mértékben - a polaritás határozhatja meg. Az ellenelektród /E/ szerepe viszont nem jelentős; a ráakódott izotóp mennyisége elsősorban a transzportfolyamatokba, a lecsapódási és visszapárolgási jelenségekbe nyújthat betekintést. Megállapítható, hogy az  $I_e / \frac{\Delta I}{\Delta m}$  értékét közvetlenül vagy közvetve mind a négy vizsgált paraméter jelentősen befolyásolja.

## IRODALOM

1. Tóth J., Prókai L., Izotóptechnika /Budapest/ 23 /1980/ 84
2. Tóth J., Prókai L., XXIII. Magyar Szinképelemző Vándorgyűlés előadásai, GTE Kiadvány, 1980, 199
3. ifj. Szarvas P., Papp L., Szarvas P., M.Kém.F. 75 /1969/ 143
4. Felix, M., Bláha, K., Matematikai statisztika a vegyiparban, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964

## A $\gamma$ -SUGÁRZÁS HATÁSA AUXIN, AUTOTRÓF ÉS HETEROTRÓF DOHÁNY KALLUSZSZÖVET NÖVEKEDÉSÉRE ÉS AUXIN-ANYAGCSERÉJÉRE

Köves E.\*, Szabó M.\*, Sirokmán F.\*\*

\*József Attila Tudományegyetem Növényélettani Tanszéke, Szeged

\*\*MTA Szegedi Biológiai Központja

/érkezett 1980. október 22-én/

Az auxintól független szövet nagyobb érzékenységet mutatott, és fokozottabb mértékben bontotta az indol-3-acetsavat, mint az auxintól függő.

Влияние  $\gamma$ -излучения на рост и ауксинный метаболизм автотропного и гетеротропного каллосных тканей табака  
Кэвеш, Э., Сабо, М., Широкуман, Ф.

Независимый от ауксина ткань показал более высокую чувствительность на излучение и повышенную способность разрушения индол-3-уксусной кислоты чем зависимые от ауксина ткани.

The Effect of  $\gamma$ -Radiation on the Growth and Auxin Metabolism of Autotrophic and Heterotrophic Tobacco Callus Tissue  
Köves, E., Szabó, M., Sirokmán, F.

The tissue independent of auxin revealed a higher sensitivity to radiation and a higher capacity to destruct indol-3-acetic acid than the auxin dependent one.

### BEVEZETÉS

Az ionizáló sugárzás növekedésgátló hatásának összefüggése az endogén fitohormonok szintjével egyik vitatott kérdése a radiációs botanikának<sup>1</sup>.

Ismeretes, hogy a különböző szerkezetű és funkciójú sejtek érzékenysége az ionizáló sugárzásra különböző. A merisztéma szövet a legérzékenyebb, mivel sejtjeit nem védi cellulóz fal; a növekedés összefolyamatán belül pedig az osztódás a legérzékenyebb szakasz. Ennek figyelembevételével a  $\gamma$ -sugárzás növekedésre gyakorolt hatásának vizsgálatára igen alkalmas a kallusz szövet, különösen a sokat tanulmányozott dohánybélkallusz. Könnyen tenyésztethető<sup>2</sup> és állománya a merisztéma szövet sajátjaival rendelkezik. Különösen érdekes tulajdonsága, hogy szoktatással egyes klónok auxinszintézisre készíthetők, s ebben

az esetben auxinmentes táptalajon növekednek.<sup>3</sup> Így kétféle, minden tekintetben azonos sajátságokkal rendelkező szövettényészetet kaphatunk, amelyek csak abban különböznek egymástól, hogy az egyik elegendő auxint szintetizál, ezért auxin autotrófnak nevezhető, míg a másik erre nem képes, és az auxint exogén forrásból igényli; utóbbiak az auxin heterotróf szövetek.

A hormonok közül különösen az auxinok és anyagcseréjük szerepét vizsgálták a sugárzás okozta növekedésgátlásban<sup>4-9</sup>, de a többi hormonok jelentőségének vizsgálata is folyik.

Kísérleteink célja a kétféle szövettényészet sugárérzékenységének, valamint a növekedésgátlás és auxinbontás összefüggésének összehasonlítása és vizsgálata volt.

## KISÉRLETI ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A *Nicotiana tabacum* cv. Xanthi bélparenchima kalluszt Murashige-Skoog táptalajon<sup>10</sup> állítottuk elő. A transzfer havonta történt 3,0 mg indol-3-ecetsav /IES/ és 0,1 mg/l 2,4-diklórfenoxi-ecetsav /2,4 D/ jelenlétében, illetve távollétében. A táptalaj 0,04 mg/l kinetint /6-furfurilamino-purin/ minden esetben tartalmazott. A "szoktatással" kialakított auxin autotrófia a 11. szubkulturában jelentkezett, és a továbbiakban állandó maradt. A kultúrákat 25°C-on, 500 lux megvilágítás mellett, "Conviron" klimakamrában tartottuk.

A kallusztényészeteket 25°C-on,  $444 \cdot 10^{12}$  Bq  $^{60}\text{Co}$  sugárforrással sugároztuk be 4-10 percig.

A tenyészetek friss súlyát a besugárzás után 3 héttel mértük. Az IES-oxidáz-aktivitást ugyanakkor határoztuk meg, az időegység alatt lebontott IES mennyiségben kifejezve, a Salkowski-reakció alapján<sup>11,12</sup>.

## KISÉRLETI EREDMÉNYEK

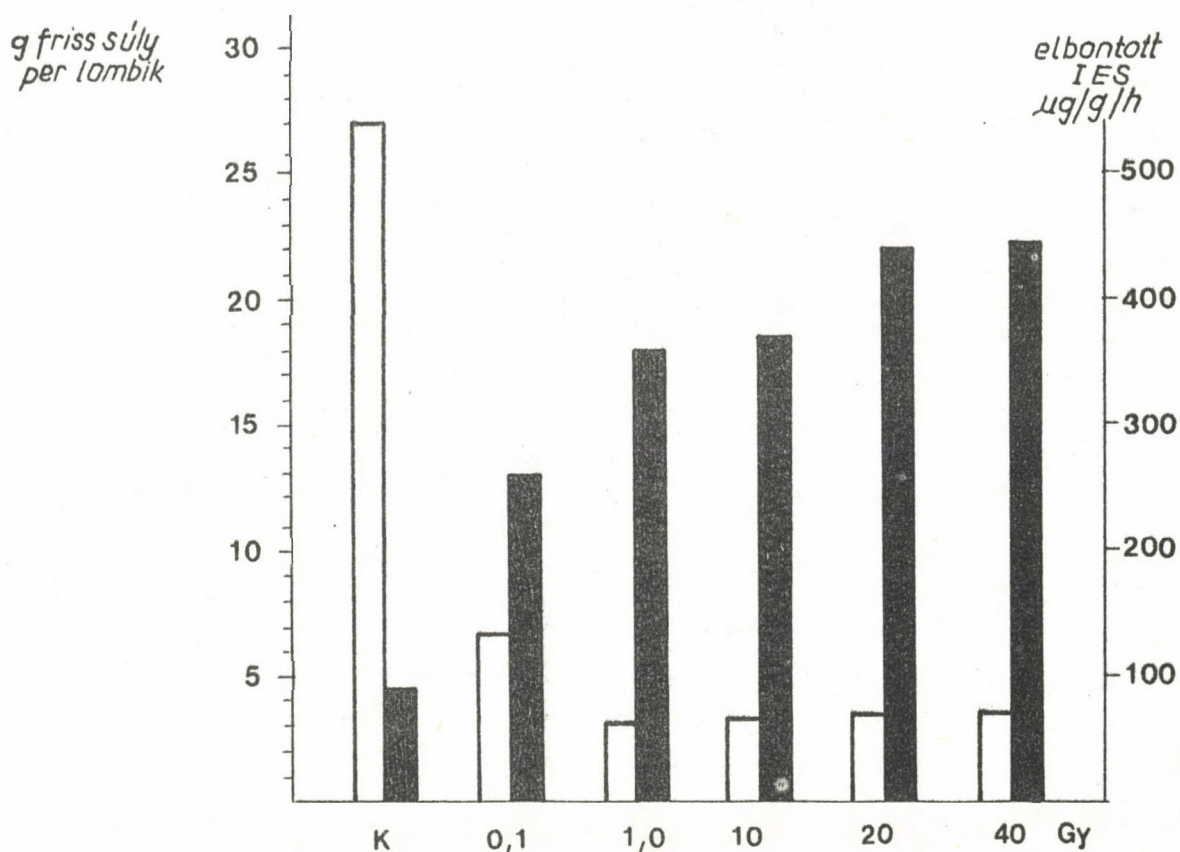
### A $\gamma$ -SUGÁRZÁS HATÁSA AUXIN AUTOTRÓF ÉS HETEROTRÓF DOHÁNY KALLUSZSZÖVET NÖVEKEDÉSÉRE

Az auxintól függő /heterotróf/ és független /autotróf/, 0,1 - 40 Gy  $\gamma$ -sugárzásnak kitett szövet növekedésének adatait az 1. ábra és az 1. táblázat tartalmazza. A sugárkezelésben nem részesült kontrollhoz viszonyított, gramm- és százalékban kifejezett növekedés az egész alkalmazott sugárdózis-tartományban erősen csökkent az auxintól függő és független szövetekben egyaránt. Növekedésserkentés nem volt kimutatható.

A növekedésgátlás mértéke a dózis növelésével telítésig nő. A százalékban kifejezett növekedésgátlás az auxin autotrófoknál kisebb dózis alkalma-

zásakor nagyobb mértékű, mint az auxin heterotróf szövetekben. Az exogén auxint tartalmazó táptalajon nőtt auxin heterotróf szövetek sugárérzékenysége kisebb sugárdózisnál tehát kisebb, mint az auxin autotrófoké.

Nagyobb dózisonál az érzékenységben mutatott különbség tendenciája úgy látszik, megváltozik. 40 Gy hatására ugyanis a kontroll százalékában kifejezett növekedés auxin heterotróf tenyészetnél jelentősen csökken, míg az autotrófé közel azonos a 20 Gy-nél kapott értékkel.



1. ábra

Auxin autotróf dohánybél-kalluszsövetek friss sulya és IES-oxidázaktivitása különböző dózisu  $\gamma$ -sugárzás hatására

□ = friss suly      ■ = elbontott IES

## 1. táblázat

Auxin heterotróf és autotróf dohánybélkallusz tenyészet friss sulya és IES-oxidázaktivitása különböző dózisu  $\gamma$ -sugárzás hatására, a kezeletlen kontroll százalékában

Dózis Gy	Heterotróf		Autotróf	
	friss suly	IES-oxidáz	friss suly	IES-oxidáz
Kontroll	100	100	100	100
0,1	54,9	98,2	25,8	179,5
1,0	47,2	159,6	11,7	242,5
10,0	19,1	321,2	11,8	319,2
20,0	18,5	361,5	14,8	319,3
40,0	11,9	401,9	14,2	336,6

A  $\gamma$ -SUGÁRZÁS HATÁSA AUXIN HETEROTRÓF ÉS AUTOTRÓF DOHÁNY KALLUSZSZÖVET IES-OXIDÁZ-AKTIVITÁSRA

A 2. ábrából és 1. táblázatból egyértelműen megállapítható, hogy a besugárzott minták IES-oxidáz-aktivitása, egy mintát kivéve, nagyobb, mint a sugárkezelés nélküli kontrollé. A sugárdózis nagysága és a növekedés mértéke általában fordítva arányos; a besugárzott kalluszok IES-oxidáz-aktivitásának a növekedésgátlással és sugárdózissal való arányossága is általában érvényesül. Az IES-oxidáz aktivitása kis sugárdózisnál abszolút értékben és százalékosan is az autotróf szövetekben nagyobb, vagyis az IES-oxidáció mértéke és a növekedésgátlás közötti arány az autotróf szövetekben más, mint a heterotróf szövetekben.

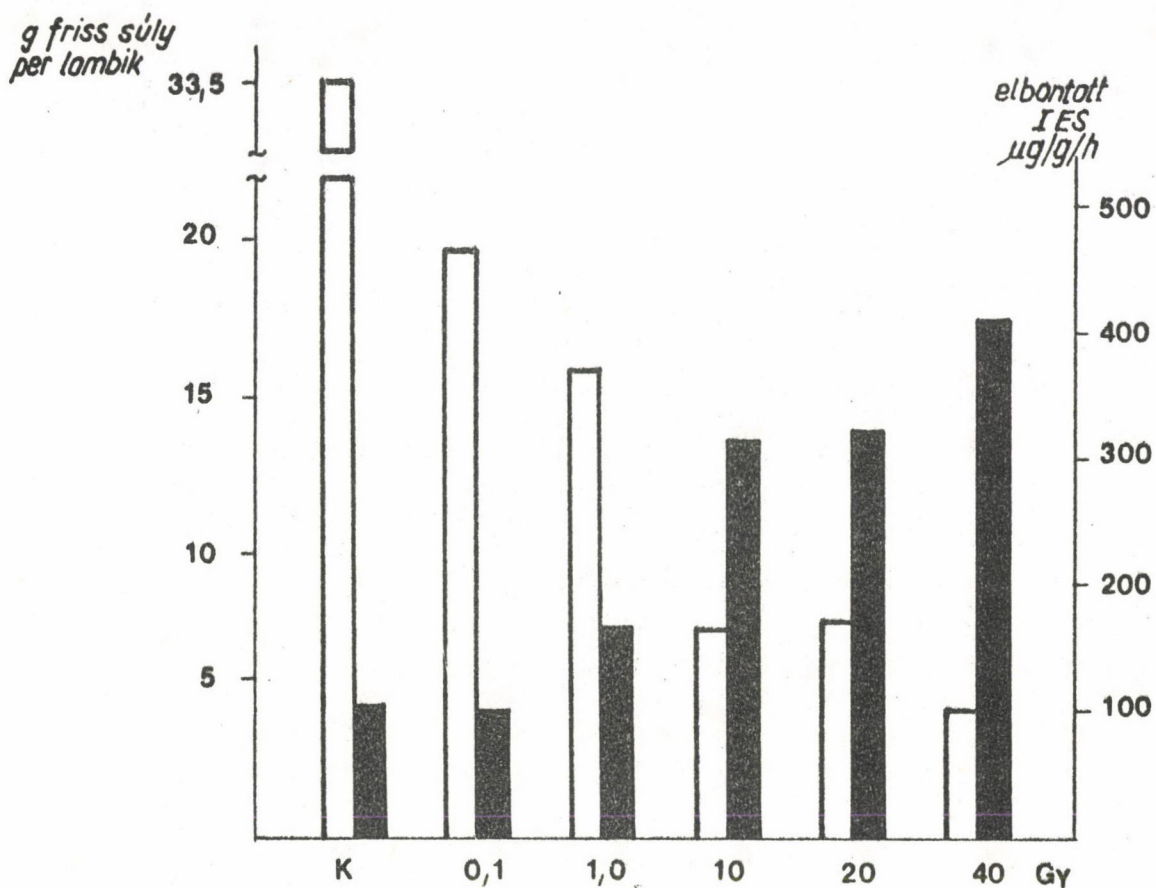
IES-NÉLKÜLI TÁPTALAJON TARTOTT,  $\gamma$ -SUGÁRZÁSSAL KEZELT HETEROTRÓF DOHÁNYKALLUSZ IES-OXIDÁZ-AKTIVITÁSA

A 3. ábra szerint sem a besugárzott kallusz, sem a kontroll lényegében véve nem növekszik; ugyanakkor a szövetek IES-oxidáz-aktivitása igen nagy. Az enzim aktivitása nem növekszik a sugárdózissal.

A NÖVEKEDÉSGÁTLÁS MÉRTÉKE ÉS A SZÖVETKIVONATOK ÁLTAL ELBONTOTT IES MENYISÉG KÖZÖTTI ARÁNY AUXIN HETEROTRÓF ÉS AUTOTRÓF KALLUSZBAN

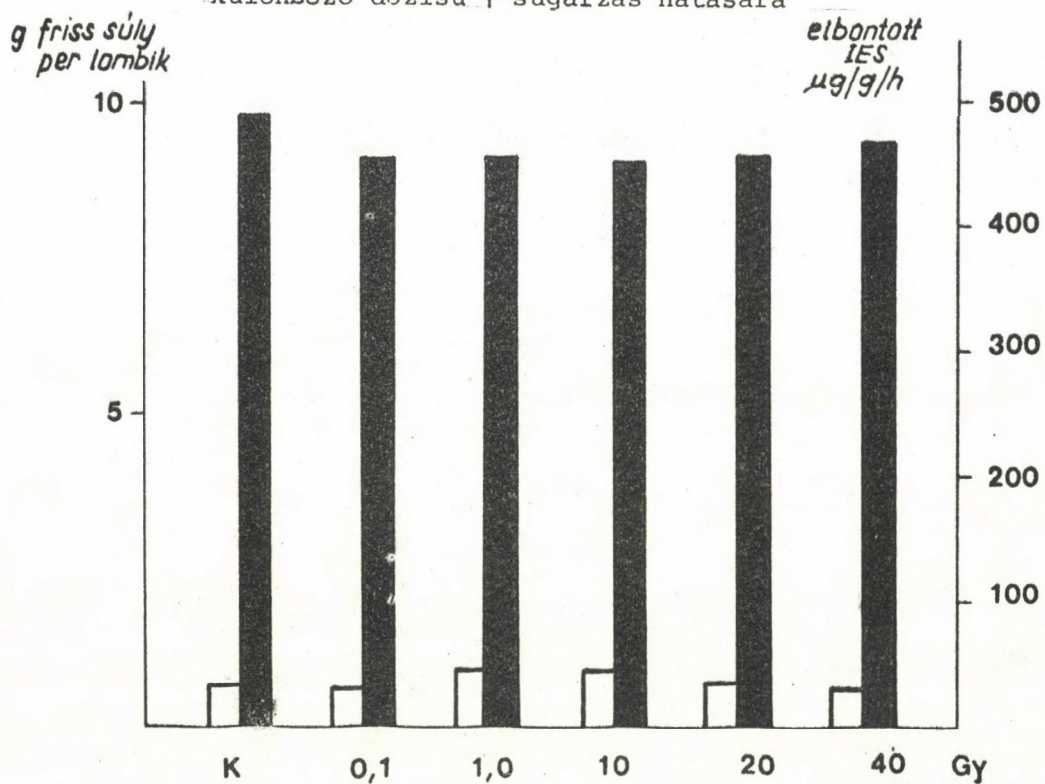
Ha a kezelt szövetek által a kontrollhoz viszonyított IES-destrukció mértékét és a vele kapcsolatos növekedésgátlást összevetjük, a 2. táblázatban feltüntetett arányszámokat kapjuk.

A hányadosok az IES-elbontásának a növekedésgátlásban való hatékonyságát fejezik ki. Az autotróf kallusznál észlelt nagyobb érték azt jelenti, hogy az IES-bontás mellett más, növekedést korlátozó hatás is jelen van az auxin autotróf kalluszban, legalábbis bizonyos sugárdózisoknál.



2. ábra

Auxin heterotróf dohánybél-kalluszsövet friss súlya és IES-oxidázaktivitása különböző dózisu  $\gamma$ -sugárzás hatására



3. ábra

Auxinmentes táptalajon tartott auxin heterotróf dohánybél-kallusz friss súlya és IES-oxidázaktivitása különböző dózisu  $\gamma$ -sugárzás hatására

## 2. táblázat

A kontrollhoz viszonyított növekedésgátlás az IES-oxidázaktivitás növekedésére vonatkoztatva, sugárkezelt kalluszsövetben

Dózis /Gy/	Heterotróf gátlás. mg friss súlyban/elbontott IES ( $\mu\text{g/g/h}$ )	Autotróf
0,1	-	413
1,0	393	364
10,0	251	276
20,0	225	267
40,0	219	255

## A KISÉRLETI EREDMÉNYEK MEGBESZÉLÉSE

Régóta feltételezik, hogy az ionizáló és egyéb sugárzások növekedésgátló hatása, közvetlenül vagy közvetve, az IES-destrukció fokozásán vagy az IES-szintézis gátlásán keresztül érvényesül<sup>4</sup>. Más vélemény szerint inkább az auxintranszport gátlása okozza a megnyulós növekedés visszatartását.<sup>9</sup>

Az eddigi vizsgálatok döntő eredményt nem hoztak. Különösen kevés a szövet- és sejtenyészetre vonatkozó adat.

Kísérleteink legfontosabb következtetése, hogy az auxin autotróf szövet  $\gamma$ -sugárzás iránti érzékenysége nagyobb, mint az auxin heterotrófé. Ez az auxinszintézisre képes kallusznál viszonylag kis dózis hatására bekövetkező erős növekedésgátlás azzal függhet össze, hogy a sugárzás nemcsak az IES lebontását, hanem szintézisét is befolyásolja, sőt egyéb, másodlagos hatások is érvényre juthatnak. Az IES-szintézist gátló hatás valószínűleg csak azért érvényesül kisebb dózisoknál, mert a nagyobbaknál az enzim destrukció olyan mértékű, hogy az válik korlátozó tényezővé az auxinszint kialakításában.

Az alkalmazott legnagyobb dózisonál a gátló hatás a heterotróf kallusz esetében további csökkenést mutat. Lehetséges, hogy ennek az auxin felvétel gátlása az oka. Ez a tényező ugyanis az auxin autotrófnál nem játszik szerepet.

A növekedésgátló  $\gamma$ -sugárzás a kísérleti eredmények szerint a dózissal arányosan növeli az *in vitro* mérhető IES-oxidáz-aktivitást, ami összhangban áll az enzim működése és az auxinszint közötti okozati összefüggésre vonatkozó elképzelésekkel.

Az IES-oxidáz  $\gamma$ -sugárzással való serkentésének mechanizmusa valószínűleg peroxi- vagy más szabad gyökök képződésén és ezeknek az IES-t oxidáló peroxidáz

izomereket aktiváló hatásán alapul. A peroxidáz izozimek egy része, amelyek IES-t is képesek oxidálni,  $H_2O_2$ -t is igényelnek működésükhöz. Vannak azonban kísérletek<sup>13</sup>, amelyek szerint a szabad gyökök száma nem áll arányban a sugárérzékenységgel. Az enzimserkentés mechanizmusában feltehetően a  $\gamma$ -sugárzás permeabilitást befolyásoló hatása is bennfoglaltatik.

A  $\gamma$ -sugárzás peroxidázokat aktiváló hatását már ismerik<sup>14, 15</sup>. Ezek összhangban vannak eredményeinkkel.

Kísérleti eredményeinkkel összeegyeztethetők azok az adatok is, amelyek exogén hormonoknak, köztük az auxinnak, sugárzás okozta növekedésgátlás ellen védő szerepét igazolják<sup>8</sup>; a heterotróf kallusz, amely exogén forrásból elegendő auxint képes felvenni, kisebb sugárérzékenységet mutat, mint az autotróf, amelynek csak endogén auxinforrása van.

#### IRODALOM

1. J. Levitt, Responses of Plants to Environmental stresses. Academic Press, New-York, 1972. 465 p.
2. E.T. Murashige, F. Skoog, *Physiol. Plant.* 15 /1962/ 473
3. R.J. Gautheret, *Année Biol.* 31 /1955/ 145
4. S.A. Gordon, R.P. Weber, *Plant Physiol.* 30 /1955/ 200
5. S.A. Gordon, *Quart. Rev. Biol.* 32 /1957/ 3
6. R. Biebl, W. Url, *Atompraxis* 14 /1968/ 302
7. Y.P. Abrol, G.S. Sirohi, S.K. Sinha, *Indian J. Exp. Biol.* 7 /1969/ 114
8. S.M. El-Aishy, S.A. Abd-Alla, M.S. El-Kredy, *Environm. Exper. Bot.* 16 /1976/
9. B. Antoszewski, V. Rangelov, N. Dzieciot, S. Bachmann, *Physiol. Plant.* 44 /1978/
10. E. Linsmayer, F. Skoog, *Physiol. Plant.* 18 /1965/ 100
11. S. A. Gordon, R.P. Weber, *Plant Physiol.* 26 /1951/ 192
12. A.W. Galston, L.Y. Dalberg, *Amer. J. Bot.* 41 /1954/ 373
13. F. Walther, A. Haug., *A. Radiat. Bot.* 13 /1973/ 19
14. M. Ogawa, J. Uritani, *Radiat. Res.* 41 /1970/ 324
15. D.L. Warfield, R.A. Nilan, R.E. Witters, *Radiat. Bot.* 15 /1975/ 423

## KOMPLEX ELJÁRÁSOK A NUKLEÁRIS KARDIOLÓGIÁBAN\*

### KRITIKAI ELEMZÉS NON-INVÁZIV MÓDSZEREKRŐL

Horváth M.

Állami Szivkórház, Balatonfüred

/Érkezett 1980. szeptember 22-én/

Irodalmi adatok és saját munkásság alapján áttekintjük a klinikai keringési állapot jellemzésére szolgáló radioizotópos és hagyományos vizsgálati módszerek kombinációját, a klinikai igény lépcsőzetességét is figyelembe véve. A balkamrai konturnak nukleáris angiográfia kapcsán végzett pontos meghatározásában a térbeli gradiens szerint pontról pontra vett korrekció statisztikai követelményeit emeljük ki, és foglalkozunk az ún. dinamikus feloldóképességgel. Tág teret szentelünk az egyszerű, ún. nukleáris sztetoszkóppal becsült ejekciós frakciónak, ejekciós és telődési sebességnek. A terhelések közül az ergometriát és a pitvari diagnosztikus ingerlést, a gyógyszerhatások közül a nitrit- és piramidolhatást tárgyaljuk, a grafikus és topografikus módszereket egyaránt tekintetbe véve. A párhuzamos módszerek közül a szivnagyság, illetve szivtérfogató röntgenárnyék alapján végzett mérésével foglalkozunk. Megemlítjük a multi-transducer és szektor-echoscan jelentőségét a regionális kamrafalmozgás elemzésében. Végül szót ejtünk az ún. háromdimenziós térképező eljárások közül a thermoscan-ről.

Комплексные методы в ядерной кардиологии  
Хорват, М.

На основе литературных данных и собственной работы делается обзор по комбинациям радиоизотопных и традиционных методов обследования, служащих для характеристики различных клинических состояний кровообращения, учитывая также и ступенчатость клинической потребности. Для точного определения контура левого желудочка подчеркиваются статистические требования коррекции по точкам по объемному градиенту, и в связи с этим упоминается и т.н. динамическая разрешающая способность. Много мест отводится ударной фракции, полученной в результате оценки т.н. ядерного стетоскопа и ударной скорости накопления. Среди нагрузок рассматриваются эргометрия, диагностическое раздражение предсердия /пейсинг/, из числа лекарственных действий рассматриваются нитритные и дипиридамольные эффекты, одинаково распространив на графические и топографические методы. Из параллельных методов затрагивается измерение объема или размера сердца на основе рентгеновской тени. Подчеркивается значение мультитрансдусерного и секторного эхо скенирования в анализе регионального движения стенки желудочка. Наконец, из т.н. трехмерных топографических методов упоминается термоскен.

Complex Methods in Nuclear Cardiology  
Horváth, M.

Based on the literature and own experience the combination of radioisotopic and classical cardiological methods, used to characterize haemodynamical pathological processes are reviewed, taking into consideration the stepwise clinical demand. The statistical requirements on the contour delineation of the left ventricle after 2-D spatial gradient are also emphasized. Broad attention is paid to the estimation of the ejection fraction of the left ventricle by the "nuclear stetoscope" and to the ejection and filling rate. From among the loads ergometry and atrial diagnostic pacing, from among drug effects the beneficial nitrite and the steal-producing dipyridamol are discussed, in connection with graphical and topographical methods. As to parallel methods heart dimension and heart volume measurements by X-ray fluoroscopy are dealt with. The importance of the multi-transducer and sector-scanning echography in the analysis of the regional contractile movement of the left ventricle are emphasized. Thermography as a 3-D imaging method is also touched upon.

A komplexitás jelentheti valamely kardiológiai /kór/-állapotnak egy vizsgálat keretében, különféle radioizotópos és hagyományos módszerekkel kapott paraméterekkel való megállapítását, de tágabb értelemben a különféle ellátási szintek igényének megfelelően összeállított diagnosztikai programokat is. Tárgítják a kört a különféle terhelésekből /ergometria, diagnosztikus pitvari ingerlés /pacing// adódó lehetőségek, és nem utolsósorban a kliniko-farmakológiai effektusok, pl. a nitritpróba vagy a dipiridamol-terhelés.

\*E közlemény az ORSI-MONT által rendezett 1980. évi kékestetői radioizotópszemináriumon elhangzott előadás nyomán készült.

A vizsgálat eredményeként minősíteni kell

- a centrális keringést /beleértve az esetleges söntöt is/,
- a balkamra kontrakciós dinamikáját /esetleg szegmentálisan is/,
- a szivizom regionalis perfuzióját, /ischaemiás zónáit/,
- miokard-nekrózis, aneurizma, hegesedés fennállását, és
- a centrális egység tagját képező tüdő perfuzióját-ventillációját.

A megítélésben kulcsfontosságú a verőtérfogat /index/, a balkamrai ejekciós frakció /EF/, a balkamra telődésére és ürülésére vonatkozó /maximális/ sebességadatok /kiemelten a  $dV/dt$  és  $-dV/dt$ /, a balkamrai konturmozgás szegmentális felbontása /segm. EF., stb./, az átlagos tüdőkeringési idő /és vértérfogat/, az effektív keringő vérmennyiség és perctérfogat aránya, söntkeringés esetén a söntölés iránya és a söntvolumen nagysága.

A nukleár-kardiológiai módszerek non-invazív voltánál fogva - természetesen a sugárterhelést figyelembe véve - mód nyílik a vizsgálat ismétléséből származó információ többlet kiaknázására, az időbeni trend követésére. Ez legszorosabban az intenzív részlegen történő monitorozásnál mutatkozik, és jó megoldás  $^{113}\text{Xe}$  intravénás injiciálása, mely egybevonat tájékoztat a jobb szivfél átáramlásáról /jobb szivfél-RKG/, a jobb felső tüdőmező felett detektált radio-thorakogram révén ezen terület kapillo-alveolaris permeabilitásáról, ventillációjáról és, az exspiratum furatos kristályon való átlélegeztetése révén, a légutak állapotáról. A tájékoztató diagnosztikus értéke elsősorban normálhoz közelálló viszonyok esetén van; kóros végeredmény esetén, amit az exspiratum önmagában is jelez, további elemzésre van szükség. Ezt nyújthatja az újabban nukleáris sztetoszkópnak nevezett eljárás, mely közeláll a radiokardiográfia és ciklográfia általunk másfél évtizeddel ezelőtt javasolt kombinációjához. A 100 perces felezési idejű  $^{113}\text{In}^m$  injiciálását már másnap meg lehet ismételni, és minimális programként megoldható a verőtérfogat és perctérfogat követése.

A kardio-rehabilitációs edzés ellenőrzésében értelemszerűen a klasszikus kardiológiai vizsgálatokkal való kombinációk /terheléses Ekg., mechanográfia /apex-KG, carotis-görbe/, mikrokatéteres véres jobbszivfél-nyomásmérés, szisztémás szisztolés és diasztolés nyomás automatizált mérése, echovizsgálat, spirometria/ kerülnek előtérbe. Radio-ciklogramból és a kamrák nyomásgörbéjéből, illetve apex KG-ből szivmunka-hurokdiagram készíthető. A radio-spirometria a pneumo-tachográfiásan regisztrált kilégzéslökettel kombinálható, együttesük "closing volume" meghatározását is lehetővé teszi.

A nukleár-kardiológiai vizsgáló módszerek diagnosztikai értéke napjainkban komoly bírálat tárgyává vált, mivel a modern szivsebészeti eljárások kapcsán szembesülnie kellett az eddig bevált véres, invazív diagnosztikai módszerek pontosságával. A szivsebészek hozzászórtak a kontraszt-angiokardiográfiánál a filmfelvételeken jól körülhatárolható és minősíthető a-, hipo- és disz-kineti-

kus képekhez, a koszorúerek jól követhető elágazásaihoz, a végdiasztolés térfogat meghatározásához, mégha ezeket a módszereket terheli is a több-kevesebb hiba /az érkaliber megítélése erősen függ a metszeti siktól; az ellipszoid model alapján történő térfogatmérésnél még bi-plan angióval is kb. 10% a többlet stb./. A műszaki fejlődés mindenesetre kedvez a nukleáris kardiológiának. A multikristályos kamera 37 MBq /1 mCi/  $^{99}\text{Tc}^m$  bolusra való érzékenysége 10-16 ezer cps, míg az egyes kristályosé 4000 cps; az előbbi "first pass" kapcsán 400 000 cps-t tud telítés nélkül detektálni. Még jobb a helyzet az ELSCINT Apex 415M digitális kamera 500 ezer/mp maximális impulzus sebességével, ami értelemszerűen javítja a "first passból" származtatott kép konturélességét, az un. inhomogén háttérkorrekciót alkalmazva. Pontról pontra kétdimenziós vektorgradienst képez, ebből amplitudó szerint négyzetes gradienst alkot normálás céljából. Schad ezen módszerével,  $^{99}\text{Tc}^m$ -mel töltött körkörös korongok segítségével, még a kollimátortávolságtól függő nagyítási tényezőt is meg tudja mérni. Ily módon a csucson lévő, 2 cm-nél kisebb aneurizmát is mert kontraszt-angio nélkül műtetre javasolni, eredményesen. Természetesen az így mért aktuális kamratérfogat más, mint a különféle modellekből kapott, nem is szólva a szívnagyság olyan meghatározásáról, melyet szükségből és egyszerűség miatt hazánkban is célszerűen gyakorolnak. Ezzel Berentey 550 ml/m<sup>2</sup> felett adja meg balkamrai aneurizma-gyanús betegek szívtérfogat-indexét. Utóbbiak nem kamratérfogatot mérnek, hanem szivárnyék alapján tájékoztatnak.

A konturmozgási zavar mértékének minősítésénél nagyon fontos az un. dinamikus feloldóképesség, ami egy élelmozdulás legkisebb detektálható mértéke:

$$\Delta x \approx \frac{1}{G} \sqrt{\left(\frac{C}{N_{\max}}\right)},$$

ahol G a térbeli gradiens, C az élen lévő x pont relatív impulzussűrűsége. Ha az  $N_{\max}$  kicsi, túl nagy a statisztikus fluktuáció kis változások kiméréséhez. A látható feloldást a fentiekben túl befolyásolja még a mátrixelem szélessége is /kb. 1/4 cm-es/. Lange és Wahl, a gradiensoperátorok zajos képekre való nagyfokú érzékenysége miatt, még un. digital optimumszűrőt is alkalmaz. Gradiensoperátoruk az un. Robert-gradiens, mely két szűrkeségi fok közt a lehető maximális abszolút differenciát hozza.

Fentiekkel azt kívántam szemléltetni, milyen gondot jelent kétdimenziós nukleáris angiokardiográfia kapcsán a balkamrai vetület automatizált exakt mérése. Természetesen ez elvégezhető "light pen" révén vizuálisan is, ami hazai komputerezált Picker-kamerával is lehetővé teszi az EF megfelelő pontosságú meghatározását. Az új SUPERSEGAMS hazai software, átlagoló ekvilibrium módszerre alkalmazva, szintén megoldja az automatizált konturkijelölést szisztolében és diasztolében /"edge-tracking"/. A kompromisszumos EF-meghatározásnak nem elsősorban a kontur kellő kiemelésével,

hanem a környezeti háttér kellő korrekciójával kell megküzdenie. Ennek egyik útja lehet ortogonális koordináták mentén az ún. interpolált háttérlevonás.

VanDyke ajánlott egyes detektorra kollimátorcserével /amit később Groch kettős gyűrűs kollimátorra módosított/ egy ágy melletti becslő EF-meghatározást  $^{113}\text{In}^m$  RKG kapcsán. Vernejoul, Mestan a "first pass" ciklikus ingadozásainak és ürülési iránytangensének egybevetésével javasolt háttér-korrekciós együtthatót, 0,63-at. Szükséghelyzetünkben mindkettőt megpróbáltuk, és a balkamrai leszálló szár legnagyobb ciklikus tagját figyelembe véve 60% fölötti normál EF-okat tudunk mérni vanDyke módszerével, saját esztergálású és bemért kollimátorainkkal. A reprodukálhatóság  $\pm 10\%$ . Másik módszerrel  $\sim 50\%$  normál értékeket kaptunk, azonban lényegesen jobb, pár %-os reprodukálhatósággal.

Adam, Tarkowska a Hoffman és Kleine és általunk /Horváth M., Horváth P./ javasolt Ekg. kapuzási elvet topográfiára kiterjesztve az ún. paraméteres scant fejlesztette ki. Kis detektorok hálózatát helyezi a sziv fölé, és az Ekg. R-hullámára szinkronizáltan finom időbontásban képez képeket a szivciklus folyamán. Az időelemzésben "időbeli simítást" végez. Az amplitudókat Fourier szerint elemzi, de fáziseltolódásokat is értékel, disz-kinézis viszonylatában. A szisztolés és diasztolés képek különbségéből értelemszerűen meghatározható az EF és a térfogat. Érdekes, és számunkra, akik a nukleáris sztetoszkóphoz hasonló megoldást /Fourier-simítást is beleértve/ korán megvalósítottunk, nagyon fontos, hogy LAO  $30^\circ$  pozícióban, egyes furatu kónikus kollimátort használva, nem tapasztaltak érzékeny geometriafüggést; EF, ejekciós sebesség és "relatív végdiasztolés térfogat" méréseikben a reprodukálhatóság 2,6, 1,5 és 0,3% volt. 0,75-nél kedvezőbb a kamera angiokardiográfiához viszonyítva az EF, kontrakciós sebesség és relációs sebesség értéke. Különösen jó volt a nukleár sztetoszkóp általuk ejekciós sebességnek /nem maximális ejekciós sebességnek/ nevezett értéke és EF közti viszonya. A végdiasztolés térfogatot relativként adják meg, mivel a háttérkorrekcióval nem sikerült a szivet a környezeti háttérből kellőképp kiemelni. Háttérként a bal szivszél mentén azt a területet fogadták el, ahol a marker már nem jelzett pulzációt. A 3 évvel ezelőtti Európai Nukleáris Medicinális Konferencián Wagner, Rigo és munkatársai, a nukleáris sztetoszkóp javasloi. /mikroprocesszoros, Bios Inc. New York gyártmány/ szintén beszámoltak szcintillációs kamerás összehasonlításról, mégpedig terhelés kapcsán. Fontos megállapításuk volt, hogy a háttér nem különbözik terheléskor és nyugalomban. Gyakorlott vizsgálókkal a korrelációs együttható 0,80 fölött volt. Mindezekhez az a saját tapasztalatunk, hogy az EF, kedvező háttér kiválasztásával, 50% közelébe emelhető. /Magunk nem pulzáló szivszél mentéről 80% körüli háttérértéket mérünk szintén/. Így a RCG volumen ekvivalenciájánál fogva alkalmas a terheléses verőtérfogat-változás abszolút értékben való kifejezésére, sőt ran-

gos nemzetközi kardiológiai folyóiratokban folyamatosan megjelenő cikkek szerint a balkamrai EF-változás /relatív/ követésére is.

Ujabban a balkamrai EF méréséhez Slutsky és munkatársai ekvilibrium időszakban nem geometrikus, nem dimenzionáltan kalibrált, volumetriás háttérkorrekcióra tettek javaslatot, jó eredménnyel.

Tisztázva most már az egyes dinamikus módszerek kritikus pontjait, ezután kerülhet sor a térképező eljárásokra. A  $^{201}\text{Tl}$  scan kapcsán a nekrozis, illetve az ischaemiás terület hideg foltként jelentkezik. Fontos differenciál-diagnosztikai körülmény a sztenokardia és miokard infarktus /AMI/ közt, hogy a vizsgálatot pár óra múlva megismételve a hideg terület eltűnik; másrészt, hogy a mérés szempontjából kedvezőtlenül kicsi jel és háttér viszony  $\sim 2:1$  miatt a szívet a környezetéből szubmaximális terheléssel lehet kiemelni, és az ilyenkor eloszlásviszony rámutat a kollaterális keringéssel nem kompenzálható ischaemiás góccokra is. A csucstáji kisebb izomtömeg miatt a megítélésben nagyobb a hamis pozitivitás veszélye, tangenciálisan megfogva 2,5 cm-nél kisebb ischaemiás terület csak mérsékelt defektusként ábrázolódik.  $^{201}\text{Tl}$  térképezéshez, a kritikus időbeli viszonyok miatt, feltétlen szcintillációs gamma-kamera szükséges. Drágaságánál fogva csak egyéb okból bizonytalan esetekben és lehetőleg komputerizált kiértékeléssel jöhet szóba /sztenokardia negatív terheléses Ekg.-val vagy normál angioval, illetve fordítva, szárblokk miatt elemezhetetlen Ekg A kontraszt-angioval való disszociáció oka az lehet, hogy elváltozás a kísérletben van /mikro-angiopathia, főleg idős cukorbetegeken/.

A  $^{131}\text{Cs}$  /illetve a rövid felezési idejű, de el nem érhető  $^{129}\text{Cs}$ / a balkamra elülső és oldalsó falán 90%-nál nagyobb pontossággal jelez krónikus ischaemiát, hegesedést, és  $^{113}\text{In}^m$  sziv vérpool szcintigráfiával kiegészítve, lefűzött aneurizmaszak-aktivitás esetén, alátámasztja az aneurizma alapos gyanuját. Legalább három irányu felvételre van szükség, hogy a különböző lokalizációju elváltozásokat fel lehessen fedezni. Diffuz hipofixáció esetén kongesztív kardio-miopathiára gyanakodhatunk.

A  $^{131}\text{Cs}$ -et a MTA Izotóp Intézetében Törkő János állította elő. A  $^{99}\text{Tc}^m$  PYP hot spot csak a balkamra elülső és oldalsó falán elhelyezkedő akut miokard infarktusból biztos; a 2. naptól kezdődően, egyéb esetben, főleg szubendokardiális folyamatnál bizonytalan. Diagnosztikus értéke megnő, ha az infarktus Ekg.-képét zavarja egyidejű szárblokk, továbbá szivmütét kapcsán, végül, és főleg mint prognosztikus jelenség, a 2. hét után is megmaradó "doughnut" formájában. Ezen gyűrűalak 40%-nál alacsonyabb regionális perfúzió esetén képződik, gyakran alakul ki belőle aneurizma, és gyakoribb a /hirtelen/ halálozás.

A különféle terhelések egyaránt kombinálhatók grafikus és topográfikus vizsgálatokkal. Ergometria kapcsán leglényegesebb a verőtérfogat és balkamrai EF alakulása. Normál körülmények közt a terhelés növekedtével mindkettő fokozatosan növekszik, ideálisan 200 W-nál kb. 20%-kal, de 150 W-ig semmiképp sem szabad csökkeniök. Diagnosztikus pitvari pacing kapcsán, mint saját vizs-

gálataink is rámutattak, sztenokardiásokon, ischaemiás szivbetegségben 120/p-nél a verőtérfogat teljesítménye letörik. A steal-jelenség kiaknázása révén újabban terjedőben van az ergometriát szükség esetén helyettesítő dipiridamol-teszt, azzal a kiegészítéssel, hogy az adott terület perfuziójáról és nem hipoxiájáról tájékoztat. Grafikus és topográfikus vizsgálatokban /beleértve a kontrasztangiot is/ egyaránt nagy értékű a nitritpróba, mely a pooling és az afterload csökkentése révén a szívet tehermentesíti. A csak reverzibilisen károsodott miokard-szegmentumokban normalizálódik, illetve javul a kontrakciós és telődési dinamika, nő a regionális EF. Radio-ciklográfiával az összeredmény mérhető, mely a reverzibilisen és irreverzibilisen károsodott szegmentumok arányától függ; mindenesetre klinikailag jelentős ischaemiás kép esetén már nyugalomban is számítani lehet a gyors telődés vagy 100 ms-ra jutó telődés csökkenésével. Aneurizmásokon jó egyezést állapítottunk meg a mechanográfiás indexek és a  $^{131}\text{Cs}$  hiány közt.

Mielőtt a nem radioizotópos vizsgálatokkal való kombinációkra rátérnék, alapvető követelményként hangsúlyozom a gyakorolt módszerek lehetőség szerinti szabványosítását, a reprodukálhatóság, az érzékenység és specificitás tisztázását, a hamis pozitivitást vagy negativitást okozó körülmények feltárását. Az érzékenység és specificitás összefüggő tulajdonságok, bizonyos fókig ellentettek, nem helyes azonban a specificitást a beteg nagyobb kockázata árán elérni, pl. Ekg.-vizsgálatnál a terhelést extrém 5 mm-es S-T süllyedésig fokozva vagy radioizotópos vizsgálatnál a megengedettnél nagyobb aktivitást adva. Az előtérben álló ischaemiás szivbetegségeknel a referenciamódszer terheléses Ekg. és a kontraszt angiokardiográfia, illetve szelektív koronariorográfia. Ezekre vonatkoztatva történik "likelihood"-analízis keretében a prevalencia és prediktív érték viszonyának megállapítása. Pl. ha egy 45 éves tünetmentes férfinél 0,1 mV-nyi nyugalmi S-T depressziót találunk /az irodalomnak megfelelő 5,5% prevalencia mellett/, akkor az ischaemiás szivbetegség valószínűsége 20%-os /1:5 arányu/. Ha a terheléses Ekg.-ja is pozitív, a "likelihood" 80%-ra nő, míg pozitív  $^{201}\text{Tl}$ -teszt esetén 98%-ra. A jól kivitelezett  $^{201}\text{Tl}$ -szcintigráfia érzékenysége 80-90% közötti, egyesek szerint nagyobb, mint az Ekg.-é, és specifikusabb is. Számos irodalmi adat szól amellet, hogy a balkamrai ejekciós frakció /EF/ 0,9 fölötti korrelációju kontraszt-angio-kardiográfia és nukleáris angio-kardiográfia kapcsán. Nem lényegtelen, hogy a nukleáris térképezéssel megállapított lokalizációk jól egyeznek az Ekg.-ből következtethető lokalizációkkal, és főleg érbetegség esetén a bal koszoruér leszálló, inter-ventrikuláris /RIVA/ vagy circumflex ellátási területén használhatók fel non-invaziv mütéti előszűrésre és posztoperatív követésre.

"Single photon" ECT-val az érzékenység 90% fölé nő, a specificitás pedig jóval meghaladja ezt.

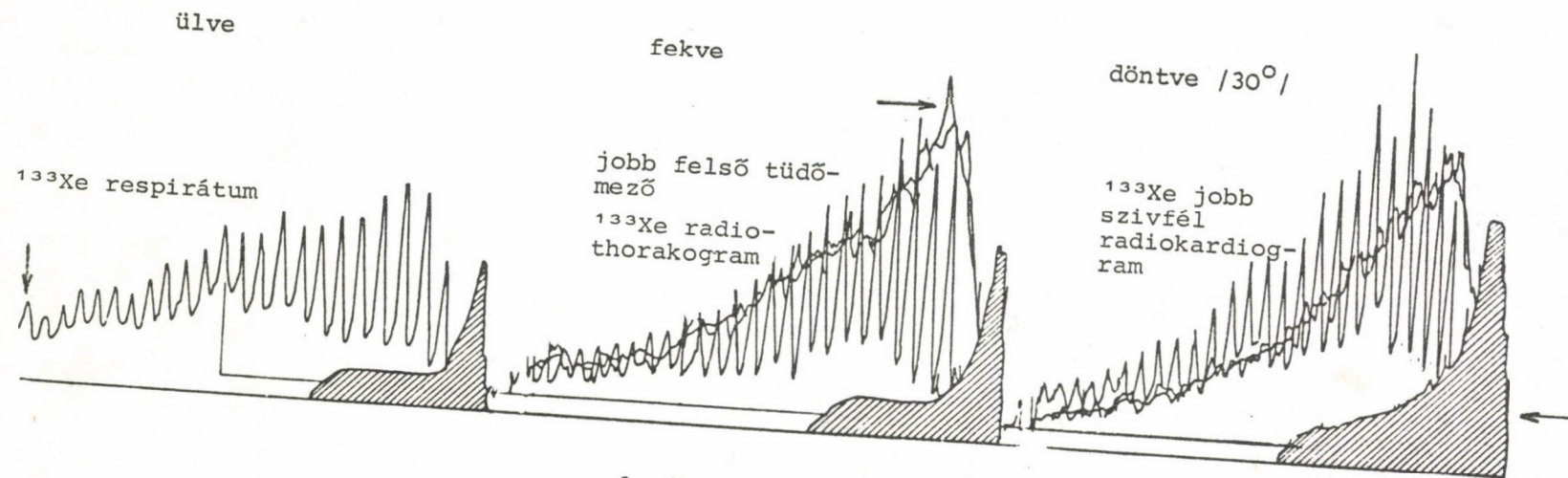
Növelhető a vizsgálat értéke 3-D TCT-eljárásokkal, bár ennek határt szab, hogy a patológiás és ép szövetek sugárgyengülési együtthatója közt kicsi a különbség, és állatkísérletben létrehozott koronáriaelzárást követően Renografin kontrasztanyag beadásával sem sikerült az ép 27,8-hoz képest a kórosra 24,0-nél kisebb együtthatót elérni. A miokardium tömegének mérésére, direkt voltánál fogva, a komputer-tomográfia látszik legmegalapozottabbnak. Az Ekg.-val való időkapuzási elvet már a negyedik generációs komputer-tomográfokra is alkalmazták. Mindez ma még experimentális terület, annál is inkább, mivel a rendszerek műszaki kontrollja nincs még úgy megoldva, mint a szcintillációs gamma-kamerás eljárásoknál /Todd-Pokropek/.

Konkurrens eljárásnak tűnik, valójában azonban kiegészítő módszer a kamrafal mozgásának elemzésében az echovizsgálat, ahogy ezt multidirekcionális echoval pl. Tours-ban is gyakorolják /Planiol, Pourcelot/. Tény, hogy kevésbé invazív, mint a radioizotópos, a szektorscan azonban nem tekinti át egészében a szívet /multi-transducer igen/. Időintervallum-hisztogrammal történő frekvenciaelemzés mélységi pontositást is nyújt. Már egyszerűbb berendezésekkel is felvehető "time-motion" görbe a mechano-kardiográfia analógiájára, és számítható a circumferentialis roströvidülés. A konturmozgás nukleáris és echos elemzése közti összehasonlításuk kedvező. Sokkal ingatagabb a térfogati kalibráció bizonytalansága miatt csupán félellipszoid modell alapján az echoval végzett kamravolumen-mérés. A falmozgás anomáliája az ischaemiás szívbetegség legkorábbi jele lehet! /korábbi, mint a globális balkamrai EF csökkenése/.

Műtét közben termográfiával jól kimutatható a nitrit hatásra vérbővítő, tehát melegebbé váló terület /Robicsek/.

A radioizotópos vizsgálatok prioritása nem ingatható meg azon területeken, ahol az anyagcserét kell dinamikusan követni, pl. a szív és agyterületek zsírsav-, illetve glukóz-anyagcseréjénél. Ez az esetek többségében ciklotrontermék radiofarmakonokat és bonyolult 3-D emissziós komputer-tomográfot igényel.

Ujólga hangsúlyozom, hogy a vizsgálati terv kialakításához kardiológiai szakismeretre van szükség, sőt, egyes módszerek máshova nem is valók, mint szív-kórházba /pl. a kardiorehabilitációs nukleáris diagnosztikus eljárások teljes spektruma/. Ha hazánkban még problematikus is teljes nukleár-diagnosztikus berendezéseknek /radio-cirkulográf vagy szcintigráf, illetve szcintillációs gamma-kamera/ intenzív részlegekbe vagy szívműtőkbe való telepítése, tápegység és detektor bevitelére és kábelen a közeli radioizotóp-laboratóriumba való jelátvitelre és -feldolgozásra már van példa. Az áramlási viszonyok követése más dilúciós eljárásokkal /termo- vagy festékdilúció/ is lehetséges, a radiokardiogram bifázisos görbéje a bent foglalt tudóinformációval azonban többet nyújt.

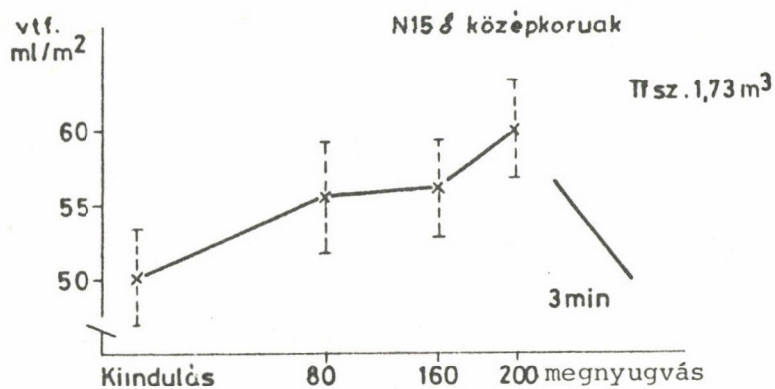


3. ábra

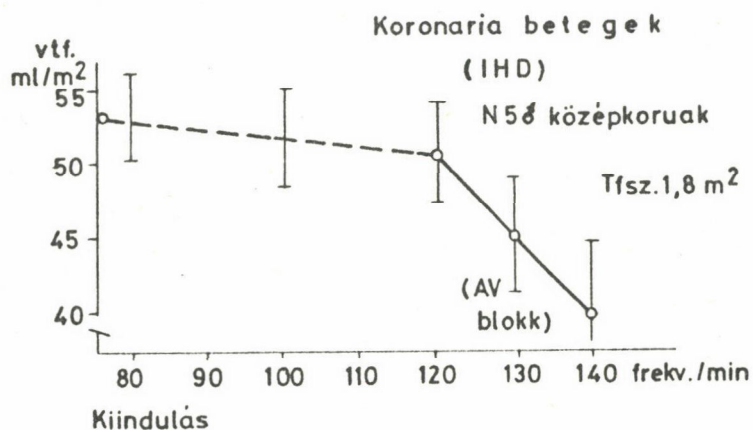
Intravénás  $^{133}\text{Xe}$ -injiciálással kivitelezett komplex kardio-respiratorikus vizsgálat /Horváth. M.  
és Erdélyi K./

A továbbiakban néhány kórformára vonatkozó vizsgálati összeállítást közlünk.

Szivbillentyűhiba sönt nélkül	effektív keringő vérmennyiség/perctérfogatindex a kompenzálttság fokának jellemzésére; verőtérfogat-index; anterograd ejekciós frakció; jobb és bal szivfél ürülési iránytangensének aránya; centrális vértérfogat disztribúciója; jobb szivfél, bal szivfél, tüdőeloszlási %; felső és alsó tüdőmezők perfuziós viszonya
Szivbillentyűhiba sönttel /főleg veleszületett hibák/	sönt-kompartmentek gamma-függvény szerinti szétválasztása, sönttérfogat mérése, sönt % meghatározása dilúció szerint /Carter/. A teljes "first transit" és sziv-ágyékidő arányából; jobb-bal sönt esetén $^{133}\text{Xe}$ bal szivfél RKG vagy az artériás vérben a tüdőn átvonult xenon kimutatása; jelzett makroaggregát kimutatása a végtag-izomzatban
Chron. cor pulmonale	jobb szivfél EF-ja, tüdőszcintigráfia; a jobbkamra izommasszája tömegesebb $^{201}\text{Tl}$ scanen
Hipertrófiás kard. miopath. /és obsztruktív/	kompenzált állapotban a balkamrai EF magas kompenzáltan is alacsony
Akut miokard infarktus /AMI/	perctérfogat csak "low cardiac output" kard. sokk-szindrómában irányadó, önmagában, egyébként verőtérfogat, balkamrai ejekciós frakció, átlagos tüdőkeringési idő, többet mondó transmuralis elülső oldalfali AMI-an 2. naptól forrófolt a $^{99}\text{Tc}^m$ PYP scanen; $^{201}\text{Tl}$ scanen irreverzibilis hideg folt $^{133}\text{Xe}$ cardio-thorako-exspiogram tájékozódás céljából
Átmenet ba	balkamrai aneurizmá-bal-kamrai EF és radiociklogramból kontrakciós dinamika; speciális réskollimátorral szegmentálisan is megkísérelhető, gamma-kamerával célszerűen pontosítható komputerprogrammal, első lépcsőben $^{131}\text{Cs}$ nyugalmi scan, kiegészítve szivvérpool-szcintigrammal, $^{99}\text{Tc}^m$ PYP scan doughnut kimutatására
Regionális miokard perfúzió	szubmaximális terhelésben készített $^{201}\text{Tl}$ scan vagy dipiridamol-hatás vizsgálata esetleg nitritpróba /de ezt olcsóbban $^{99}\text{Tc}^m$ PYP-pel végzett konturelemzés alapján is minősíteni lehet/



1. ábra  
Kerékpár-ergometria  
/fekvő testhelyzetben/



2. ábra  
Diagnosztikus pitvari pacing

A miokardiális véráramlás funkcionális térképezése;  
<sup>81</sup>Rb/<sup>81</sup>Kr<sup>m</sup> generátor  
 $t_{1/2} = 4 \text{ h } 13 \text{ s}$  / a <sup>81</sup>Rb pozitronsugárzó is/

Záródási térfogat <sup>133</sup>Xe-os radioaktív indikálással való mérése

intrakoronáriásan bejuttatott <sup>81</sup>Rb/<sup>81</sup>Kr<sup>m</sup> révén; a kvantitatív méréshez ismerni kell azon elméleti véráramlásértéket, koefficiensként megadva, mely ugyanolyan mértékre korrigálja a <sup>81</sup>Kr<sup>m</sup> eltűnését /kimosást/, mint ezen radioizotóp bomlásüteme

a kis hörgők obstruktív károsodásának legkoraibb jele. Az expirációs rezerv volumen ki nem fújható térfogata a záródási térfogat. Koordinatográf egyik csatornáján a spirométerből vett térfogatváltozást, másikon furatos kristályon átlégment <sup>133</sup>Xe-aktivitást ábrázolva, fázisosan tagolt exspirogram jelenik meg, különböző hosszúságú alveoláris plátóval, melynek megrövidülése - legalább is kvalitatíve - jelzi a záródási térfogat megnövekedését. A jelenség nagyon korfüggő.

A szerző irodalmi adatokkal készséggel áll rendelkezésre.

## AZ RK-12 TIROXIN RIA KÉSZLET ÉRZÉKENYSÉGE A KÉSZLET FELDOLGOZÁSI PARAMÉTEREINEK VÁLTOZÁSÁRA

Dévényi N.

MTA Izotóp Intézete, Budapest

/Érkezett 1980. október 31-én/

A használati utasítástól való jelentős eltérés sem vezet értékelhetetlen eredményre, ha ez az eltérés a mérés során mind a standardoknál, mind a többi szérummintánál azonos. Ellenkező esetben jelentős hiba lép fel.

Влияние изменения параметров обработки на чувствительность РИА набора тироксина RK-12 Девеньи, Н.

Даже значительное отклонение от Правил использования не ведет к неопенимым результатам если отклонение одинаково и у стандартов, и у других проб сыворотки.

The Influence of Preparation Parameters on the Reliability of the Thyroxine RIA Kit RK-12 Девеньи, Н.

Even a substantial deviation from the Instruction for Use does not lead to uninterpretable results, supposed the deviation is the same with the standards and the other serum samples. Otherwise the values will have a significant error.

### BEVEZETÉS

A 3,3',5,5'-L-tetrajód-tironin /tiroxin, T4/ biológiailag aktív jód-tironin. Mennyiségének meghatározása a pajzsmirigyműködés megítélése szempontjából rendkívül fontos. Az első erre vonatkozó mérések a szérumfehérjékhez kötött jód meghatározásán alapultak /PBI, Protein-Bound Iodine/<sup>1</sup>. 1960 körül a T4 mérésére bevezették a kompetitív fehérjekötési módszert /CPBA, Competitive Protein-Binding Assay/<sup>2</sup>, majd valamivel később, ennek továbbfejlesztéseként, a kötőfehérje céljára specifikus antitestet alkalmazó radioimmunoassayt /RIA/<sup>3,4</sup>.

A szérumtiroxin összkoncentrációjának meghatározására sokféle T4 RIA készlet van kereskedelmi forgalomban. Munkánk célja az MTA Izotóp Intézete által előállított RK-12 tiroxin RIA készlet vizsgálata abból a szempontból, hogy feldolgozása során az egyes paraméterek változtatása hogyan befolyásolja a mérési eredményt.

## A T<sub>4</sub> RIA ELVEÉS GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁSA

A meghatározás olyan telitési, egyensúlyi kémiai reakción alapul, amely-nél az egyik reagáló komponens - kötőfehérje /specifikus antitest/ - korlátozott számú kötőhelyeiért egyazon vegyület radioizotóppal jelzett és nem jelzett molekulái versenyeznek. Egyensúlyban a megkötődött jelzett molekulák mennyisége arányos a jelzetlen szubsztrát mennyiségével\*.

A mérés gyakorlati megvalósítása a szabad és antitesthez kötött antigén elválasztási módjától függően más és más lehet<sup>5</sup>. Az RK-12 tiroxin RIA készlet működésének alapja az antigén-antitest komplex polietilén-glikollal /PEG 6000/ való kicsapása és centrifugával való elválasztása az oldatban maradó szabad frakcióból. A csapadék radioaktivitása üreges NaI/Tl/ szcintillációs gamma-számlálóberendezéssel mérhető, a mért beütésszám fordítva arányos a minta tiroxintartalmával.

### AZ RK-12 T<sub>4</sub> RIA KIT FELDOLGOZÁSÁNAK VÁZLATOS MENETE

#### ELŐKÉSZÍTÉS

- Rekonstituáljuk a liofilizált puffert 10 ml desztillált vízzel, és hozzáadjuk a tracert.
- Rekonstituáljuk a tiroxin antiszérumot 5 ml desztillált vízzel.
- Rekonstituáljuk a tiroxin standardokat 0,5 - 0,5 ml, a normál kontroll szérumot 1,0 ml desztillált vízzel.

#### A MÉRÉS FOLYAMATA

##### 1. táblázat

##### A feldolgozás folyamata

reagens cső	stan- dard /μl/	minta /μl/	125-I T <sub>4</sub> /μl/	anti- szérum /μl/	VORTEX, inkubálás 2 óra, 37°C	PEG /μl/	VORTEX, centri.fug. 2000-3000 g 20 perc, felüliszó leszív.	A csapadék mérése
Készülék háttér	-	-	-	-		-		
Teljes beütésszám	-	-	200	-		-		
Standard 1-6	10	-	200	100		1000		
Kontroll szérum	-	10	200	100		1000		
Páciens szérum	-	10	200	100		1000		

A felhasznált standardok tiroxinkoncentrációja 0, 2,6, 4,9, 14,4, 20,0 és 23,0 μg/dl. Az RK-12 T<sub>4</sub> RIA kit alkalmazása esetén a normál tartomány 4 - 12 μg T<sub>4</sub>/dl.

\*A módszert, a kidolgozása során megjelent legfontosabb közlemények rövidített fordítása útján, az Izotóptechnika 1975. évi 10-11. számában ismertettük.

## A RK-12 T4 RIA KIT MEGBÍZHATÓSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A készlet feldolgozása során, pl. pipettázáskor, inkubáláskor, centrifugáláskor stb., számtalan hibalehetőség adódik. A hibák hatását kétféle módon vizsgáljuk.

1. A standardokat és a normál kontroll szérumot tökéletesen azonos körülmények között kezelve, több mérést végzünk úgy, hogy a feldolgozás során egyes paramétereket /pl. a bemért szérum mennyiségét/ adott határok között változtatunk.

A változó paramétereknek megfelelően felveszünk egy-egy standard görbét, és a standardokkal együtt kezelt normál kontroll szérumok T4-koncentrációját a megfelelő standard görbéről leolvassuk. Megvizsgáljuk, hogy a normál kontroll szérumokra kapott értékek csak statisztikai szórást mutatnak-e, vagy a vizsgált paraméter változásával összefüggésben állnak. Így az állandó hibák hatásáról /pl. rossz pipettakalibráció/ kapunk felvilágosítást.

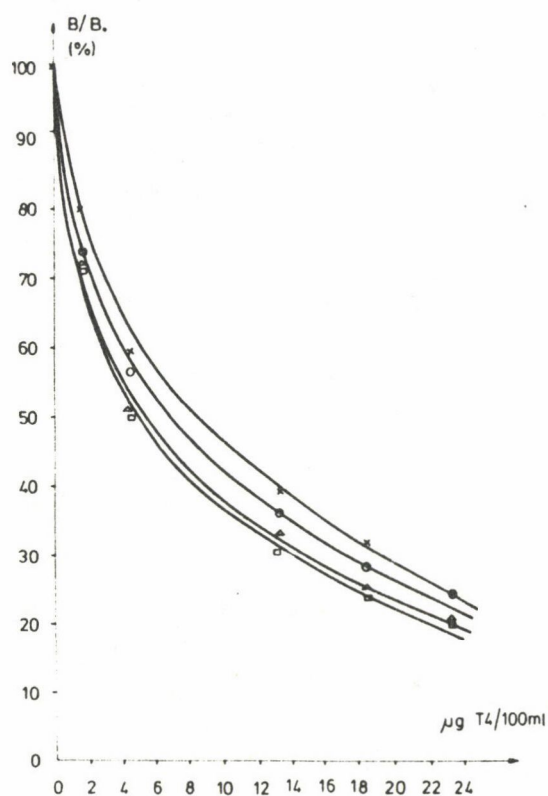
2. Modellezzük azt az esetet, amikor a normál kontroll szérumot a standardoktól eltérő módon kezeljük /pl. más a bemért standard és más a bemért normál kontroll szérum térfogata/: az összes, eltérő paraméterekkel kezelt normál kontroll szérum adatait arról a standard görbéről olvassuk le, amelyet a kit feldolgozási előírása szerint kapunk.

Munkánk során a következő paraméterek változtatásának hatását figyeltük meg a fenti szempontok szerint:

- a bemért szérum mennyisége
- a bemért antiszérum mennyisége
- a tracer mennyisége és "életkora"
- higitás pufferrel
  - az ANS mennyisége
  - a higitás veronál pufferrel
- az inkubálás ideje
- az inkubálás hőmérséklete
- a csapadék leszívásának módja
- a csapadék kimosása.

### A BEMÉRT SZÉRUM MENNYISÉGÉNEK HATÁSA

A standard és normál kontroll szérum térfogatát 5,0, 7,5, 10,0 és 12,5  $\mu$ l-nek választottuk, az előírt bemérés 10  $\mu$ l. Felvettük a négy standard görbét /1. ábra/. Látható, hogy a nagyobb bemérés esetén a görbe meredeksége nagyobb.



1. ábra

A bemért szérumszámjának hatása

x: 5,0 µl, o: 7,5 µl, Δ: 10,0 µl,

□: 12,5 µl

Ez azonban nem befolyásolja a mérés eredményét; minden standard görbéről ugyanaz a tiroxinkoncentráció olvasható le /2. táblázat/. Ebből látható, hogy ha a standard, kontroll és páciens szérumszámjánál rendszeres hibát ejtünk /pl. rossz a pipetta kalibrálása, és 10 µl helyett mindig pl. 9 µl-t mérünk/, még mindig helyes eredményhez jutunk.

Abban az esetben, amikor egy sorozatmérésen belül változik a bemért szérumszámja /pl. pipettát váltunk, amelyik pl. 10 µl helyett 11 µl-t mér/, már jelentősebb a hiba. A 2. ábrán látható, hogy a 10 µl szérumszámjával kapott standard görbéről olvasva vissza rendre az 5,0, 7,5, 10,0, 12,5 µl normál kontroll szérumszámra kapott  $B/B_0$  értéket, a  $T_4$  koncentráció jelentősen változik /a beméréssel arányosan növekszik/. A  $B_0/T$  a szérumszámjától független.

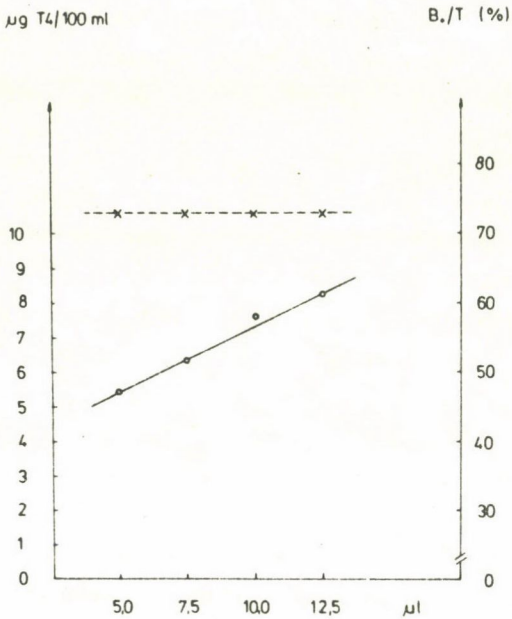
2. táblázat

A bemért szérumszámjának hatása

a bemért standard és kontroll szérumszámja /µl/	Normál kontroll $T_4$ konc. /µg/dl/	$B_0/T$ /‰/
5,0	7,6	73,1
7,5	7,5	73,3
10,0	7,6	73,7
12,5	7,6	72,9

## AZ ANTISZÉRUM MENNYISÉGÉNEK HATÁSA

Az antiszérum mennyiségét 80, 90, 100, 110  $\mu\text{l}$ -nek választottuk. A 3. ábra standard görbéi mutatják, hogy a standard görbe meredeksége csak kis mértékben függ az antiszérum mennyiségétől ebben a mérési tartományban. A normál kontroll szérumra a mérés szokásos hibáján belül azonos értékeket kaptunk /3. táblázat/.



2. ábra

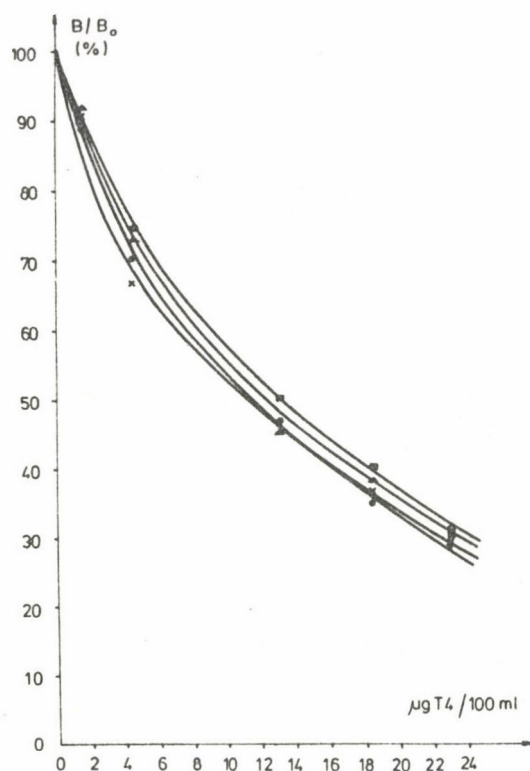
A bemért szérum mennyiségének hatása  
x: B/T, o: a különböző mennyiségben bemért normál kontroll szérumok tiroxinkoncentrációja az előírás szerint készült /10  $\mu\text{l}$  szérum/ standard görbéről leolvasva

Nem változik a kontroll szérumra kapott T4 szint akkor sem, ha rendre a 100  $\mu\text{l}$  /technológia szerinti/ antiszérum beméréssel kapott standard görbéről olvassuk vissza /4. ábra/, ugyanis az antiszérum mennyiségének változásával nem változik a rajta megkötődött aktív és inaktív tiroxin aránya, illetve a  $B/B_0$  érték. Az antiszérum bemérésekor tehát akár rendszeresen, azonos mértékben, akár véletlenszerűen elkövetett néhány százalékos bemérési hiba még nem vezet hamis eredményre.

3. táblázat

Az antiszérum mennyiségének hatása

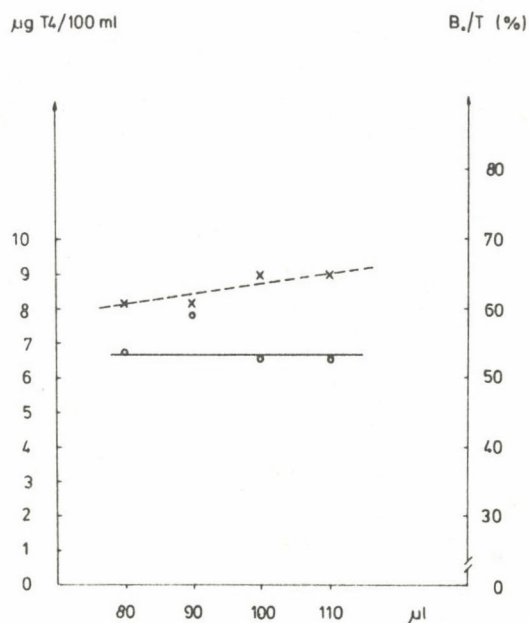
Bemért antiszérum / $\mu\text{l}$ /	Normál kontroll T4 konc. / $\mu\text{g}/\text{dl}$ /	$B_0/T$ / % /
80	6,2	61,2
90	7,1	62,0
100	6,6	65,3
110	7,0	65,3



3. ábra

A bemért antiszérum mennyiségének hatása

x: 80  $\mu$ l, o: 90  $\mu$ l, ▲: 100  $\mu$ l, ■: 110  $\mu$ l



4. ábra

A bemért antiszérum mennyiségének hatása

x:  $B_0/T$ , o: a különböző mennyiségű antiszérum jelenlétében mért normál kontroll szérumok tiroxinkoncentrációja az előírás szerint készült /100  $\mu$ l antiszérum/ standard görbéről leolvasva

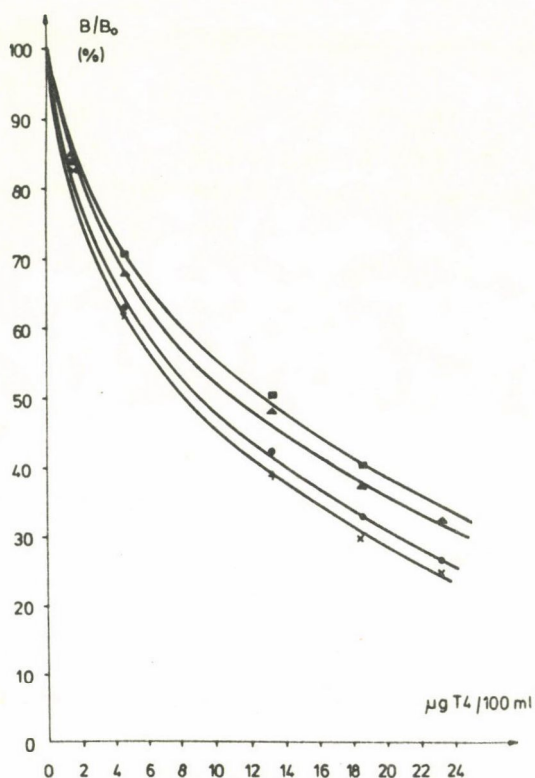
#### A REAKCIÓELEGY HIGITÁSÁNAK HATÁSA

##### Higitás a kit feldolgozásánál használt pufferrel

Az eredetileg 310  $\mu$ l reakcióelegyet 100, 200, 300  $\mu$ l pufferrel higitottuk a T4 RIA kit feldolgozásakor, így az össztérfogat a következő módon változott: 310, 410, 510, 610  $\mu$ l. A mérés érzékenységét nagymértékben befolyásolta a higitás; a legnagyobb higitásnál legkisebb az érzékenység /5. ábra/. A kontroll szérumokra mért érték csak a szokásos szórást mutatja /4. táblázat/.

Ha a higitás nélkül, szokásos módon felvett standard görbéről olvassuk le a higitott normál kontrollszérumra kapott  $B/B_0$  értéket, a higitás növelésével csökkenő tiroxinkoncentrációt kapunk. A kötés mértéke is jelentősen csökken növekvő higitásnál /6. ábra/. Ezek a hatások nem magyarázhatók csupán a rendszer térfogatának változásával, hanem sokkal inkább a puffer és a szérum

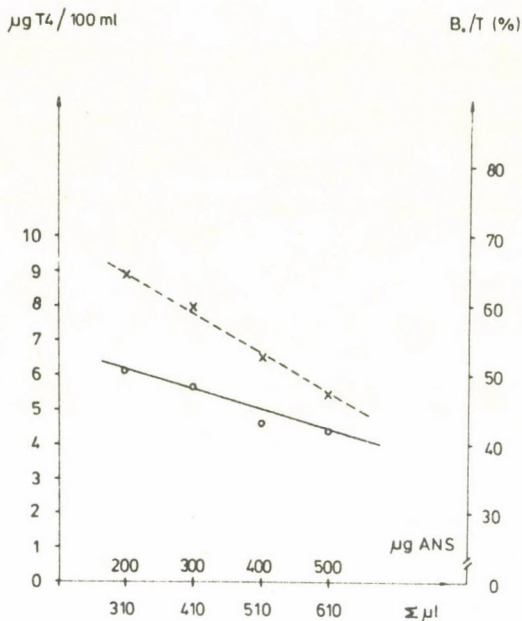
komponensei arányának változásával. A puffer komponensei közül megvizsgáltuk a tiroxin TBG-ről /Thyroxine Binding Globulin/ való kiszorítását elősegítő 8-anilin-1-naftalin-szulfonsav /ANS/ hatását. A tulajdonképpeni térfogatváltozás hatását veronál pufferrel vizsgáltuk, egyéb adalékok alkalmazása nélkül.



5. ábra

A tiroxin meghatározásánál használt pufferrel való higitás hatása

- x: higitás nélkül /össztérfogat: 310 µl/,
- : +100 µl /össztérfogat: 410 µl/,
- Δ: +200 µl /össztérfogat: 510 µl/,
- : +300 µl /össztérfogat: 610 µl/.



6. ábra

A tiroxin meghatározásánál használt pufferrel való higitás hatása

x:  $B_0/T$ , o: a különböző mértékben higitott normál kontroll szérumok tiroxinkoncentrációja az előírás szerint készült standard görbéről leolvasva. Feltüntettük a pufferben lévő ANS mennyiségét is egy csőre vonatkoztatva

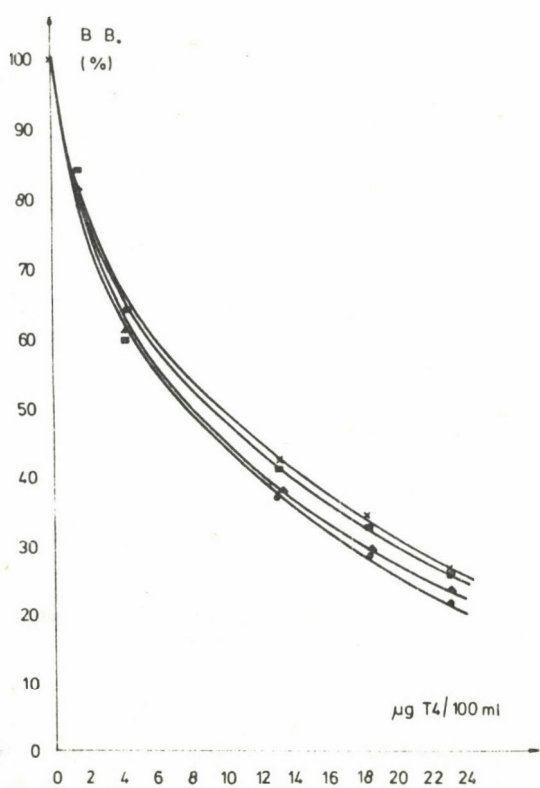
4. táblázat

A pufferrel való higitás hatása

Higitás /µl/	Össztérfogat/cső /µl/	ANS menny. /µg/cső/	Normál kontroll T4 konc. /µg/dl/	$B_0/T$ / % /
0	310	200	6,5	64,2
100	410	300	6,4	59,9
200	510	400	6,8	52,4
300	610	500	7,4	47,6

### Az ANS mennyiségének hatása

Az ANS mennyiségét 0, 100, 200, 400, 800  $\mu\text{g}$ -nak választottuk csövenként /a technológia szerinti mennyiség 200  $\mu\text{g}$ /. A standard görbe meredeksége akkor a legkisebb, amikor nincs jelen ANS /7. ábra/. Az a tény, hogy a meredekség csak igen kis mértékben tér el a többi görbe meredekségétől, az antiszérum jó kötési tulajdonságaira utal. A 800  $\mu\text{g}$  ANS bemérésével készült standard görbe meredeksége az előzőhöz hasonló; ennek oka az lehet, hogy nagy koncentrációban az ANS gátolhatja a tiroxin kötődését az antitesthez. Ezt alátámasztja, hogy a kötődés mértéke ebben az esetben kisebb /5. táblázat és 8. ábra/. A normál kontroll szérumokra kapott tiroxinkoncentráció a két szélső esetben /0  $\mu\text{g}$ , illetve 800  $\mu\text{g}$  ANS/ kicsit eltér, de a másik három bemérés esetén megegyezik.



7. ábra

Az ANS mennyiségének hatása

x: 0  $\mu\text{g}/\text{cső}$ , ●: 100 és 200  $\mu\text{g}/\text{cső}$ ,  
▲: 400  $\mu\text{g}/\text{cső}$ , ■: 800  $\mu\text{g}/\text{cső}$

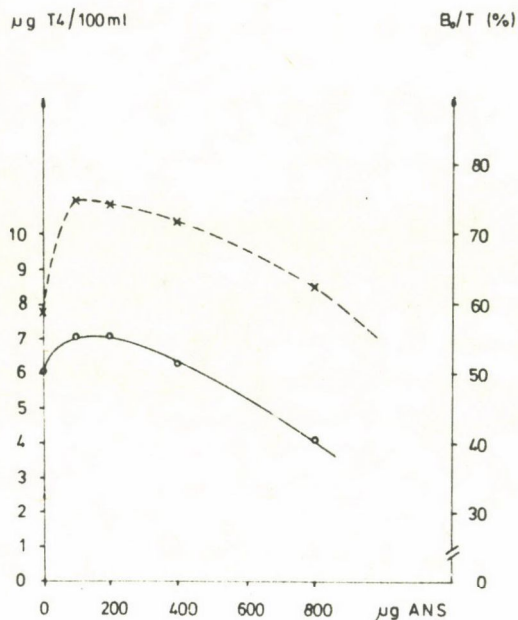
5. táblázat

Az ANS mennyiségének hatása

Az ANS mennyisége / $\mu\text{g}/\text{cső}/$	Normál kontroll / $\mu\text{g}/\text{dl}/$	$B_0/T$ /‰/
0	7,8	59,3
100	7,1	74,6
200	7,1	74,5
400	6,9	72,1
800	6,1	62,7

Ha a normál technológia /200  $\mu\text{g}$  ANS/  
/cső/ szerint készült standard görbéről olvassuk vissza rendre a különféle ANS-beméréssel készült normál kontroll szérumok  $B/B_0$  értékét /8. ábra/, látható, hogy a nagy ANS-koncentráció esetén a mért T<sub>4</sub>-tartalom csökken. Ez szintén azzal magyarázható, hogy az ANS gátolja a tiroxin kötődését az antiszérumhoz.

Összefoglalóan megállapítjuk, hogy az ANS-koncentráció elég széles /100 - 400  $\mu\text{g}$  ANS/cső/ tartományban változhat a mérési eredmény változása nélkül.



8. ábra

Az ANS mennyiségének hatása

x: B/T, o: a különböző mennyiségű ANS jelenlétében mért normál kontroll szérumok tiroxinkoncentrációja az előírás szerint /200 µg ANS/cső készült standard görbéről

6. táblázat

A veronál pufferrel való higitás hatása

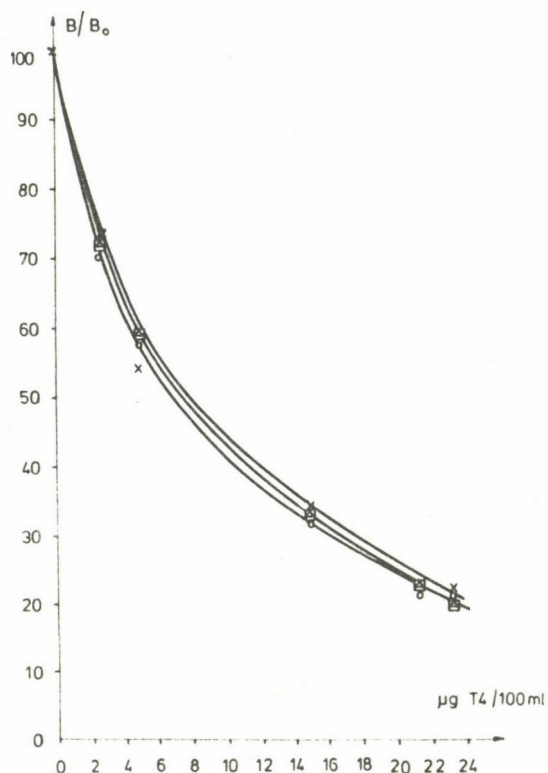
Higitás veronál pufferrel /µl/	Normál kontroll /µg/dl/	B <sub>o</sub> /T [%/]
0	7,4	66,9
100	7,2	69,5
200	7,4	67,5
300	7,2	64,9

#### A TRACER /<sup>125</sup>I-T4/ HATÁSA

Vizsgáltuk a B<sub>o</sub>/T és a 6. standard B/B<sub>o</sub> értékét a tracer gyártása óta eltelt idő függvényében /11. ábra/. A B<sub>o</sub>/T lassu csökkenést mutat az idő növekedésével, a 6. standard B/B<sub>o</sub> értéke /amely meghatározza a standard görbe meredekségét/ azonban a vizs-

#### Higitás veronál pufferrel

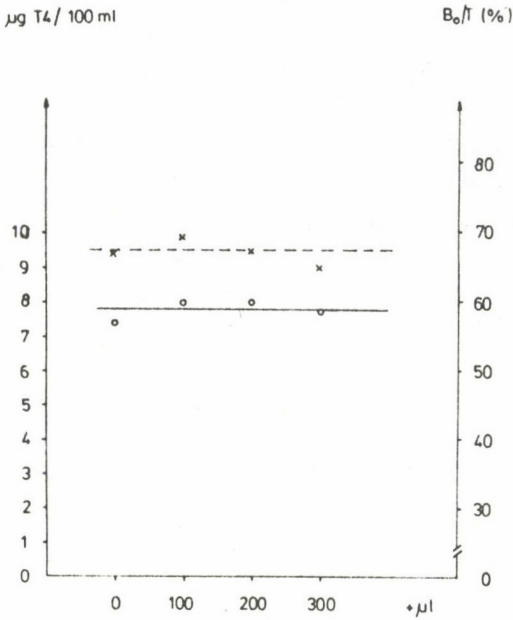
A 310 µl térfogatú reakcióelegyet 100, 200, 300 µl veronál pufferrel /pH=8,6/ higitottuk; az össztérfogat így 310, 410, 510, 610 µl lett. A standard görbékéből /9. ábra/ és a kétféle módon leolvasott normál kontroll értékekből /6. táblázat és 10. ábra/ látható, hogy a térfogat változásának ebben a vizsgált tartományban nincs lényeges hatása a mérési eredményre. A kit feldolgozásánál használt pufferrel végzett higitásnál leírt hatások /218.o./ nem az össztérfogat változásának, hanem elsősorban az ANS-mennyiség változásának tulajdoníthatók, ezért egyeznek jól a 6. és a 8. ábrán látható görbék a megfelelő tartományban.



9. ábra

A veronál pufferrel való higitás hatása

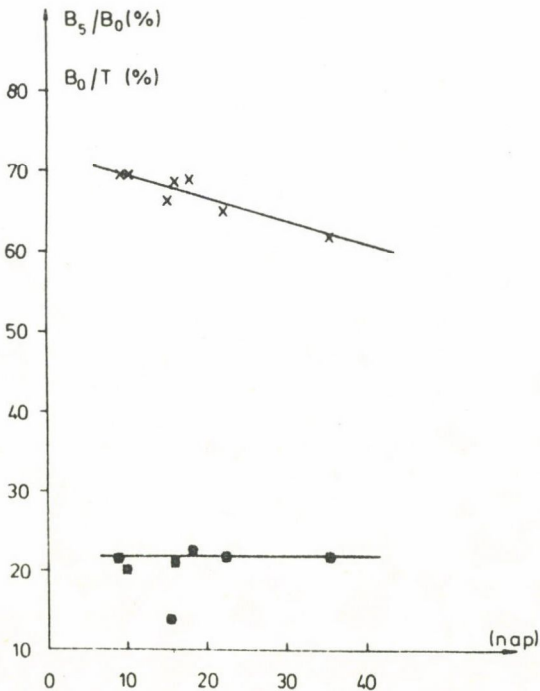
x: higitás nélkül /össztérfogat: 310 µl/,  
o: +100 µl /össztérfogat: 410 µl/,  
Δ: +200 µl /össztérfogat: 510 µl/,  
□: +300 µl /össztérfogat: 610 µl/.



10. ábra

A veronál pufferrel való higitás hatása

x:  $B_0/T$ , o: a különböző mennyiségű veronál pufferrel higitott normál kontroll szérumok tiroxinkoncentrációja az előírás szerint készült standard görbéről leolvasva



11. ábra

A tracer "életkorának" hatása

x:  $B_0/T$ , •: a 6. standard  $B/B_0$  értéke

gált tartományban független a tracer "életkorától". A mérés során alkalmazott teljes beütésszám és a  $B_0/T$ , valamint a 6. standard  $B/B_0$  értéke közti összefüggés a 12. ábrán látható. Az előbbi enyhe csökkenést, az utóbbi enyhe növekedést mutat, de a szokásos tartományban /20 000 - 30 000 cpm/ gyakorlatilag állandónak tekinthető.

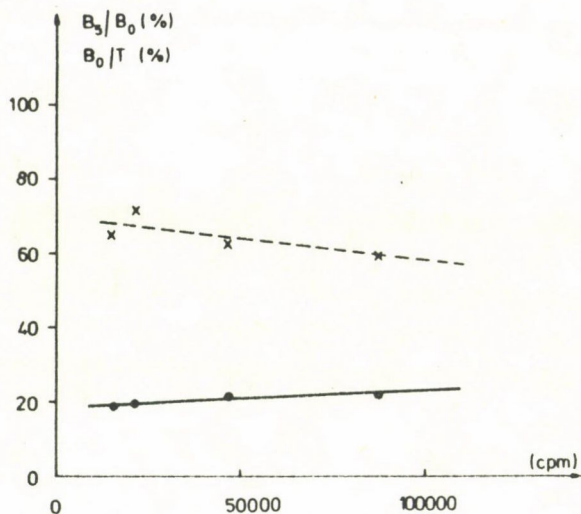
AZ INKUBÁLÁSI IDŐ HATÁSA

Kinetikai vizsgálatok mutatják, hogy az antigén-antitest komplex képződése 37°C-on kb. 90 perc alatt éri el az egyensúlyi állapotot /13. ábra/. Ezt mutatja a  $B_0/T$  időbeli változása is /15. ábra/. A rövidebb reakcióidővel készült standard görbék meredekebben futnak, az érzékenység látszólag nagyobb /14. ábra/. A normál kontroll szérumok T4-koncentrációja ebben az időtartományban a szokásosnál nagyobb szórást mutat /7. táblázat/. Ha a normál kontroll szérumokat a standardoktól eltérően rövid ideig inkubáljuk, és a normál standard görbéről olvassuk le a T4 koncentráció értékét, hibás eredményt kapunk /15. ábra/.

7. táblázat

Az inkubálási idő hatása

Inkubálási idő /h/	Normál kontroll T4 konc. /µg/dl/	$B_0/T$ /%/
1/4	7,9	67,4
3/4	8,8	69,9
2	7,2	70,8
22	7,6	70,8



12. ábra

A tracer mennyiségének hatása  
 x:  $B_0/T$ , •: a 6. standard  $B/B_0$   
 értéke

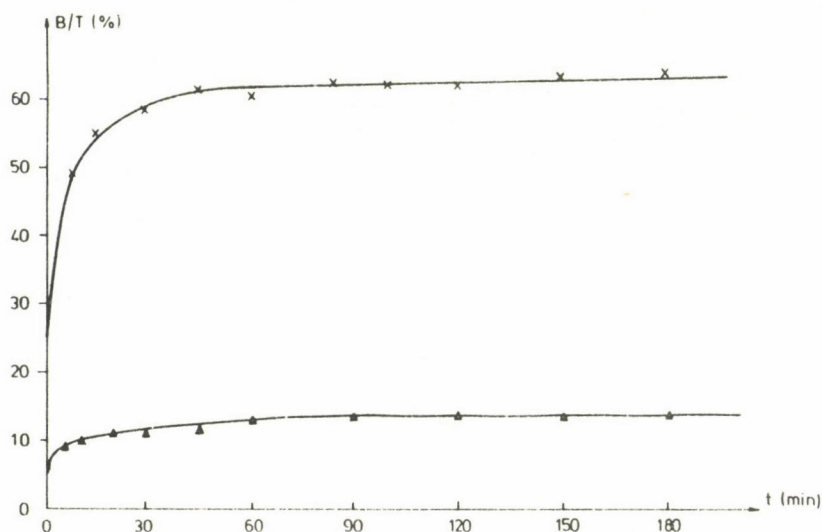
## AZ INKUBÁLÁSI HŐMÉRSÉKLET HATÁSA

Az inkubálási hőmérséklet 24, 37 és 43°C volt. A normál kontroll szérumoknál a különböző hőmérsékleten hasonló értéket mértünk /8. táblázat, 16. ábra/. Ügyelni kell rá, hogy a standard, kontroll és páciens szérumot szigorúan azonos hőmérsékleten inkubáljuk, különben hibás eredményhez jutunk /17. ábra/. Magasabb hőmérsékleten a kötés mértéke  $B_0/T$  is csökken /17. ábra/.

8. táblázat

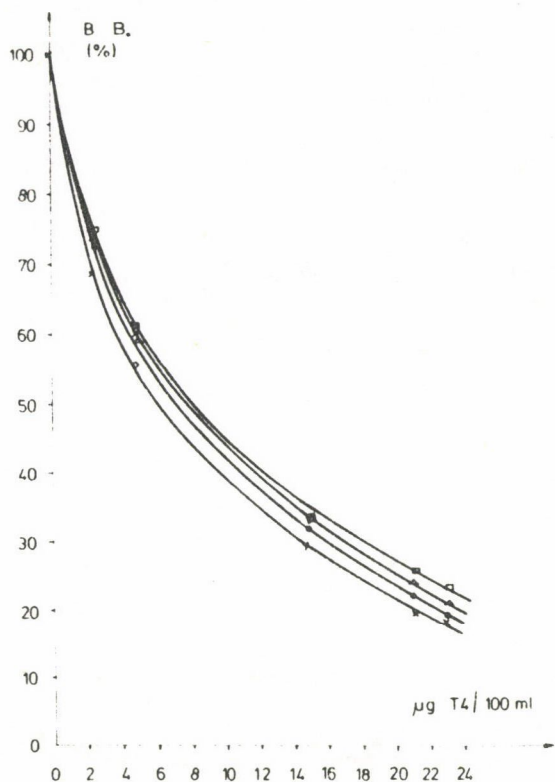
Az inkubáció hőmérsékletének hatás

Inkubálási hőm. /°C/	Normál kontroll T4 konc. /µg/dl/	$B_0/T$ /%/
24	8,0	70,4
37	7,8	69,8
43	8,2	62,3



13. ábra

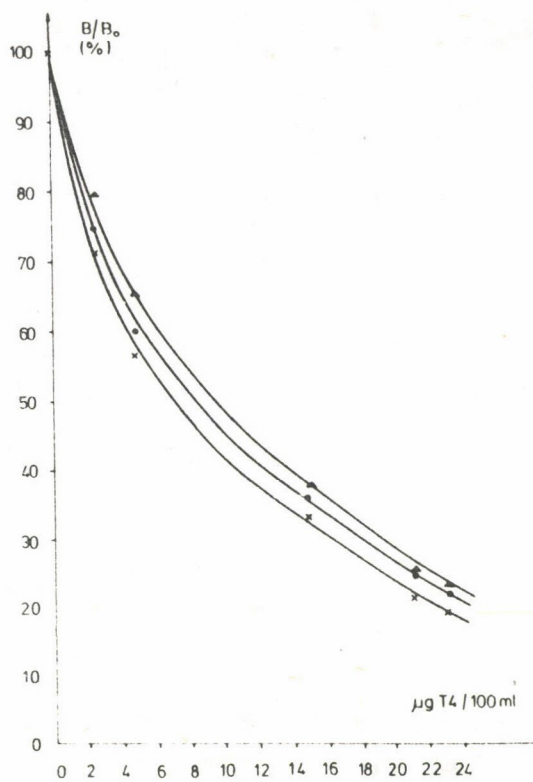
A tiroxin-antitest komplex kialakulásának időbeli lefutása 37°C-on  
 x:  $^{125}\text{I-T4}$  és antiszérum reakciója, ▲:  $^{125}\text{I-T4}$ , T4 és antiszérum  
 reakciója



14. ábra

Az inkubálási idő hatása

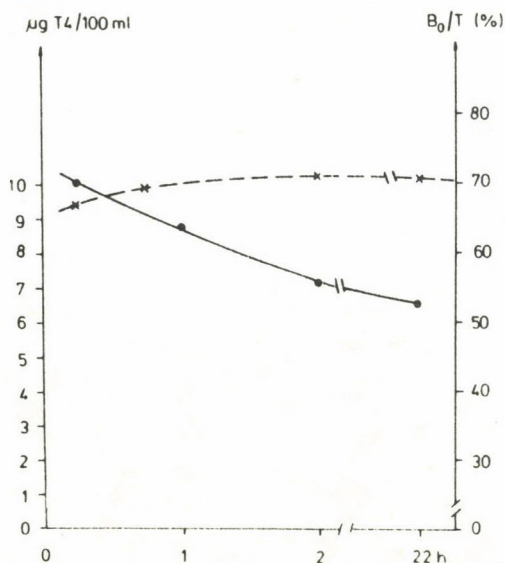
x: 15 min, o: 45 min, Δ: 2 h, □: 22 h



16. ábra

Az inkubálási hőmérséklet hatása

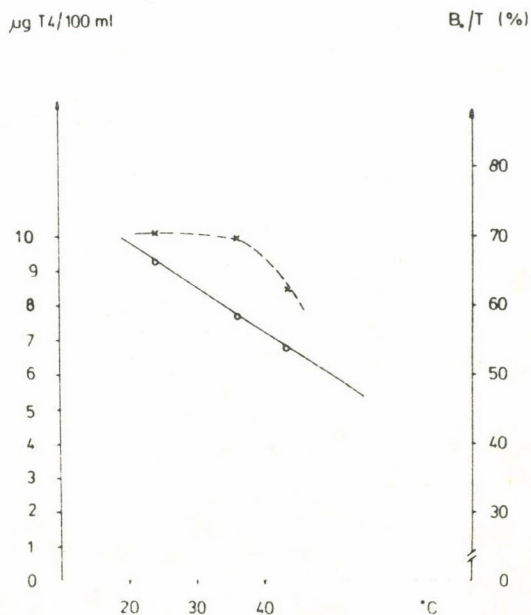
x: 24°C, ●: 37°C, ▲: 43°C



15. ábra

Az inkubálási idő hatása

x:  $B_0/T$ , ●: a különböző ideig inkubált normál kontroll szérumok tiroxinkoncentrációja az előírás szerint /2 óra inkubálás/ készült standard görbéről leolvasva



17. ábra

Az inkubálási hőmérséklet hatása

x:  $B_0/T$ , o: a különböző hőmérsékleten inkubált normál kontroll szérumok tiroxinkoncentrációja az előírás szerint /inkubálás: 37°C/ készült standard görbéről leolvasva

## A CENTRIFUGÁLÁS UTÁN A CSAPADÉK ÉS A FELÜLSZÓ ELVÁLASZTÁSI MÓDJÁNAK HATÁSA

A tiroxin-antitest komplex PEG hatására kicsapódik. A csapadék és felüluszó tökéletes elválasztása fontos a helyes mérés szempontjából. Kísérleteink során először a szokásos módon, vizsugárszivattyúval távolítottuk el a felüluszót úgy, hogy a cső faláról is leszivattuk a folyadékcseppeket, másodsor csak egyszerűen leöntöttük a folyadékfázist, és a cső széléről szűrőpapírral itattuk le a cseppeket. Ebben az esetben a csapadékon maradt egy kevés folyadék. A leszívás módja erősen befolyásolja a standard görbét /18. ábra/, a felüluszó tökéletes eltávolítása után jobban lecsökken az utolsó standardok  $B/B_0$  értéke, és meredekebb a görbe lefutása, mint a másik esetben. Ha a kontroll szérum és a standardok leszivatása azonos módon történik, a leszívás módja nem befolyásolja lényegesen a kontroll szérumnál mért T4-koncentrációt /9. táblázat/. Ha azonban a standardokat tökéletesen leszivatjuk, a kontrollt viszont nem, a kontroll szérumnál  $6,1 \mu\text{g/dl}$  T4 koncentrációt mérünk, fordított esetben /a kontroll alapos leszivatása, a standardokról csak leöntve a felüluszót/ ugyanannál a normál szérumnál már  $9,1 \mu\text{g/dl}$  T4 koncentrációt mérünk. A standard görbe lefutását még meredekebbé tehetjük /azaz a standardok  $B/B_0$  értékét tovább csökkenthetjük/, ha a felüluszó eltávolítása után a csapadékot PEG-gel kimossuk, és újra centrifugáljuk /18. ábra, szaggatott vonallal rajzolt görbék/. Az így kapott mérési eredmény a kontroll szérumokra vonatkozóan a szokásos szóráson belül megegyezik azokkal az értékekkel, amelyeket a csapadék kimosása nélkül mértünk.

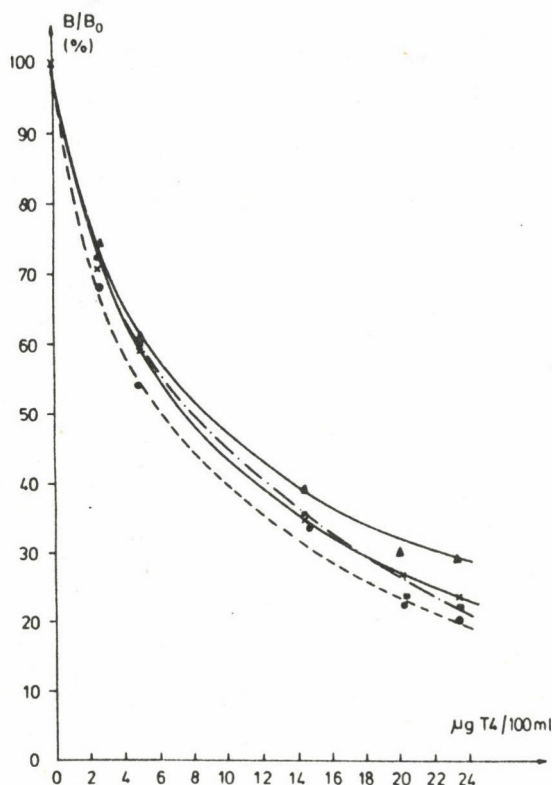
## 9. táblázat

A felüluszó eltávolításának és a csapadék kimosásának /PEG/ hatása

A felüluszó eltávolítási módja	Normál kontroll T4 konc. / $\mu\text{g/dl}$ /	$B_0/T$ / % /
leszívás vizsugárszivattyúval	7,6	64,5
leöntés	7,1	64,9
leszívás + PEG mosás	7,8	58,6
leöntés + PEG mosás	7,7	58,5

## ÉRTÉKELÉS

Megvizsgáltuk, hogy az RK-12 T4 RIA kit feldolgozása során az egyes paraméterek változása miképpen befolyásolja a mérési eredményt.



18. ábra

Centrifugálás után a csapadék és a felüluszó elválasztási módjának hatása

x: a felüluszó leszivása vizsugárszivattyúval, a cső faláról is, ▲: a felüluszó leöntése, a cső peremén lévő folyadékcseppek leitatása szűrőpapírral, ●: a felüluszó leszivása és a csapadék mosása PEG-gel, ■: a felüluszó leöntése és a csapadék mosása PEG-gel

- f/ A tracer "életkorával" a  $B_0/T$  érték lassu, nem jelentős csökkenést mutat /kb. 10%/hónap/, a  $B/B_0$  érték azonban független tőle.
- g/ A tracer mennyiségének /a teljes beütésszámnak/ kb. tízszeresére való növelése is csak néhány százalékos változást okoz a  $B_0/T$  és  $B/B_0$  értékében.
- h/ A használati utasításban megadott inkubációs időtől való eltérés nem okoz jelentős hibát akkor, ha minden standard és szérumminta inkubációja azonos ideig tart.

Megállapítottuk, hogy

a/ a szérumok bemérésénél elkövetett jelentős /50%/ szisztematikus hiba sem befolyásolja kimutatható mértékben az eredményt, feltéve, hogy a megadott térfogatértéktől való eltérés minden csőben, valamint a standardok és szérumminták esetében azonos.

b/ Jelentős /kb. 5%/  $\mu\text{l}$  szérum/ hibaforrást jelent azonban, ha a standardok bemérésénél elkövetett hiba nem azonos a szérumminták bemérésénél elkövetettel.

c/ Az antiszérum bemérésénél elkövetett, kb. 10-20 %-os szisztematikus /minden csőre kiterjedő/ és véletlenszerű /csak a csövek egy részét érintő/ térfogatomérési hiba nem befolyásolja lényegesen az eredményt.

d/ A kit feldolgozása során használt puffer jelentős tulajdagolása /50-100%/ sem befolyásolja lényegesen az eredményt, ha ez a tulajdagolás minden csőben /a standard és a szérummintáknál is/ azonos.

e/ A puffer nagymértékű tulajdagolása /50%/ azonban jelentős hibát okoz /kb. 10%/ 100  $\mu\text{l}$  puffer/, ha a be-

mérésnél elkövetett hiba nem azonos a standardoknál és szérummintáknál.

- i/ A megadott inkubációs időtől való eltérés /a rövidebb idők irányába/ jelentős hiba forrása /kb. 25%/óra/, amennyiben a standardok és szérumminták inkubációs ideje nem azonos.
- j/ Az inkubálási hőmérséklet kb.  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ -os, rendszeres /minden csőre azonos/ hibája nem befolyásolja kimutatható mértékben a mérési eredményt.
- k/ Jelentős azonban a mérési hiba /kb. 20%/10 $^{\circ}\text{C}$ /, ha a standardok és szérumminták inkubálási hőmérséklete eltérő.
- l/ Ha centrifugálás után a csapadék és felüluszó elválasztása minden egyes csőben azonos módon történik, akkor nem okoz kimutatható hibát az sem, ha a két fázis elválasztása nem tökéletes /legfeljebb a standard görbe meredeksége csökken/.
- m/ Jelentős hibát /kb. 20-30%/ okoz az, ha a standardoknál és a szérummintáknál a centrifugálás után nem azonos a felüluszó eltávolításának mértéke.

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy a használati utasítástól való még jelentős eltérés sem vezet szükségszerűen értékelhetetlen eredményre abban az esetben, ha ezek a mérés során mind a standardokra, mind az egyéb szérummintákra azonos mértékben terjednek ki. Jelentős hiba származik azonban akkor, ha a standard és kontroll és/vagy páciens szérum feldolgozása nem teljesen azonos körülmények között folyik.

#### IRODALOM

1. *L. Raith*, Introduction to RIA Methods, Byk-Mallinckrodt Radiopharmazeutika - Diagnostica, Dietzenbach - Steinberg, 1975
2. Bernstein Workshop, Rational Diagnosis of Thyroid Disease, Höfer, Vienna, 1976
3. *I.J. Chopra, D.H. Solomon, R.S. Ho*, A Radioimmunoassay of Thyroxine, *J.Clin. Endocr. Metabol.* /1971/ 865
4. *G.E. Abraham*, Handbook of Radioimmunoassay, Marcel Dekker Inc., New York, 1977, 679
5. *J.C. Travis*, Fundamentals of RIA and Other Ligand Assays, Scientific Newsletters Inc., Anaheim, California, 1977





309 024

HU ISSN 0004-7201

# IZOTÓPTÉCHNIKA

23. ÉVFOLYAM 5-6. SZÁM (1980)

---

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

---





# **IZOTÓPTECHNIKA**

**23. ÉVFOLYAM 5-6. SZÁM**

**BUDAPEST 1980. SZEPTEMBER - DECEMBER**

Szerkeszti, és kiadja a Magyar Tudományos Akadémia Izotóptintézete

Szerkesztőbizottság:

Bába Miklós

Fehér László

Földiák Gábor, a kémiai tudományok doktora /felelős főszerkesztő/

Gróz Péter

Illy József /titkár/

Kocsár László, az orvostudományok doktora

Lengyel Tamás, a kémiai tudományok doktora

Máté Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa

Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa

Sirokmán Ferenc, a kémiai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség címe: Az MTA Izotóptintézete, Budapest, Pf.77, 1525

Számunk írói:

Varró Tibor; Mádi István, a kémiai tudományok kandidátusa  
A Kossuth Lajos Tudományegyetem Izotóplaboratóriuma, Debrecen,  
Pf. 8, 4010

Somogyi György, a fizikai tudományok kandidátusa  
Az MTA Atommagkutató Intézete, Debrecen, Pf. 51, 4001

Najžer, Mitja  
Josef Štefan Institut, Ljubljana

Környei József; Szirtes László, a kémiai tudományok kandidátusa  
Az MTA Izotóptintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Farkas I. György  
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészség-  
ügyi Kutatóintézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Remák Géza; Németh József; Varga László, az orvostudományok  
kandidátusa  
A Szegedi Orvostudományi Egyetem I.sz. Belgyógyászati Klinikája,  
Szeged, Pf. 469, 6720

Penke Botond, a kémiai tudományok kandidátusa; Balásperi Lajos,  
a kémiai tudományok kandidátusa; Kovács Livia  
A Szegedi Orvostudományi Egyetem Orvosvegytani Intézete, Szeged,  
Dóm tér 8, 6701

Ujhidy Aurélné; Maleczki Emil  
Veszprémi Vegyipari Egyetem Radiokémia Tanszéke, Veszprém, Pf.28,  
8201

Fehér László; Kasza János; Nemes Péter  
Radioaktivhulladék-tároló és -feldolgozó, Püspökszilág, 2166

Felelős kiadó: Veres Árpád, az MTA Izotóptintézetének igazgatója  
Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézete házi sokszorosítójában  
F.v.: Nagy Károly Indexszám: 25.399  
Engedélyszám: III/SZ/299/1976 Törzsszám: KFKI-1981-282  
1980. 5-6. szám

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalban, a kézbesítőnél,  
a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlapirodtájánál /KHI, Budapest,  
V., József nádor tér 1, távbeszélő: 180-850, postacím: A Posta Központi Hír-  
lapirodtája, Budapest, 1900/ a 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámlára.

Előfizetési díja: 240.- R

Egyes szám ára 40.- R

Példányszám: 300

Kettős szám ára 80.- R

Megjelent. 1981. május 29.

## TARTALOM

<p>Bórtranszport vizsgálata növényekben mikroradiográfiás módszerrel .....</p> <p>Varró T., Somogyi Gy., Najžer, M., Mádi I.</p> <p>Изучение транспорта бора в растениях при помощи метода микрорадиографии</p> <p>A Study of Boron Transport in Plants with a Microradiographic Method</p>	<p>229</p>
<p>Stroncium kiválasztása radioaktiv szennyvizből kristályos cirkónium-foszfáton .....</p> <p>Környei J., Szirtes L.</p> <p>Выделение стронция из радиоактивной отходящей воды на кристаллическом фосфате циркония</p> <p>Separation of Strontium from Radioactive Waste Water on Crystalline Zirconium Phosphate</p>	<p>243</p>
<p>Radioaktiv diagnosztikumok szervdózisának számítása I. A Marinelli-féle számítási modell .....</p> <p>Farkas I.Gy.</p> <p>Вычисление доз от радиоактивных лекарственных препаратов, I. Модель вычисления по Маринелли</p> <p>Calculation of Organ Doses of Radioactive Diagnostics I. Calculation Model According to Marinelli</p>	<p>247</p>
<p>A 15-Leu-Human gasztrin 1-17 radioimmunoassay kidolgozásával szerzett tapasztalataink .....</p> <p>Remák G., Penke B., Németh J., Baláspiri L., Kovács L., Varga L.</p> <p>Опыты по разработке радиоиммунологического анализа 15 леу-человеческого гастрин</p> <p>Experiences with the Development of the Radioimmunoassay of 15 Leu Human Gastrin</p>	<p>266</p>
<p>Oldatos forgó korongos módszer nyomjelzéses vizsgálata .....</p> <p>Ujhidy A-né, Maleczki E.</p> <p>Изучение спектроскопического метода на вращающихся дисках с помощью меченых атомов</p> <p>The Study of the Rotating Disc Spectral Analytical Method by Isotopic Labelling</p>	<p>274</p>
<p>A solymári izotóptemető kitelepítése .....</p> <p>Fehér L., Kasza J., Nemes P.</p> <p>Перевод учреждения по захоронению радиоактивных отходов в с. Шоймар</p> <p>The Transplantation of the Solymár Radioactive Waste Disposal Site</p>	<p>287</p>



## BÓRTRANSPORT VIZSGÁLATA NÖVÉNYEKBEN MIKORADIOGRÁFIÁS MÓDSZERREL

Varró T.\*, Somogyi Gy.\*\*\*, Najžer M.\*\*\*, Mádi I.\*

\*A Kossuth Lajos Tudományegyetem Izotóplaboratóriuma, Debrecen,

\*\*Az MTA Atommagkutató Intézete, Debrecen,

\*\*\*Jožef Stefan Intézet, Ljubljana

/Érkezett 1980. szeptember 25-én/

Borát és tetraborát ionok passzív transzportfolyamatát tanulmányoztuk sárgarépa-gyökérben és burgonyagumóban. Különböző diffúziós idők alkalmazása után, a  $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$  magreakció felhasználásával, meghatároztuk a növények belsejében kialakuló bórkoncentráció eloszlását. A termikusneutron-besugárzás hatására keletkező  $\alpha$ -részecskék és  $^7\text{Li}$  magok detektálására polikarbonát nyomdetektort használtunk. A növények belsejében meghatározott bórkoncentráció-profilok leírására a konvekcióval egybekötött lineáris diffúzió egyenletét alkalmaztuk. A passzív iontranszportra jellemző diffúzióegyütthatókat illesztő programmal határoztuk meg.

Изучение транспорта бора в растениях при помощи метода микрордиографии Варро, Т., Шомодьи, Д., Найжер, М., Мадь, И.

Были изучены пассивные транспортные процессы боратных и тетраборатных ионов в морковке и в картофеле. После применения разных времен диффузии, при помощи ядерной реакции  $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$  были определены расхождения концентраций бора, сформированные во внутренности растений. Были применены трековые детекторы поликарбоната для регистрирования  $\alpha$ -частиц и  $^7\text{Li}$  ядер, возникающих под влиянием облучения тепловыми нейтронами. К написанию профилей концентраций бора, измеренных по внутренности растений, были применены уравнения линейной диффузии, связанные с конвекцией. Были определены постоянные диффузии, характерные для пассивного транспорта ионов, при помощи стыковой программы вычислительной машины.

A Study of Boron Transport in Plants with a Microradiographic Method  
Varró, T., Somogyi, Gy., Najžer, M., Mádi, I.

The process of passive transport of borate and tetraborate ions was studied in the roots of carrot and in the tuber of potato. The boron concentration profiles developing within the plants were determined after various diffusion times, by utilizing the  $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$  nuclear reaction. A polycarbonate track detector was used to detect the  $\alpha$ -particles and  $^7\text{Li}$  nuclei produced by thermal neutron irradiation. The equation of linear diffusion combined with convection was used to describe the boron concentration profiles measured within the plants. The diffusion coefficients characteristic of the passive ion transport were determined by means of a fitting computer programme.

### BEVEZETÉS

A mikrotápanyagoknak nagy jelentőségük van a növény fejlődésében, mivel döntően befolyásolják a növényi anyagcserében közreműködő enzimreakciókat, és már egész csekély mennyiségben erős fiziológiai hatást fejtenek ki. Mengel szerint<sup>1</sup>, közép-európai viszonyok között, a mikroelemek közül a bórnak van a legnagyobb jelentősége a termesztett növények fejlődése, minősége és hozama szempontjából. Fiziológiai hatását tekintve a bór alapvetően különbözik a többi mikroelemtől. Fontos szerepe van az energia-anyagcserében és a növekedési anyagok háztartásában, s ezen keresztül a fehérje- és nukleinsav-szintézist, a szénhidrát-anyagcserét, a merisztémasejtek differenciálódását, a sejtfalak finomszerkezetét is befolyásolja, s elősegíti a növény termékenyülési folyamatát is<sup>2</sup>.

Schmucker feltételezte<sup>3</sup>, hogy a borát ionok a sejtfal szerves vegyületeivel olyan vegyületeket képeznek, amelyek fokozzák a sejtfal stabilitását, és elősegítik a finomszerkezet kialakulását. Sisler és murkatársai<sup>4</sup>, Odhnoff<sup>5</sup> és Jakowlewa<sup>6</sup> szerint a bőr nélkülözhetetlen építőeleme a szöveteknek, mivel elégtelen bőrtáplálás esetén zavar keletkezik a növény életfolyamataiban. Bussler szerint<sup>7</sup> bőrhiány esetén felfokozott sejtosztódás, gátolt sejtdifferenciálódás és ebből eredően sejtnövekedési rendellenesség tapasztalható.

A bőrhiány mindig a legfiatalabb levélen, hajtáson és a gyökér tenyészőcsucsán jelentkezik, s a legfiatalabb levelek klorotikus elszíneződését, a rügyek és hajtások elhalását, a levél törékenységét, a gyökér és szár elparásodását váltja ki.

Bussler szerint<sup>8</sup> az összes bőrhiánytünet a "differenciálódás nélküli sejtosztódás" elsődleges tünetére vezethető vissza. A genetikai információk létrejötte és átvitele során a bőrnek jut kulcsszerep a bőrhiányos szövetek összes többi tünetének kialakításában.

Számos kulturnövény /répa, pillangósok, szőlő/ rendszeres bőrtrágyázást kíván<sup>9</sup>. A növény a bőrt főleg bórsav és borát alakjában veszi fel, s e képessége nagyobb pH-ju talajban csökken.

Eaton szerint<sup>10</sup> a bőr lassan mozog a növényben. Gyakori tapasztalat, hogy a növény bőrtartalma letről fölfelé csökken. Mengel szerint<sup>11</sup> a bőrt a növény nagyon könnyen felveszi, ezért túlzott bóradagolás könnyen okozhat toxikus kárt. Bőséges bőrellátás esetén a bőr a levélcsucson halmozódik fel.

A bőr mozgásáról a növényben igen kevés információ van, és a rendelkezésre álló kvalitatív ismeretanyag is ellentmondásos, ezért vizsgálatunk céljaul azt tűztük ki, hogy számszerű adatokat szerezzünk a bőr növényben végbemenő transzportfolyamatáról.

## TRANZPORTFOLYAMATOK NÖVÉNYI MEMBRÁNRENDSZERBEN

A növényi membránrendszerben az alábbi három, alapvető transzportfolyamatot különböztetjük meg:

1. a floem és a xilem szállítónyalábjaiban lejátszódó *anyagáramlási folyamatot*, amelynek sebessége elérheti a 35-70 cm/h értéket;
2. az *aktív iontranszportot*, amely a kémiai potenciálgradienssel ellentétes irányu is lehet. Az iontranszporthoz szükséges energiát biológiai energia /adenozin-trifoszfát/ fedezi;
3. a *passzív iontranszportot*, amely a csökkenő kémiai potenciál irányában folyik.

Vizsgálataink tárgya a passzív iontranszport, amely a külső fedőszövetekből az intercelluláris járatokon, sejtfalakon át diffúzióval juttatja el a táp-

anyagokat a citoplazmáig vagy a szállítórendszerig. A növényben lejátszódó passzív iontranszport folyamatai számos hasonlóságot mutatnak az ioncserélő membránban lejátszódó transzportfolyamatokhoz. A növényben azonban az anyagtranszport folyamatai szoros kapcsolatban vannak egymással, a növény mindenkor tápanyagellátottsági szintjével és biológiai állapotával.

## MEMBRÁNMODELLEK

A növényi membránrendszerekben lejátszódó passzív anyagtranszport folyamatainak leírására az un. "finom pórusu" és "kötött töltéses" membránmodellt alkalmazhatjuk. E folyamatok leírása a Nernst-Planck-féle mozgásegyenleten alapszik<sup>11</sup> amelynek megoldása Teorell<sup>12</sup> nevéhez fűződik. A mozgásegyenletet anyagáramlás esetére Schlögl<sup>13</sup> általánosította.

A membrán belsejében egységnyi keresztmetszeten, egységnyi idő alatt átáramló  $\varphi$  anyagmennyiséget a következő összefüggéssel lehet megadni:

$$\varphi = -D_1 \frac{\partial c}{\partial x} - D_1 z \bar{X} \frac{\partial \psi}{\partial x} + v_1 c, \quad /1/$$

ahol  $D_1$  a diffúziókoeficiens,  $c$  az ionkoncentráció,  $z$  az ion vegyértéke,  $\bar{X}$  a funkciós csoportok koncentrációja,  $v_1$  az anyagáramlás sebessége,  $x$  a helykoordináta,  $\psi$  az elektromos potenciál.

"Kötött töltéses" membránrendszerben, így a növényekben is, az ionok transzportját nagy mértékben befolyásolja az ionok szorpciója, illetve deszorpciója a funkciós csoportokon. Ha ezen folyamatokat figyelembe vesszük, akkor az ionok hely és idő szerinti eloszlását a

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_1 \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + D_1 z \bar{X} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - v_1 \frac{\partial c}{\partial x} - \frac{m}{W} \frac{\partial a}{\partial t} \quad /2/$$

összefüggés írja le, ahol  $m$  az egységnyi térfogatu membránfázis tömege,  $W$  a membrán porozitása /a membrán egységnyi térfogatára vonatkoztatott pórus-térfogat/,  $a$  a fajlagos szorbeált anyagmennyiség és  $t$  az iontranszport lejátszódásának ideje.

Amennyiben a szorpció folyamat lineáris izotermával leírható<sup>14</sup>, akkor a /2/ összefüggés az alábbi egyszerűbb alakra hozható:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{D_1}{1+q} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{D_1}{1+q} z \bar{X} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{v_1}{1+q} \frac{\partial c}{\partial x}, \quad /3/$$

ahol

$$q = \frac{m}{W} \frac{a}{c} \quad /4/$$

a megoszlási együttható.

A funkciós csoportokon való ionmegkötődés következtében tehát az átáramlási sebesség  $\frac{v_1}{1+q} \equiv v$ -re, a diffúziós állandó pedig  $\frac{D_1}{1+q} \equiv D$ -re módosul.

Növényi membránrendszerben a funkciós csoportok koncentrációja  $\bar{X}$  kicsi<sup>15,16</sup>, így a /3/ összefüggés jobboldalán a második tag elhanyagolható. Ennek megfelelően a

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - v \frac{\partial c}{\partial x} \quad /5/$$

összefüggést kapjuk.

Az /5/ összefüggés a konvekcióval egybekötött lineáris diffúzió egyenlete<sup>17</sup>, amely a

$$c = c^* \exp\left(\frac{v}{2D} x - \frac{v^2 t}{4D}\right) \quad /6/$$

transzformációval<sup>18</sup> visszavezethető a

$$\frac{\partial c^*}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c^*}{\partial x^2} \quad /7/$$

Fick-féle második törvényre.

Félvégtelen kiterjedésű diffúziós testre,  $c_0$  állandó felületi ionkoncentrációnál, ha a kezdeti ionkoncentráció a közegben zérus, azaz ha teljesülnek a

$$c^* = c_0 \quad \text{ha } x = 0 \quad \text{és } t \geq 0,$$

$$c^* = 0 \quad \text{ha } x > 0 \quad \text{és } t = 0$$

határfeltételek, a Fick-féle második törvény megoldása<sup>19</sup>:

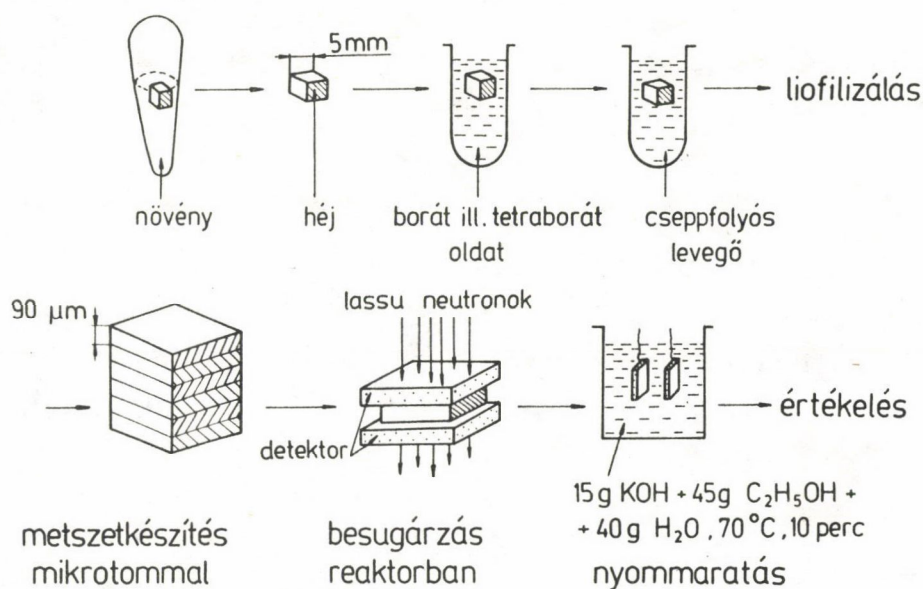
$$c^* = c_0 \operatorname{erfc} \frac{x-vt}{2\sqrt{Dt}} \quad /8/$$

A /8/ összefüggést használva olyan számítási programot készítettünk, amelynek segítségével meghatározhatók a mérési eredményekre legjobban illeszkedő iondiffúziós paraméterek  $c_0$ ,  $v$ ,  $D$ / és az illesztés hibája.

## VIZSGÁLATI ANYAGOK ÉS MÓDSZER

A borát és tetraborát ionok passzív transzportját tanulmányoztuk sárgarépagyökérben és burgonyagumóban. A feladat jelentőségét mutatja, hogy mindkét növény bórigenyes. A burgonyagumó pl. csak akkor tartalmaz sok keményítőt, ha a növények bórtaplálása kielégítő<sup>20</sup>. A bórhiány viszont különféle növénybetegségek okozója lehet. Egy bórhiány által okozott közismert betegség pl. a répa szivrothadása<sup>21</sup>.

Vizsgálataink megkezdése előtt előbb meghatároztuk a sárgarépa és burgonyagumó kezdeti átlagos bór tartalmát. Ezt Zeiss Q-24 típusu, középdiszperziós kvarcspektrográffal, emissziós spektrográfias módszerrel végeztük, hálózati váltóáramu ivgerjesztéssel /áramerősség: 10 A, expozíciós idő: 2 perc, spektrográfias lemez: Agfa-Gevaert 34 B 50, hullámhossz: 249,773 nm/. A vizsgált növények kezdeti bór tartartalma 30-50 ppm-nek adódott száraz anyagra számítva. Megjegyezzük, hogy Syworotkin répában ehhez hasonló bór tartalmat állapított meg /49,2 ppm/<sup>22</sup>. Ezután meghatároztuk azt a bórsav-, illetve nátriumtetraborát-oldatkoncentrációt, amelyet alkalmazva a növényi mintákban a kezdeti bór tartalomnál kb. 100-szor nagyobb telítési koncentráció alakul ki. Ennek megfelelően a bór transzport vizsgálatát 0,5 g/100 ml koncentrációju oldatokkal végeztük, az alább vázolt metodikai lépések szerint /lásd az 1. ábrát/.



1. ábra

A növényekben végbemenő bór transzport vizsgálatánál alkalmazott fő módszertani lépések vázlatos összefoglalása

A mintákat a sárgarépagyökérből és burgonyagumóból úgy vágtuk ki, hogy a kb. 5 mm élhosszúságú kockák egyik oldala a fedőszövetet tartalmazó héjrész legyen. A mintadarabokat 10 ml bórsav vagy nátriumtetraborát oldatba helyeztük, a rendszert nem kevertük. A 25°C-on termosztált rendszerből a mintadarabokat meghatározott diffúziós idő után kiemeltük, a diffúziós folyamatot cseppfolyós levegővel leállítottuk, a mintákat liofilizáltuk, majd paraffin és méhviasz 1:3 arányú keverékébe ágyasztuk, és belőlük 90 µm vastag metszeteket vágunk ki. A metszetek mindkét oldalára 200 µm vastag Makrofol-E polikarbonát nyomdetek-

tort helyeztünk. Az ily módon elkészített egységeket a ljubljana Triga Mark II. atomreaktorban  $2 \cdot 10^{11}$  neutron/cm<sup>2</sup>-es termikus neutronfluenssel sugároztuk be, 40-es kadmiumviszony mellett.

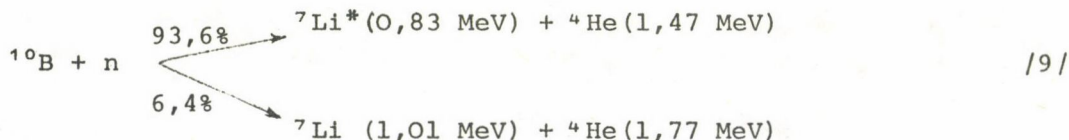
A polikarbonát fóliában /Bayer AG, Leverkusen, GFR, terméke/ a  $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$  magreakcióban keletkező  $\alpha$ -részecskék és Li magok nyomának előhívásához az un. PEW oldatot /15 g KOH + 40 g C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH + 45 g H<sub>2</sub>O/ használtuk, 70<sup>o</sup>-on, 10 percig<sup>23,24</sup>. Ilyen körülmények között a PC detektor maratási sebességét 14  $\mu\text{m}/\text{h}$ -nak találtuk.

A növényben kialakult borkoncentráció-profil a nyomdetektor felületén kb. 2  $\mu\text{m}$  maximális átmérőjű nyomüregekből rajzolódott ki /2. ábra/. A koncentráció-profilnak megfelelő nyomüregeloszlást Zeiss gyártmányu projekciós mikroszkóppal fényképezési papírra vetítettük, és a bór térbeli eloszlását az előhívott fótopapíron meghatároztuk. A nyomszámlálást a növény felületével párhuzamosan, 10  $\mu\text{m}$  széles és 100  $\mu\text{m}$  magas sávokban végeztük, és feltételeztük, hogy a nyomüregek felületi sűrűsége a lokális borkoncentrációval egyenesen arányos.

## EREDMÉNYEK ÉS DISZKUSSZIÓ

### A BÓRMEGHATÁROZÁS ÉRZÉKENYSÉGE

Egy adott anyagban a borkoncentráció kvantitatív meghatározásához, de a bórtranszport vizsgálata neutronbesugárzási körülményeinek jó megtervezéséhez is, ismerni kell az alkalmazandó módszer érzékenységét. Az általunk vizsgált esetekben, ahol a bórmeghatározást a



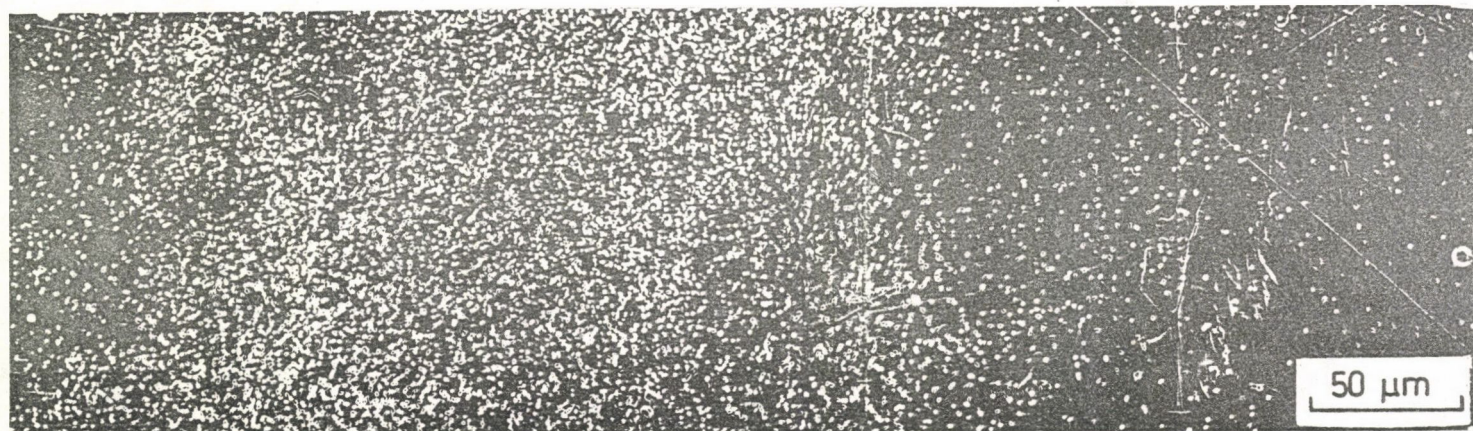
magfolyamatra és a nyomdetektoros technikára alapoztuk, a módszer érzékenységét a

$$K[\text{nyom/neutron} \cdot \text{ppm}] = \frac{\rho}{\varphi_n C_B} \quad /10/$$

mennyiséggel jellemezhetjük, ahol  $\rho$  a nyomdetektor egységnyi felületén megfigyelt nyomok száma  $\varphi_n$  termikus neutronfluens és  $C_B$  borkoncentráció mellett. Megjegyezzük, hogy ha a borkoncentrációt atom/cm<sup>3</sup>-ben mérjük, akkor az átszámítást a

$$C_B[\text{ppm}] = C_B[\text{atom}/\text{cm}^3] \frac{A}{\gamma N} \quad /11/$$

összefüggés alapján végezhetjük, ahol  $N$  az Avogadro-féle szám,  $A$  a bór átlagos atomsulya és  $\gamma$  a vizsgálandó minta sűrűsége.



2. ábra

Bórsav oldatba  $25^{\circ}\text{C}$ -on 30 percig bemeztett sárgarépmetszetben kialakuló bőreloszlásról készített jellegzetes indukált radiogramm. A Makrofol-E detektorban kimutatott nukleáris nyomok a  $^{10}\text{B}/\text{n}, \alpha/^{7}\text{Li}$  magreakcióból származnak.

Az általunk tanulmányozott növényi rendszereknél a nyomdetektoros bórmeghatározás érzékenységét kísérletileg és elméletileg is meghatároztuk. A kísérleti adat megállapításához egyenként mértük a /10/ összefüggés jobboldalán lévő mennyiségeket. Az 1. táblázatban feltüntetett mérési adatok alapján

$$K_{\text{exp}} = 1,14 \cdot 10^{-8} \text{ nyom/neutron} \cdot \text{ppm} \quad /12/$$

átlagos érzékenységet kaptunk. Megjegyezzük, hogy  $\phi_n$  meghatározása aranyaktivációs technikával, 5%-os pontossággal,  $C_B$  mérése emissziós spektrográfiával, 10% pontossággal,  $\rho$  meghatározása pedig nyomszámlálással, 3% statisztikus hibával történt. Ennek megfelelően az 1. táblázatban feltüntetett  $K_{\text{exp}}$  értékek mérési hibája  $\pm 12\%$ -ra becsülhető.

### 1. táblázat

A nyomdetektoros bórmeghatározás kísérletileg meghatározott érzékenysége  $/K_{\text{exp}}/$  a vizsgált növényekben

Vizsgált rendszer	$C_B$ [ppm]	$\phi_n$ [n·cm <sup>-2</sup> ]	$\rho$ [nyom·cm <sup>-2</sup> ]	$K_{\text{exp}} = \frac{\rho}{\phi_n C_B}$ [nyom/n·ppm]
sárgarépa-borát	6610	$2 \cdot 10^{11}$	$1,5 \cdot 10^7$	$1,13 \cdot 10^{-8}$
sárgarépa-tetraborát	6020	$2 \cdot 10^{11}$	$1,3 \cdot 10^7$	$1,08 \cdot 10^{-8}$
burgonya-borát	4260	$2 \cdot 10^{11}$	$1,0 \cdot 10^7$	$1,17 \cdot 10^{-8}$
burgonya-tetraborát	3800	$2 \cdot 10^{11}$	$0,9 \cdot 10^7$	$1,18 \cdot 10^{-8}$

$$\bar{K}_{\text{exp}} = (1,14 \pm 0,05) \cdot 10^{-8}$$

Mivel  $K_{\text{exp}}$  értékét kellő pontossággal kaptuk, érdemes megvizsgálni, hogy mennyire van összhangban az elméletileg várható  $K_{\text{elm}}$  érzékenységgel. Megjegyezzük, hogy a nyomdetektoros bórmeghatározás érzékenységére vonatkozóan néhány anyagra már közöltek számított adatokat /lásd a (24) irodalomjegyzékét/, de ezek csak első közelítésnek tekinthetők, a következő tipikus hiányosságok miatt:

- 1/ egyetlen számítás sem veszi figyelembe, hogy a /9/ magfolyamatnak megfelelően négyfajta részecskét detektálhatunk. Legtöbbször csak az 1,47 MeV-es  $\alpha$ -részecskék nyomaival számolnak, holott a <sup>7</sup>Li nyomai is regisztrálhatók<sup>25</sup>.
- 2/ A bórmeghatározás szempontjából effektív mintavastagságot /azaz, amelyből részecskéket még detektálhatunk/ nagy hibával extrapolált hatótávolsági értékekből származtatják. /Valójában mind a négy részecskére külön-külön kell ezt kiszámolnunk/.

3/ A detektálandó részecskék regisztrációs határszögét nem kellően veszik figyelembe.

Saját számításunk során a fenti hiányosságokat, jelenlegi ismereteink pontosságának határain belül, próbáltuk kiküszöbölni. Végeredményben a

$$K_{elm} = \frac{1}{2} \frac{N}{A} \sigma \eta \sum_i \epsilon_i \frac{R_i}{2} \cos^2 \vartheta_{ci} \quad /13/$$

összefüggést használtuk, ahol az összegezést a /9/ magreakcióból kilépő összes részecskére elvégeztük /a részletes adatokat lásd a 2. táblázatban/. A képletben szereplő mennyiségek jelentése a következő: N az Avogadro-féle szám; A = 10,82, a bór átlagos atomsúlya;  $\sigma = 3840$  barn, a  $^{10}\text{B}(n,\alpha)$  reakció hatáskeresztmetszete termikus neutronokra;  $\eta = 0,2$ , a  $^{10}\text{B}$  előfordulási részaránya a természetes bórban;  $\epsilon_i$  a /9/ magreakcióban az egyes reakciótermékek megjelenésének relatív valószínűsége;  $R_i$  és  $\vartheta_{ci}$  a reakciótermékek hatótávolsága a bór-tartalmu anyagban, illetve regisztrációs határszöge a detektorban.  $R_i$  meghatározására Henke és Benton hatótávolság-energia programját használtuk<sup>26</sup>, egy  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_9\text{N}_2$  összetételű, jó közelítéssel "növényekvivalensnek" tekinthető anyagra.  $\vartheta_{ci}$ -re az általunk alkalmazott PEW maratószerrel tapasztalt értékeket vettük figyelembe.

A 2. táblázatban közölt részeredményekből láthatjuk, hogy a bór meghatározás érzékenységének kialakításához az  $\alpha$ -részecskék 70%-ban, a  $^7\text{Li}$  magok pedig 30%-ban járulnak hozzá. A 2. táblázat adatainak felhasználásával, a /13/ összefüggés alapján, végeredményben a

$$K_{elm} = 1,09 \cdot 10^{-8} \text{ nyom/neutron} \cdot \text{ppm} \quad /14/$$

érzékenységet kaptuk, ami kiválóan egyezik az 1. táblázatban feltüntetett, kísérleti adatokkal.

## 2. táblázat

A bór meghatározási érzékenység számításánál használt paraméterek növényeknél

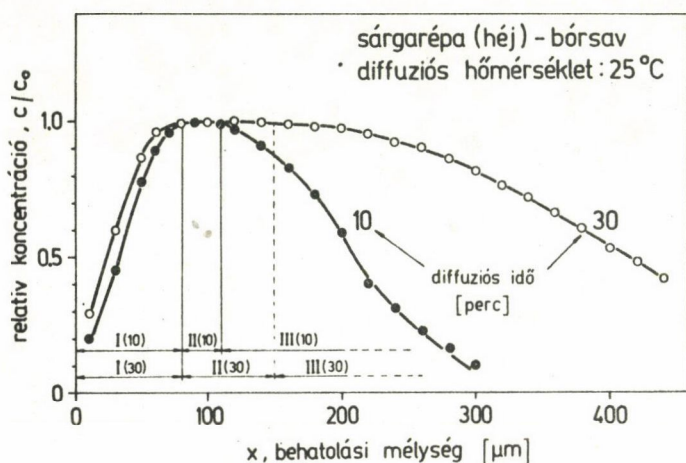
i	$\epsilon_i$	$R_i$ [mg·cm <sup>-2</sup> ]	$\vartheta_{ci}$	$\epsilon_i R_i \cos^2 \vartheta_{ci}$ [mg·cm <sup>-2</sup> ]
1,47 MeV $^4\text{He}$	0,936	0,83	23°	0,6583
1,77 MeV $^4\text{He}$	0,064	1,02	23°	0,0553
0,83 MeV $^7\text{Li}$	0,936	0,303	0°	0,2836
1,01 MeV $^7\text{Li}$	0,064	0,357	0°	0,0228

$$\sum_i = 1,020$$

## A BÓRTRANSPORT PARAMÉTEREINEK MEGHATÁROZÁSA

Módszerünk érzékenységének ismeretében a növényben végbemenő passzív bőrtransport vizsgálatára megfelelő kísérleteket terveztünk. Ezek főbb eredményeit az alábbiakban foglaljuk össze.

A sárgarépa fedőszöveti /héj/ része felől végbemenő bórsavtransportnál mért tipikus koncentrációeloszlás a 3. ábrán látható. Az alkalmazott radiográfiás módszernél a térbeli felbontás  $\pm 10 \mu\text{m}$  körül volt. Jól látható, hogy a növény belsejében kialakult bőrkoncentráció-eloszlásnak megfelelő görbét három, viszonylag jól elkülönülő szakaszra oszthatjuk<sup>27</sup>:



3. ábra

A sárgarépa héjszövegeiben kialakuló bórsavtransportra jellemző jellegzetes bőrkoncentráció-eloszlás, 10 és 30 perces diffúziós idő alkalmazása után

I. a növényi próbatest közvetlen felületén a bőrkoncentráció kisebb, mint a növény belsejében. Ez a felületi egyenetlenség /anyaghiány/ következménye. A felülettől a növény belseje felé haladva, a bőrkoncentráció fokozatosan nő egy maximális értékig. E görbeszakasz a felülettől mintegy 40-80  $\mu\text{m}$ -ig tart.

II. A második görbeszakaszon a bőrkoncentráció állandó, ugyanakkor maximális. E szakasz hossza a diffúziós idő növelésével nő, tényleges értékét azonban növényeknél csak nagy hibával lehet meghatározni, mivel az egymástól független mérések nagy szórást mutatnak.

Az általunk vizsgált rendszereknél, az első és második görbeszakasz együttes hosszát a 3. táblázatban adtuk meg. Az itt feltüntetett  $v$  értékeket 10-15 mérés átlaga szolgáltatotta,  $\pm 50\%$  körüli standard deviációval. Megjegyezzük, hogy az ionok  $v$  áramlási sebességét nem határoztuk meg. Az áramlási sebesség számításánál a növény és a borát ionok, illetve a növény és tetraborát ionok érintkezésekor kialakult bőreloszlási viszonyokat kell kiindulási állapotnak  $/t = 0/$  tekinteni. Vizsgálataink szerint azonban ezen állapotnak a vizsgált növényekben 20-50  $\mu\text{m}$  mélységű bőrbehatolás felel meg. A mérés adatok ilyen nagyfokú szórása tehát nem tette lehetővé az áramlási sebességek elfogadhatóan pontos meghatározását.

## 3. táblázat

Borát és tetraborát ionok konvekciója következtében kialakuló behatolási mélység 25°C-on, sárgarépagyökérben és burgonyagumóban

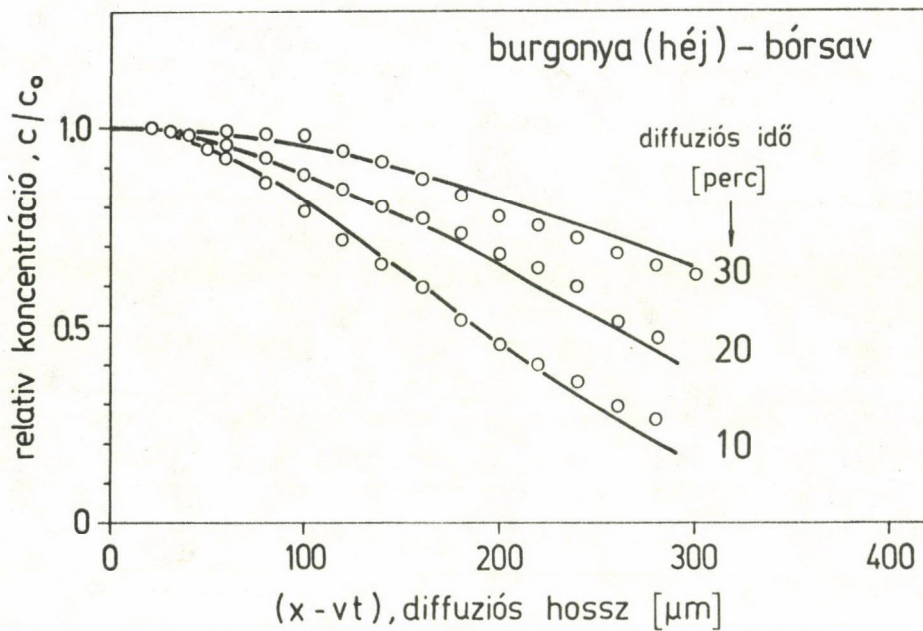
Vizsgált rendszer	Diffúziós idő [min]	Konvekciós behatolási mélység, vt [ $\mu\text{m}$ ]	
		Külső fedőszövet felől	Belső fedőszövet felől
sárgarépa-borát	5	60	80
	10	100	120
	30	140	150
sárgarépa-tetraborát	5	50	100
	10	60	120
	20	80	130
burgonya-borát	10	100	110
	20	140	150
	30	140	180
burgonya-tetraborát	5	50	100
	10	60	100
	20	100	120

III. A profilgörbe harmadik szakasza a tényleges diffúziós zóna. E zónában a bőrkoncentráció hely és idő szerinti eloszlását jó közelítéssel a /8/ összefüggés írja le, ha  $c_0$  értékét a második szakaszban mért állandó /maximális/ bőrkoncentrációval tekintjük azonosnak.

A 4. ábrán a burgonyagumó-bórsav, az 5. ábrán pedig a sárgarépagyökér-tetraborát rendszernél a növény "diffúziós zónájában" mért koncentrációprofilokat tüntettük fel. A mérési adatokat a körök, a /8/ összefüggés alapján számított, legjobban illeszkedő elméleti görbéket pedig a kihuzott vonalak mutatják. Az indukált radiográfiás módszerrel meghatározott diffúziókoeficienseket a 4. táblázatban foglaltuk össze. 15-20 mérés átlagából számoltuk őket. A standard deviáció 30-40%-nak bizonyult.

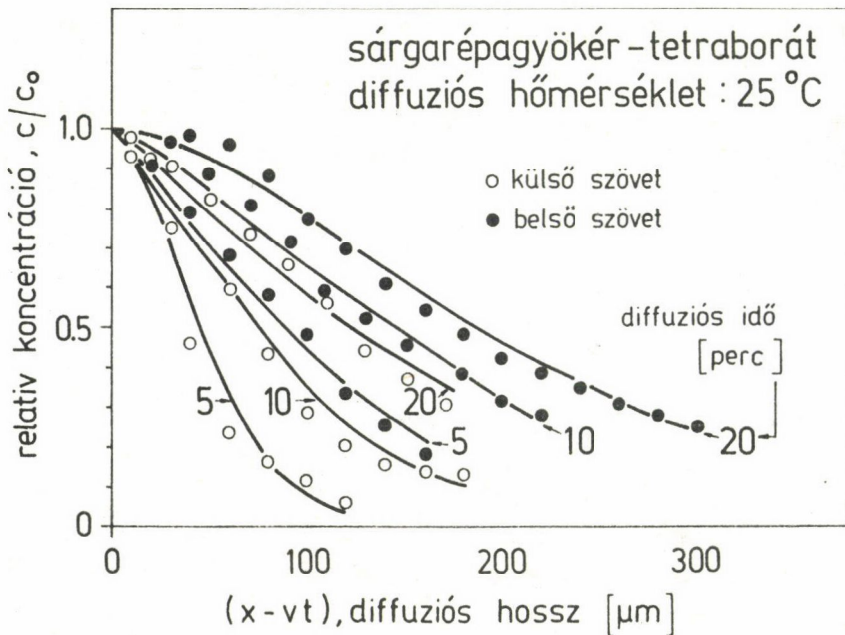
A borát és tetraborát ionok passzív diffúziója sárgarépában és burgonyában  $10^{-11} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$  nagyságrendű diffúziókoeficienssel jellemezhető, ami kb. 100-szor kisebb, mint ugyanezen ionoknak a vízben mérhető diffúziókoeficiense. A növény külső fedőszöveti részén /héj/ keresztül a bőrdiffúzió sebessége általában kisebbnek adódott, mint a belső szöveti részekben. A borát ionok diffúziósebessége nagyobbak mutatkozik, mint a tetraborát ionoké.

Megjegyezzük, hogy a diffúziókoeficiensek, a mérési hibán belül, függetlenek voltak a diffúziós időtől /lásd a 4. táblázatot/. Ez azt igazolja, hogy a növényben végbemenő passzív transzportfolyamatok leírására a /8/ összefüggés jó közelítéssel alkalmazható.



4. ábra

Bőrkoncentráció-eloszlás a burgonyagumó héjának diffúziós zónájában. A kihuzott vonalak a /8/ összefüggés alapján számolt, legjobban illeszkedő elméleti görbéket jelzik.



5. ábra

Bőrkoncentráció-eloszlás a sárgarépa héjának /üres kör/ és belső szövetének /tele kör/ diffúziós zónájában. A kihuzott görbéket a /8/ összefüggés alapján számoltuk.

## 4. táblázat

Borát és tetraborát ionok diffúziós állandója 25°C-on, sárgarépagyökérben és burgonyagumóban

Diffúziós közeg	Diffundáló ion	Diffúziós idő [min]	Diffúziós állandó, D, [10 <sup>-11</sup> m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ]	
			Külső fedőszövetben	Belső szövetben
sárgarépa	borát	5	1,98±0,35	1,85±0,50
		10	1,73±0,66	1,60±0,51
		30	1,77±0,63	1,80±1,05
		$\bar{D} = 1,83 \pm 0,33$	1,75±0,42	
	tetraborát	5	0,97±0,30	2,12±0,90
		10	0,90±0,18	1,97±0,70
20		0,95±0,21	1,55±0,36	
	$\bar{D} = 0,94 \pm 0,14$	1,88±0,40		
burgonya	borát	10	2,30±0,55	5,73±2,42
		20	2,45±0,53	4,18±1,97
		30	2,12±0,50	4,97±2,35
		$\bar{D} = 2,29 \pm 0,30$	4,96±1,30	
	tetraborát	5	1,15±0,55	2,93±1,15
		10	1,40±0,56	3,33±1,70
20		1,22±0,33	2,37±0,83	
	$\bar{D} = 1,26 \pm 0,28$	2,88±0,74		

\* \* \*

A szerzők köszönetet mondanak Dr. Papp Lajos docensnek és Vágó Imre tudományos munkatársnak, a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszéke dolgozóinak, a növényi minták kezdeti bór-tartalmának spektrográfias meghatározásáért.

## IRODALOM

1. K.Mengel, Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze, Fischer Verlag, Jena, 1972
2. W. Bergmann, P. Neubert, Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse, Fischer Verlag, Jena, 1976
3. T. Schmucker, Planta 23 /1934/ 264
4. E.C., Sisler, W.M. Dugger, H.G. Gauch, Planta Physiol. 31 /1956/ 11

5. C. Odnoff, *Physiol. Plantarum* 10 /1957/ 984
6. W.W. Jakowlewa, "Spurenelemente in der Landwirtschaft", Akademie Verlag, Berlin, 1958 93
7. W. Bussler, *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde* 105 /1964/ 113
8. W. Bussler, 1973 *Curso International de Fertilidad de Suelos Nutricion Vegetal*, Madrid, 1
9. W. Gärtel, *Landw. Forsch.* 16 /1962/ 121
10. F.M. Eaton, *J. Agr. Res.* 69 /1944/ 237
11. W. Nernst, *Z. Physik. Chem.* 2 /1888/ 613; M. Planck, *Ann. Physik u. Chem.* 39 /1890/ 161
12. T. Teorell, *Z. Elektrochem. angew. physik. Chem.* 55 /1951/ 460
13. R. Schlögl, *Stofftransport durch Membranen*, Steinkopff Verlag, Darmstadt, 1964
14. Schay G., *A gázkromatográfia alapjai*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1961
15. W.P. Anderson, *Ion Transport in Plants*, Academic Press, London and New York, 1973
16. D.A. Baker, J.L. Hall, *Ion Transport in Plant Cells and Tissues*, American Elsevier, New York, 1975
17. W. Jost, *Diffusion in Solids, Liquids, Gases*, Academic Press, New York, 1952
18. Ph. Frank, R. Mises, *Die Differential- und Intergralgleichungen der Mechanik und Physik*, Dover Publications, Inc., New York, 1961
19. J. Crank, *The Mathematics of Diffusion*, Clarendon Press, Oxford, 1956
20. I.G. Washenin, B.J. Beljakowa, "Spurenelemente in der Landwirtschaft", Akademie Verlag, Berlin, 1958, 151
21. F. Scheffer, E. Welte, *Pflanzenernahrung*, Verlag F. Enke, Stuttgart, 1955
22. G.S. Syworotkin, "Spurenelemente in der Landwirtschaft", Akademie Verlag, Berlin, 1958, 283
23. Somogyi G., Gulyás J., *Radioisotopy* 13 /1972/ 549
24. K. Freyer, H-Ch. Treutler, Somogyi G., Varga Zs., *J. Radioanal. Chem.* 56 /1980/ 113
25. T. Tsuruta, *Nucl. Sci. Techn.* 15 /1978/ 768
26. R.P. Henke, E.V. Benton, *USNDRDL-TR-67-122*, 1967
27. Varró T., Somogyi G., Bölcskei A., Mádi I., *Nucl. Track Detection* 1 /1977/ 181

## STRONCIUM KIVÁLASZTÁSA RADIOAKTÍV SZENNYVÍZBŐL KRISTÁLYOS CIRKÓNÍUM-FOSZFÁTON

Környei J., Szirtes L.

MTA Izotóp Intézete, Budapest

/Érkezett 1980 szeptember 26-án/

A stronciumot a szennyvízből kristályos cirkónium-foszfát mononátrium formájával választottuk el. Gyakorlatilag az összes nátriumion kicserélhető; az anyagnak korlátozott ioncserélő képessége van. A stronciumot olyan szennyvízből választottuk ki, amelyben  $0,06 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  koncentrációban volt jelen. E koncentrációnál  $D_f = 41$  dekontaminálási tényezőt találtunk.

Выделение стронция из радиоактивной отходящей воды на кристаллическом фосфата циркония  
Кэрнъи, Я., Сиртеш, Л.

Стронций был выделен из отходящей воды с помощью моносодиевой формы кристаллического фосфата циркония. Практически все ионы натрия могут быть обменены, при этом ионообменная емкость материала ограничена. Стронций был выделен из воды, содержащей его в концентрации  $0,06 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ , при этом был найден фактор деkontaminации  $D_f = 41$ .

Separation of Strontium from Radioactive Waste Water on Crystalline Zirconium Phosphate  
Környei, J., Szirtes, L.

The monosodium form of crystalline zirconium phosphate for strontium separation from waste water was used. Practically all sodium ions are changeable; the substance has a limited ion exchange capacity. The strontium was separated from waste water containing it in the concentration of  $0.06 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . At such concentration a decontamination factor  $D_f$  of 41 was found.

A szervesetlen ioncserélő anyagok régen ismeretesek, elterjedésüket és a velük kapcsolatos kutatások fellendülését azonban a radiokémiai gyakorlat igényelte, minthogy alkalmazásuk e területen előtérbe került az ionizáló sugárzásokkal szembeni ellenállóképességük miatt. A mesterségesen előállított ioncserélők közül legrészletesebben a cirkónium-foszfátot vizsgálták, amely az eddig ismert anyagok közül a legjobb tulajdonságokkal rendelkezik. Kézenfekvő volt tehát kipróbálni alkalmasságát stroncium kiválasztására radioaktív hulladékvizzből; ezen vizsgálatokkal kapcsolatos adatokat gyűjtöttük össze e közleményben.

### KÍSÉRLETI RÉSZ

A kristályos cirkónium-foszfátot u.n. direkt lecsapásos módszerrel állítottuk elő<sup>1</sup>, majd szobahőmérsékleten  $\text{NaCl} + \text{NaOH}$  keverékoldattal titráltuk, hogy a  $\text{Zr} [\text{NaH}/\text{PO}_4/2] 5\text{H}_2\text{O}$  képlettel jellemezhető nátrium formához jussunk.

Ezt az ioncserélő anyagot megfelelő szárítás után telített NaCl oldat felett /75% rel. nedvességtartalom/ tároltuk. A terméket analitikai kémiai módszerekkel [gravimetria /Zr/, spektrofotometria /PO<sub>4</sub>/, lángfotometria /Na/], valamint röntgendiffrakciós szerkezetmeghatározással azonosítottuk. A csere folyamán beépülő stroncium mennyiségét a zavaró ionok jelenléte miatt lángfotometriás módszerrel nem tudtuk mérni, ezért a kísérleteket nyomjelző módszerrel, nagy fajlagos aktivitású <sup>85</sup>Sr izotóp alkalmazásával végeztük el, az alábbi körülmények között

10 cm<sup>3</sup>-es ampullába 0,25 g ioncserélőt mértünk, majd a jelzett, radioaktív stroncium-klorid oldatból 5 cm<sup>3</sup>-t öntöttünk hozzá. Az ampullákat leforrasztás után 5 órán át rázattuk /előzetes adatok szerint<sup>2</sup> az egyensúly 20 perc alatt beáll/. Az ampullákat felnyitás után centrifugáltuk, az oldatból 2 cm<sup>3</sup>-es mintákat vettünk, s NaI/Tl lyukkristállyal megmértük aktivitásukat. A mérést 0,0225, 0,045, 0,06, 0,09 és 0,25 mol/dm<sup>3</sup> stroncium-klorid oldat koncentráció /pH=5/ esetén végeztük el, az ioncsere-konverziót /W/ a szokásos képlettel számítottuk, 5-5 párhuzamos mérés átlagértékét figyelembe véve:

$$W = \frac{CV}{bg} \left(1 - \frac{N}{N_0}\right) \cdot 100 \text{ \%}$$

ahol C - az oldatkonzentráció (mmol/cm<sup>3</sup>)

V - az oldattérfogat (cm<sup>3</sup>)

b - a bemérés (g)

g - mmol/g/Na/

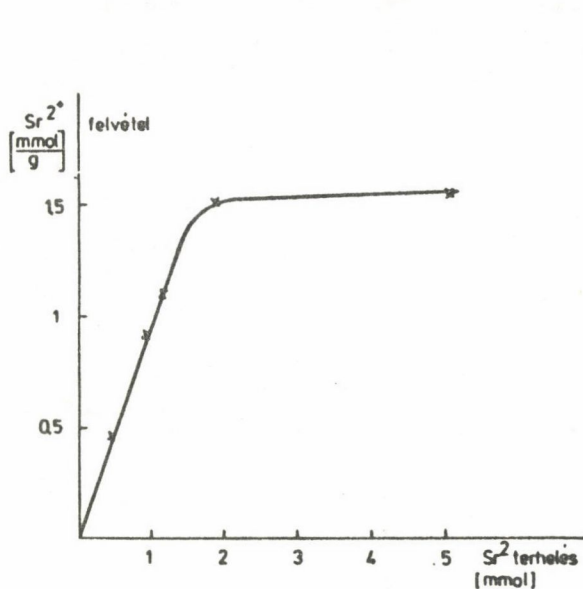
N<sub>0</sub>, illetve N - a kiindulási, illetve egyensúlyi oldatból vett 2 ml minta beütésszáma.

Ezt követően a mérést 0,06 mol/dm<sup>3</sup> stroncium-klorid oldatkonzentráció mellett, különböző pH-értékeken /2,8 és 11/ megismételtük.

## EREDMÉNYEK, ÉRTÉKELÉS

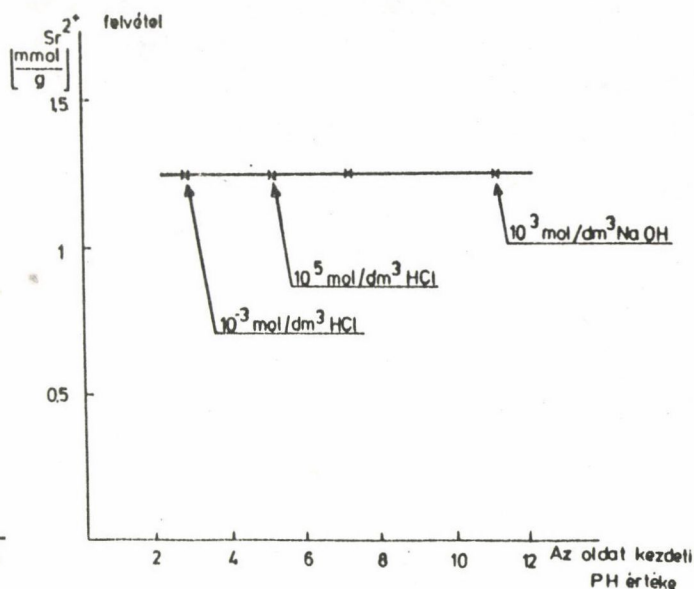
A cserehányad koncentrációfüggését az 1. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy a koncentrációval arányosan a stronciumtartalom 50 %-ánál nagyobb cserehányad érhető el már 0,06 mol/dm<sup>3</sup> oldatkonzentrációnál is, ami azt jelenti, hogy az összes cserélhető Na<sup>+</sup> ionon tulmenően bizonyos mértékű H<sup>+</sup>/Sr<sup>2+</sup> csere is végbe megy. Ezt az is bizonyítja, hogy az oldat pH-értéke a csere folyamán 4-ről 2-re csökken.

A kiválasztott 0,06 mol/dm<sup>3</sup> oldatkonzentráció mellett vizsgáltuk a csere folyamat pH-függését /2. ábra/. Azt találtuk, hogy a cserehányad minden esetben eléri az 50%-ot, tehát a cserefolyamat az adott pH-tartományban annak változásától független.



1. ábra

A cserehányad koncentrációfüggése



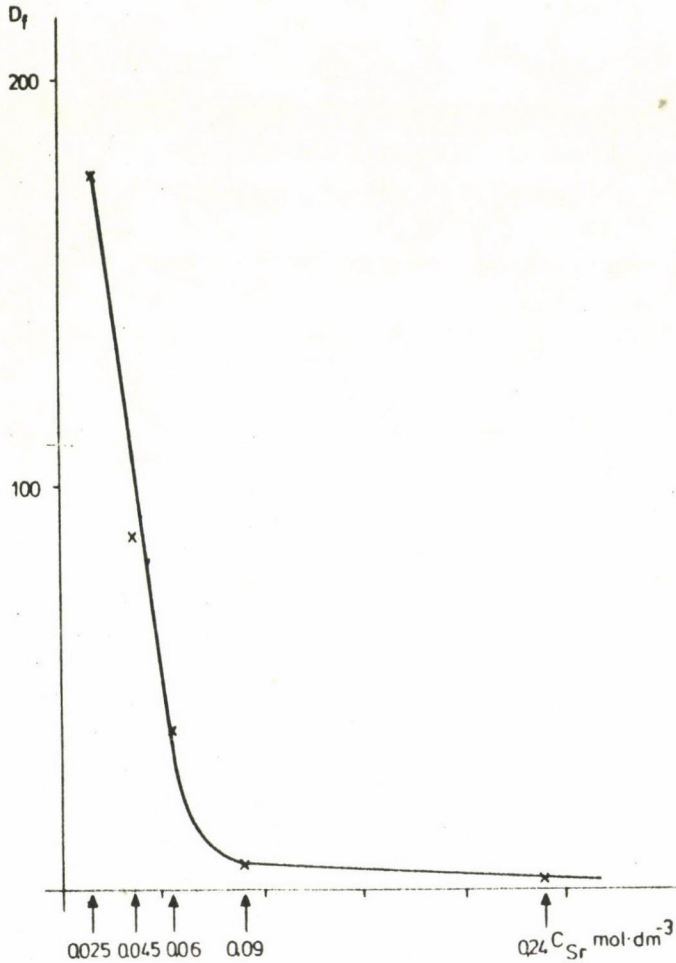
2. ábra

A cserehányad pH-függése

A továbbiakban a mérést a rendelkezésünkre álló, adott sókoncentrációju és  $\text{cm}^3$ -ként  $0,4 \text{ Bq}$  aktivitású  $\text{Sr}^{90}\text{Y}$  radioizotópot tartalmazó, a mechanikai szennyeződéstől megtisztított hulladékvizmintával ismételtük meg. A vizminta stronciumkoncentrációját  $1,06 \text{ mol/dm}^3$ -re állítottuk be az előzőekben ismertett stroncium-klorid oldattal. Az eredmény megegyezett a modellezett esettel, a cserehányad ez esetben is 50%-nál nagyobbak /53%/ adódott. Az ioncserélő gyakorlati alkalmazhatóságának eldöntése végett vizsgáltuk regenerálhatóságát. Megállapítottuk, hogy az ioncserélő eredeti, a célnak megfelelő nátrium formája csak két lépcsőben állítható vissza. Először ugyanis erősen savas közegben,  $0,2 \text{ mol/dm}^3$  koncentrációju sósavval a hidrogén forma nyerhető vissza, amiből a már leírt módon kapjuk meg újra a félig telített nátrium formát.

Az adott ioncserélő gyakorlati használhatóságának korlátja önnön szerkezete, ugyanis célszerűen a  $\text{Na}^+$  ion cserélhető  $\text{Sr}^{2+}$  ionra, tehát a rendszerben jelenlevő cserélhető nátrium ekvivalens mennyisége határozza meg az adott oldatból eltávolítható stroncium mennyiségét; más szóval adott ioncserélő mennyiség mellett a stronciumkoncentráció növekedésével a visszamaradó mennyiség rohamosan növekszik /3. ábra/. Az általunk vizsgált esetben /amely hulladék-

viznél jelentős stronciumkoncentrációnak tekinthető/ 0,06 mol/dm<sup>3</sup> stronciumkoncentráció esetén 41-szeres dekontaminálási tényező volt elérhető, vagyis egyszeri kezelés után az eredeti stronciumnak mintegy 2,5%-a maradt a mintában.



Megállapítható, hogy a  $Zr[NaH/PO_4/2] \cdot 5 H_2O$  összetételű, kristályos szerkezetű ioncserélő 0,06 mol/dm<sup>3</sup> vagy ennél kisebb stronciumkoncentrációjú víz tisztítására jó hatásfokkal alkalmazható, bár felhasználását kissé körülményessé teszi a hosszadalmas, munkaigényes regenerálás.

3. ábra

A dekontaminálási tényező  $Sr^{2+}$  koncentrációfüggése

#### IRODALOM

1. A. Clearfield, J.A. Stynes, J. Inorg. Nucl. Chem. 26 /1964/ 117
2. G. Alberti, R. Bertrami, M. Casciola, U. Costantino, J.P. Gupta, J. Inorg. Nucl. Chem. 38 /1976/ 843

## RADIOAKTIV DIAGNOSZTIKUMOK SZERVDOZISÁNAK SZÁMÍTÁSA, I.\* A MARINELLI-FÉLE SZÁMÍTÁSI MODELL

Farkas I. Gy.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi  
Kutató Intézet, Budapest

/Érkezett 1980. szeptember 27-én/

A cikkel kezdődő sorozatban áttekintjük a radioaktív gyógyszerek dózisszámításának és a számításhoz szükséges paraméterek származtatásának módjait.

A cikk tartalmazza a történeti bevezetőt, csoportosítja, és összefoglalja a számításához szükséges ismeretanyagot. A Marinelli-féle számítási modell tárgyalása során módszereket közlünk a dózisértékek meghatározására.

Вычисление доз от радиоактивных лекарственных препаратов, I.  
Модель вычисления по Маринелли  
Фаркаш, И. Дь.

В серии статей, начинающаяся с настоящей работой, рассматриваются методы получения параметров, необходимых для вычисления дозы от радиоактивных лекарственных препаратов. Настоящая статья содержит историческое введение, группирует и суммирует совокупность необходимого знания по вычислениям. В описании модели вычисления по Маринелли предлагаются методы для определения значений дозы.

Calculation of Organ Doses of Radioactive Diagnostics I.  
Calculation Model According to Marinelli  
Farkas, I.Gy.

The series of papers the first member of which  
The paper, the first member of a series surveying the ways and means of calculation of dose from radioactive drugs and the origin of parameters necessary for calculation, contains the introduction, classifies and summarizes the knowledge pertaining to calculations. In discussing the Marinelli calculation model reports on methods for the determination of dose values.

### TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

A radioaktív anyagokkal történő tracervizsgálatot Hevesy György kezdeményezte a biológiában<sup>1</sup>. Uttörő munkájában kifejtette azt a nézetét, hogy a hasonló tanulmányokhoz szükséges sugárzás mennyisége olyan kicsi, hogy az a rendszert a megfigyelés alatt nem zavarja, így az egész biokémiai, illetve fiziológiai rendszer önmagában vizsgálható, és közvetlen mérhető.

A Hevesy által lefektetett elvek diagnosztikai alkalmazása nem váratott sokat magára. H.L. Blumgart és S. Weiss 1927-ben publikálta klasszikus munkáját, a vérkeringési sebesség radioaktív nyomjelzéses technikával végzett

\*A cikksorozat az Egészségügyi Minisztérium 6-13-1001-01-1/P számú, "A hazai lakosság és az egészségügyi személyzet sugárterhelése zárt és nyitott sugárforrások orvosi alkalmazása révén" című tárcaszintű kutatási témájában folytatott munkáról számol be.

meghatározását, normál és szivbeteg embereken<sup>2</sup>. 1938-ban J.G. Hamilton a Berkeley Laboratóriumban először mérte emberben a  $^{131}\text{I}$  akkumulációját<sup>3</sup>. A jódszubsztancia vizsgálata, mely olyan nagy fontosságú a pajzsmirigy-diagnosztikában, most már konkrét diagnosztikai értéket is képviselt. E vizsgálattal olyan megállapításokat lehetett tenni, melyeket korábban más módszerrel nem, vagy csak nagyon körülményesen lehetett elvégezni. A 30-as évek végére, a pajzsmirigy funkcionális vizsgálatán túl, *in vivo* tanulmányozták már a foszfor, a nátrium és a cézium anyagcseréjét. Ezt követően sor került a jód és a foszfor első terápiás alkalmazására is. A szövetben lévő és ott biológiailag eloszlott radioaktív anyag dozimetriai problémájának első közléését 1942-ben L.D. Marinelli publikálta<sup>4</sup>. Egy munkacsoport leukémiás betegeknek radioaktív foszfort adott orálisan, illetve intravénásan, és Marinelli arra a kérdésre próbált feleletet adni, hogy milyen összefüggés található a beadott izotóp mennyisége és a sugárexpozíció között. Számításai során összefüggéseket állított fel a  $\beta$ -sugárzás aktivitása, felezési ideje, átlagenergiája, valamint a levegőben és a szövetben elnyelt dózis között. Abból a célból, hogy a kívánt szövet dózisát megkapja, matematikai közelítő módszereket dolgozott ki az anyagcserefolyamatok jellemzésére, az élő szervezetben levő radionuklidok koncentrációjának meghatározására.

A második világháborút követő években alakult ki az orvostudomány egy új ága, a nukleáris medicina, melynek keretében újabb és újabb sugárzó izotópokat /"jelzett" vegyületeket/ próbáltak ki a gyógyítás érdekében. E diagnosztikumok szervdózisának meghatározása természetszerűleg adott probléma volt, és erre az első szisztematikus számítási módszert L.D. Marinelli, E.H. Quimby és G.J. Hine dolgozta ki<sup>5</sup>. Ők a magsugárzásokat két kategóriába osztották: áthatoló / $\gamma$ -sugárzás/ és nem áthatoló / $\beta$ , lágy  $\gamma$ , elektron-/ sugárzásra. E két kategóriát külön-külön kezelve egyenleteket állítottak fel, melyekkel az abszorbeált dózist kiszámíthatták. Olyan alapvető fogalmakat definiáltak, mint a geometriai faktor, az effektív felezési idő és a specifikus dózis-állandó. Számítási módszerüket hamar átvették mások is, és az elkövetkező évek során igen széleskörűen használták. R. Loevinger és munkatársai<sup>6,7</sup>, Quimby<sup>8</sup>, valamint Focht és munkatársai<sup>9</sup> átdolgozták, illetve továbbfejlesztették a Marinelli-egyenleteket. Ezzel együtt már felállított számítási alapkoncepció nem változott egészen addig, míg lehetőség nem nyílt rá, hogy a nagyteljesítményű számítógépekkel, Monte-Carlo-módszerrel számolják a  $\gamma$ -sugárzás átlag dózisintenzitását.

## A SZÁMÍTÁSHOZ SZÜKSÉGES ISMERETEK

Ezek az ismeretek lényegében fizikai, matematikai, kémiai és biológiai jellegűek. Ezeket a következőképpen lehet csoportosítani:

- a/ számolásra alkalmas matematikai képletek és kifejezések;
- b/ fizikai adatok /magbomlási sémák és adatok, a kérdéses sugárzás abszorpciójának térbeli és szervezeten belüli eloszlása/;
- c/ az alkalmazott radiofarmakon egésztestre, szervekre, szövetekre vonatkozó anyagcseréjének térbeli és időbeli eloszlása. Ezeket a kinetikai adatokat több tényező befolyásolhatja, mint pl. a kor, nem, faj, a beteg klinikai állapota, a vegyület szervezetbe való juttatásának módja, a táplálkozási rend és szokás, az általános környezet, korábbi behatások, terhelések;
- d/ a jelzett vegyület kémiai, radiokémiai és radionuklid-tisztasága;
- e/ anatómiai és fiziológiai adatok;
- f/ a geometriai modell; ezen a szervek és az egésztest modellezett térbeli felépítését /forrás és targetszerv tekintetében egyaránt/, a sugárzás és az anyag kölcsönhatását lehet érteni.

A dózisszámítás szempontjából a modellelképzés általánosabb érvényű, és egy sor feltételezett helyzetet /állapotot/ takar. Tartalmaz minden olyan feltevést, mely szükséges a számoláshoz, ezért ezt a fogalmat - a geometriai modelltől való elkülönítés miatt - számítási modellnek nevezik.

A gyakorlatban a dózisszámításnak két alapvető típusát különböztetjük meg: egy konkrét személy szempontjából fontos egyedi dózisszámítási típust és az egyedek egy osztályára /csoportjára/ közös sajátságok és tulajdonságok alapján végzett, osztálytípust.

Az egyedi típus esetén kísérletesen meg kell határozni a páciensbe beadott radioaktív anyag kinetikai viszonyait, valamint az illető személy szervtömegeit, és e konkrét adatok ismeretében számítjuk az abszorbeált dózisértéket. Ha a kinetikai viszonyokkal és a szervtömeggel kapcsolatos adatokat a radioaktív anyag szervezetbe jutása után tudjuk csak meghatározni, ezt retrospektív dózismeghatározásnak nevezzük /balesetnél, postmortális vizsgálatnál, diagnosztikai eljárással párhuzamos, dozimetriai jellegű vizsgálatnál/. Prospektív a dózismeghatározás, ha a beadást megelőzően azonos, de tracer szintű anyaggal határozzuk meg a páciens kinetikai /esetleg szervnagyság-/ adatait, és ezek birtokában számoljuk az abszorbeált dózist. Ez utóbbi meghatározási módot általában a kérdéses nuklid terápiás alkalmazása során szokták követni.

Az osztályra érvényes dózismeghatározás során a számítás alapját képező modellt az egyedek egy csoportjára formálják. Ez esetben természetesen nem veszik figyelembe az egyedek közötti eltérést<sup>10-12</sup>, és a számított értékek az osztályra vonatkozó átlag szervdózist fogják reprezentálni. E módszerrel eredményesen hasonlíthatók össze különféle radiofarmakonok vagy nukleármedicinális mérési metódikák dózisterhelései, de az egyedi testtömeg és testmagas-

ság ismeretében, jó közelítéssel, meg lehet határozni az egyén dózisterhelését is, mely lehetőség fontos szerepet játszik a populációs dózisterhelés számításánál<sup>13</sup>.

A dózisszámítás folyamán gyakran használjuk azt a feltételezést, hogy a radionuklid egyenletesen oszlik el a forrástérfogatban. Ez természetesen idealizált helyzet: az eloszlás szükségszerűen nem egyenletes sejtméreteken, de eltéréseket lehet találni még az egyes szerveken belüli szövetek között is. Ez a különbség nagymértékben fokozódhat kóros esetekben, és a nukleármedicina metodikáinak egy része éppen ezt a tényt használja fel a diagnosztizálásra. Ennek ellenére mégis milyen megfontolásból kifolyólag használható az egyenletes eloszlás feltétele? Milyen körülmények között lehet elfogadtatni, és egyáltalában miért szükséges ezt a feltételt számításaink során használni?

A dózisszámítási módszereknél használunk olyan fogalmakat, mint a szerv egy pontjára vonatkoztatott dózis és a szervre vonatkoztatott átlagdózis. Még egyenletes eloszlásnál is eltér egymástól az átlagdózis és az egy pontra vonatkoztatott dózis számértéke és geometriai értelmezése. Loevinger és munkatársai<sup>7</sup> mutattak rá, hogy ha egy szerv térfogata olyan nagy, hogy az őt tartalmazó nuklidok energiájának csak kis része szökik ki belőle, az egyenletes homogén eloszlásból eredő átlagdózisa egyenlő az inhomogén eloszlásból származó átlagdózissal. Mivel a legtöbb humán szövetnél a dózis nagyrészt a  $\beta$ -részekből származik, az előző követelmény teljesül, és így az egyenletes eloszlás feltétele adja meg alapjában a tényleges átlagdózist. Másrészt, egyes esetekben éppen a sugárzás hatótávolságának és a radioaktív nuklidok testszöveten belüli elhelyezkedésének együttes értékelése hívja fel a figyelmet a homogén eloszlás feltételének tarthatatlanságára<sup>14</sup>.

Az áthatoló sugárzások szempontjából a nem egyenletes eloszlás kevésbé befolyásolja a dózisviszonyok alakulását abban az esetben, ha a radionuklidok inhomogén eloszlásának dimenziói sokkal kisebbek a  $\gamma$ -sugárzás közepes szabad uthosszánál,  $1/\mu$ -nél.

Amennyiben a targetszerv nem egyezik meg a forrásszervvel, csak az áthatoló sugárzást kell a dózisszámításnál figyelembe venni, és az inhomogenitásból származó eltérés gyakorlatilag elhanyagolható.

Érdeemes megjegyezni, hogy a radionuklidok szöveten, szervben belüli egyenletes eloszlásának feltételezése olyan állapotot tükröz, amely nem kíván külön eloszlási információt. Amennyiben ez az álláspont nem tartható fenn, meg kell adni az aktuális eloszlási értékeket külön a szövetekre, illetve szervekre. A probléma bonyolultsága miatt, az esetek többségében, a számítás ilyenkor nehezen vagy egyáltalában nem végezhető el.

## A MARINELLI-FÉLE SZÁMÍTÁSI MODELL

A Marinelli-féle számítási modell szigorúan különválasztja az áthatoló /p/ és a nem áthatoló /np/ sugárzási típusokat. Az előzőbe a 11,3 keV-nél nagyobb energiájú fotonokat, utóbbiba a korpuszkuláris sugárzást és a 11,3 keV-nél kisebb energiájú fotonokat sorolja. Az egyes szerveket vagy magát az emberi testet valamilyen egyszerű, a számítási eljárásokat alkalmazhatóvá tevő geometriai modellekkel szokták közelíteni, illetve helyettesíteni. A számítási modell tartalmazza még a nuklid szerven belüli és egész testen belüli halmozódásának, valamint ürülésének mértékét, vagyis szöveten belüli koncentrációjának időtől való függését. A számítási modell alapfeltétele, hogy az adott szervben a nuklid homogén eloszlású legyen, s koncentrációja adott időben állandó.

### SZÁMÍTÁSI MODELL ÁTHATOLÓ SUGÁRZÁS ESETÉN

#### Pontszerű sugárforrás

A számítás szempontjából kiinduló helyzetet a pontszerű sugárforrás körül kialakuló dóziseloszlási viszonyok nyújtanak. A valódi térbeli dóziseloszlást e pontok hatásának összegeként származtathatjuk.

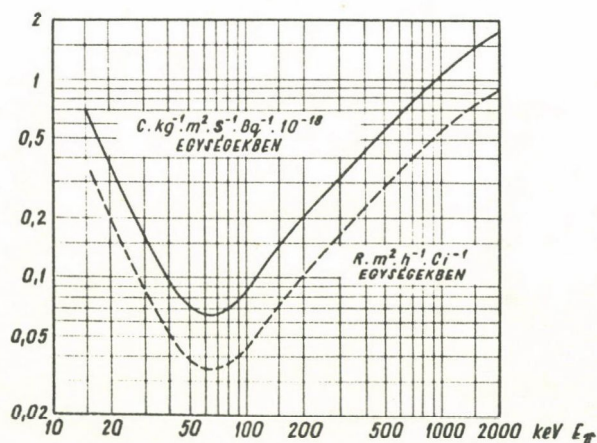
Levegőben levő, pontszerű, monokromatikus  $\gamma$ -sugárforrástól  $r$  távolságra levő pontban a besugárzási dózisteljesítményt a következő kifejezés szolgáltatja:

$$\dot{D} = K_{\gamma} \frac{A}{r^2} \text{ Ckg}^{-1} \text{ s}^{-1},$$

ahol  $K_{\gamma}$  - a dózisállandó  $10^{-10} \text{ Ckg}^{-1} \text{ m}^2 \text{ Bq}^{-1} \text{ s}^{-1}$  egységben /lásd az 1. ábrát/;

$A$  - az aktivitás Bq-ben,

$r$  - a távolság m-ben.



1. ábra

A  $\gamma$ -sugárzás  $K_{\gamma}$  dózisállandójának függése a fotonenergiától

Radioaktív izotópok esetében a kibocsájtott fotonok általában nem monokromatikusak. Ebben az esetben a nuklid  $\gamma$ -dózisállandóját a

$$K_{\gamma} = \sum_{i=1}^{n_i} K_{\gamma i}, \quad /1/$$

összefüggésből lehet számítani, ahol  $n_i$  az  $i$ -edik típusú fotonsugárzás bomlásonkénti relatív gyakorisága és  $K_{\gamma i}$  a hozzá tartozó dózisállandó.

A levegőben kapott besugárzási dózisteljesítménynek a vízben, izomszövetben és tömör csontszövetben elnyelt dózissá való átszámításához szükséges  $f$  tényezőket, az ICRU 30 által közölt adatok alapján, az 1. táblázatban foglaltuk össze  $f_{sz} K_{\gamma} = K_{sz}$ .

Tételezzük fel, hogy egy homogén abszorbeáló,  $V$  térfogatu közegben  $A$  aktivitás van egyenletesen eloszolva. Ekkor egy  $\Delta V$  térfogatelemtől  $r$  távolságban levő  $P$  pontban az elnyelt dózisteljesítmény:

$$\Delta \dot{D}_P = 10^3 K_{sz} \frac{A}{m} \rho \frac{1}{r^2} \varphi(r, E, Z_{eff}) \Delta V \text{ Gys}^{-1},$$

- ahol  $K_{sz}$  - a közeg /szövet/ dózisállandója,  
 $\varphi$  - az effektív rendszámu közegben  $E$  energiájú fotonsugárzás abszorpcióját leíró függvény,  
 $r$  - a  $\Delta V$  és a  $P$  pont távolsága m-ben,  
 $A$  - a közegben homogén eloszlott aktivitás Bq-ben,  
 $m$  - a  $V$  térfogatban levő anyag tömege kg-ban,  
 $\rho$  - az anyag sűrűsége kg/l-ben.

Az /1/ egyenletben szereplő  $\varphi$  gyengülési függvényre alkalmazhatjuk az adott anyagra és geometriai viszonyokra érvényes  $\exp\{-\mu(r)r\}$  kifejezést. E függvény értékeinek pontos kísérleti meghatározása vagy számítása meglehetősen nehéz, ezért helyettesítése során közelítéshez kell folyamodnunk. A közelítés rendszerint a probléma bonyolultságától függ, és általában figyelembe veszi az egyes paraméterek hatásosságát<sup>9, 15</sup>.

#### Térbeli sugárforrás, a geometriai tényező fogalma

Amennyiben a radioaktív anyag a tér egy tartományát betölti, akkor ennek elnyelt dózisteljesítménye a  $P/x, y, z/$  pontban - mely lehet a tartományon belül vagy kívül - az egész tartományra vett integrál:

$$\dot{D}_P = 10^3 K_{sz} c \rho \int_V \frac{1}{r^2} \varphi(r, E, Z_{eff}) dV \text{ Gys}^{-1}, \quad /2/$$

- ahol  $r$  - a  $P/x, y, z/$  pont és a  $dV$  közötti távolság m-ben,  
 $c$  -  $A/m$  a fajlagos aktivitás /mely minden esetben függvénye az időnek,  $c = c(t)/$  Bq/kg-ban,  
 $\rho$  - az anyag sűrűsége kg/l-ben.

## 1. táblázat

Az  $f$  tényező értékei 10 keV és 2 MeV  
közti energiájú fotonokra

Foton- energia keV	$f = \text{abszorbeált dózis/besugárzási dózis}$					
	viz		csont		izom	
	Gy/C·kg <sup>-1</sup>	rad/R	Gy/C·kg <sup>-1</sup>	rad/R	Gy/C·kg <sup>-1</sup>	rad/R
10	35,0	0,904	140	3,70	34,0	0,877
15	34,6	0,893	151	3,91	33,7	0,869
20	34,3	0,885	158	4,18	33,5	0,862
30	34,0	0,887	162	4,18	33,4	0,860
40	34,2	0,881	153	3,94	33,6	0,865
50	34,7	0,894	134	3,46	34,3	0,885
60	35,3	0,910	111	2,87	34,8	0,898
80	36,3	0,937	75,2	1,94	35,9	0,926
100	36,9	0,951	56,1	1,45	36,5	0,940
150	37,3	0,962	41,2	1,05	36,9	0,952
200	37,4	0,965	37,9	0,977	37,0	0,954
300	37,5	0,966	36,4	0,937	37,0	0,955
400	37,5	0,966	36,1	0,930	37,0	0,955
600	37,5	0,966	35,9	0,925	37,0	0,955
1000	37,5	0,966	35,8	0,924	37,0	0,955
2000	37,5	0,966	35,6	0,924	37,0	0,955

A számítás során meg kell határozni a /2/-ben levő integrált, melynek neve "a P pontra vonatkozó geometriai faktor", dimenziója méter, jele  $g$  vagy  $g/P \cdot V$ , és definíciója:

$$g_P = \int_V \frac{1}{r^2} \phi(r, E, Z_{\text{eff}}) dV \quad \text{m.}$$

Bizonyos esetekben, egy adott pontra vonatkoztatott elnyelt dózisteljesítménynél, sokkal fontosabb tudni a test /vagy adott  $V$  térfogatu geometriai forma/ által elnyelt dózisteljesítmény átlagát, melynek meghatározásához definiálni kell az átlag geometriai faktor fogalmát. Ez az adott target térforma egyes pontjaira vonatkoztatott geometriai faktorok súlyozatlan középértéke:

$$\bar{g} \equiv g(v \leftrightarrow v) = \frac{1}{V} \int_V g_P dV \quad \text{m.}$$

Ezek szerint, amikor a forrás és a target geometriai formája azonos, akkor az áthatoló sugárzás /p/ elnyelt dózisteljesítményének átlagát e térben az

$$\bar{D} = 10^3 K_{sz} \rho c \bar{g} \text{ Gys}^{-1} \quad /4/$$

kifejezés szolgáltatja.

A geometriai tényező meghatározásánál a  $\phi$  függvényt különféleképpen közelítik, illetve különféle egyszerűsítéseket szoktak tenni.

1. kis távolság / $r < 100$  mm/ és közepes energiájú  $\gamma$ -sugarak / $E > 0,2$  MeV/, esetén, mikor a  $\mu$  lineáris abszorpciós együttható és a távolság szorzatára fennáll a  $\mu r \ll 1$  feltétel, a

$$\phi(r, E, Z_{\text{eff}}) \approx \exp\{-\mu(r)r\} \approx 1$$

közelítést lehet alkalmazni;

2. nagyobb távolságoknál az előzőnél jobb közelítést ad a  $\mu(r)$  függvénynek a  $\mu_{\text{eff}}$  értékkel való helyettesítése. Ez esetben az általában előforduló 0,2-2 MeV energiatartományra jellemző  $\mu_{\text{eff}} = 0,28/\text{mm}$  értékét szokták alkalmazni, és  $\phi \approx \exp\{-0,00028 \cdot r\}$ -t helyettesítik a /3/ és /4/ kifejezésbe.

A /2/ és /3/ integrál pontos vagy közelítő meghatározásán túl van még más mód is a geometriai faktor származtatására; pl. a dozimetria reciproci-tási törvénye alapján, a Monte-Carlo módszerrel számolt pontszerű vagy térfogati sugárforrásra vonatkozó abszorpciós tényezőből számolható a pontra vagy a térfogatra vonatkozó, energiafüggő geometriai faktor. Ebben az esetben az átlagos dózisintenzitást a

$$\bar{D} = 10^3 \rho c \sum_i n_i K_{szi} \bar{g}_i \text{ Gys}^{-1}$$

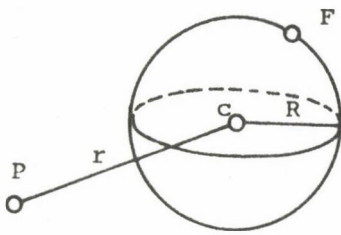
kifejezés adja, ahol  $i$  az  $i$ -edik típusú fotonsugárzást jelöli.

#### A gömb geometriai faktora

Egy  $R$  sugarú gömb középpontjától  $r$  távolságra levő  $P$  pontban /ahol  $r$  lehet kisebb vagy nagyobb  $R$ -nél/,

az 1. közelítés esetén

$$g_p(r) = 2\pi \left[ R + \frac{R^2 - r^2}{2r} \ln \left| \frac{R + r}{R - r} \right| \right].$$



Igazolható, hogy  $r = 0$  esetén,  
a központi helyen  $|g_C|$  van e kifejezés-  
nek a maximuma:  $g_C/O/ = 4\pi R$ .

A gömb felszínén elhelyezkedő F pontban  
 $|r = R|$ ,  $g_F/R/ = 2\pi R$ .

A gömb átlag geometriai faktora:  
 $g/v \leftrightarrow v/\bar{g} = 3\pi R$ .

A 2. közelítés esetén

$r < R$  esetben

$$g_P(\mu_{\text{eff}}, r < R) = 4\pi \left\{ \frac{1}{\mu_{\text{eff}}} + \frac{e^{-\mu_{\text{eff}}(R+r)}}{4\mu_{\text{eff}}} \left[ \frac{R}{r} - 1 + \frac{1}{\mu_{\text{eff}} r} \right] - \frac{e^{-\mu_{\text{eff}}(R-r)}}{4\mu_{\text{eff}}} \left[ \frac{R}{r} + 1 + \frac{1}{\mu_{\text{eff}} r} \right] + \right. \\ \left. + \frac{R}{4} \left( \frac{R}{r} - \frac{r}{R} \right) \int_{R-r}^{R+r} \frac{e^{-\mu_{\text{eff}} x}}{x} dx \right\}$$

$r > R$  esetben

$$g_P(\mu_{\text{eff}}, r > R) = 4\pi \left\{ \frac{e^{-\mu_{\text{eff}}(r-R)}}{4\mu_{\text{eff}}} \left[ \frac{R}{r} + 1 - \frac{1}{\mu_{\text{eff}} r} \right] + \frac{e^{-\mu_{\text{eff}}(R+r)}}{4\mu_{\text{eff}}} \left[ \frac{R}{r} - 1 + \frac{1}{\mu_{\text{eff}} r} \right] + \right. \\ \left. + \frac{R}{4} \left( \frac{R}{r} - \frac{r}{R} \right) \int_{r-R}^{R+r} \frac{e^{-\mu_{\text{eff}} x}}{x} dx \right\}.$$

A gömb középpontjában:

$$g_C(\mu_{\text{eff}}, r=0) = \frac{4\pi}{\mu_{\text{eff}}} (1 - e^{-\mu_{\text{eff}} R})$$

A gömb felszínén elhelyezkedő pontban:

$$g_F(\mu_{\text{eff}}, r = R) = \frac{\pi}{\mu_{\text{eff}}^2 R} (2\mu_{\text{eff}} R + e^{-2\mu_{\text{eff}} R} - 1)$$

A gömb átlag geometriai faktora:

$$\bar{g}(\mu_{\text{eff}}) = 3\pi R \left[ 1 + 8 \sum_{\nu=1}^{\infty} \frac{\nu+3}{(\nu+4)!} (-2\mu_{\text{eff}} R)^{\nu} \right]$$

/Lásd a 2. táblázatot és a 2. ábrát./

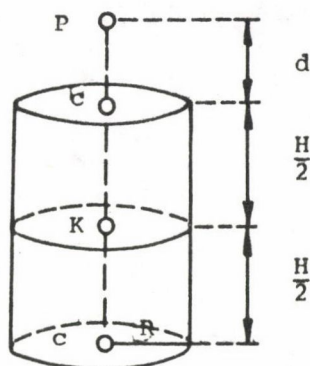
2. táblázat

A gömb geometriai faktora /mm-ben/, egyenletesen eloszlott  $\gamma$ -sugárzó izotóp esetén

A gömb sugara R /mm/	$\mu \sim 0$			$\mu \sim 0,28/\text{mm}$		
	$g_C$	$\bar{g}$	$g_F$	$g_C$	$\bar{g}$	$g_F$
10	125,7	94,2	62,8	123,9	92,9	61,7
20	251,3	188,5	125,7	244,4	183,0	121,1
30	377,0	282,7	188,5	361,6	270,5	178,4
40	502,7	377,0	251,3	475,5	355,5	233,6
50	628,3	471,2	314,2	586,3	438,0	286,8
60	754,0	565,5	377,0	694,1	518,2	338,1
70	879,6	659,7	439,8	798,8	596,0	387,6
80	1005,3	754,0	502,7	900,7	671,7	435,3
90	1131,0	848,2	565,5	999,7	745,2	481,3
100	1256,6	942,5	628,3	1096,0	816,7	525,8
110	1382,3	1036,7	691,2	1189,7	886,2	658,7
120	1508,0	1131,0	754,0	1280,8	953,7	610,0
130	1633,6	1225,2	816,8	1369,3	1019,38	650,0
140	1759,3	1319,5	879,6	1455,4	1083,2	688,6
150	1885,0	1413,7	942,5	1539,2	1145,4	725,9
200	2513,3	1885,0	1256,6	1924,4	1431,7	894,2
250	3141,6	2356,2	1570,8	2259,3	1682,2	1036,4
300	3769,9	2827,4	1885,0	2550,5	1902,3	1157,3

A körhenger geometriai faktora

A H magasságu és 2 R átmérőjű körhenger alap-, illetve fedőlapjának középpontjában jelöljük a geometriai faktort  $g_C$ -vel, a henger középpontjában  $g_K$ -val és a henger tengelyén elhelyezkedő tetszőleges pontban /mely lehet a hengeren



kívül vagy belül/  $g_P$ -vel. Amennyiben ismert a C pontokban a  $g_C$  értéke, és R nem változik, érvényesek az alábbi, hengermagassággal jellemezhető összefüggések:

$$g_K(H) = 2 g_C\left(\frac{H}{2}\right)$$

hengeren belüli P pontra

$$g_P = g_C(d) + g_C(H - d),$$

hengeren kívüli P pontra

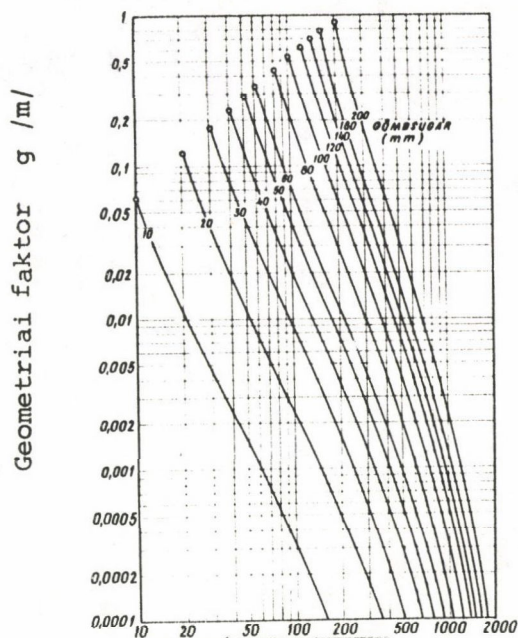
$$g_P = g_C(H + d) - g_C(d).$$

1. közelítés esetén:

$$g_C(H, 2R) = \pi \left[ H \ln\left(1 + \frac{R^2}{H^2}\right) + 2 \operatorname{arctg} \frac{H}{R} \right],$$

2. közelítés esetén:

$$g_C(\mu_{\text{eff}}, H, 2R) = \pi \left[ H \ln\left(1 + \frac{R^2}{H^2}\right) + 2 \operatorname{arctg} \frac{H}{R} - \mu_{\text{eff}} \left[ \frac{H}{\sqrt{H^2 + R^2}} + R^2 \ln\left(\frac{H}{R} + \sqrt{1 + \frac{R^2}{H^2}}\right) \right] \right]$$



Távolság a gömb középpontjától mm-ben

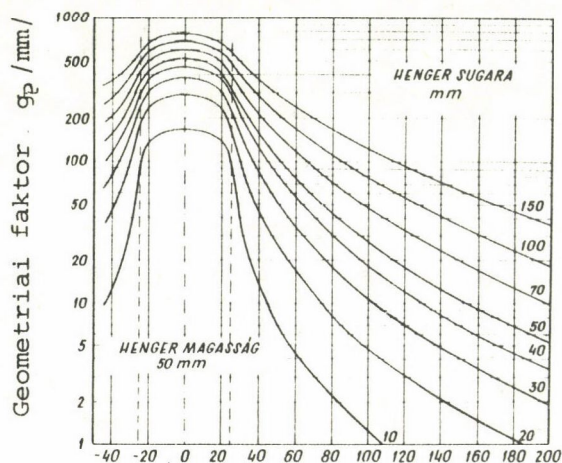
## 2. ábra

Gömb geometriai faktora egy, a gömbön kívül lévő P pontra vonatkoztatva, ( $\mu \sim 0,28 \text{ m}^{-1}$ )

$$\begin{aligned}
 & + \frac{H^2}{R^2}) - H^2 \left] + \frac{\mu^2_{eff} R^2}{2} H - \frac{\mu^3_{eff}}{72} \left[ (2H^3 + 5HR^2) \sqrt{(R^2 + H^2)} + \right. \\
 & + 3R^4 \ln\left(\frac{H}{R} + \sqrt{1 + \frac{H^2}{R^2}}\right) - 2H^4 \left] + \frac{\mu^4_{eff}}{144} (3R^4 H + 2R^2 H^3) - \right. \\
 & - \frac{\mu^5_{eff}}{14 \cdot 400} \left[ (33R^4 H + 26R^2 H^3 + 8H^5) \sqrt{(R^2 + H^2)} + 15R^6 \ln\left(\frac{H}{R} + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \sqrt{1 + \frac{H^2}{R^2}}\right) - 8H^6 \right] + \frac{\mu^6_{eff}}{10 \cdot 800} (5R^6 H + 5R^4 H^3 + 3R^2 H^5) - + \dots \}
 \end{aligned}$$

Ezekkel a kifejezésekkel meg tudjuk határozni a körhenger tengelyén a maximális elnyelt dózist.

A hengerben átlag elnyelt dózis számításához szükséges átlag geometriai faktort csak közelítő számítással lehet meghatározni. Loevinger és munkatársai<sup>7</sup>, valamint Focht és munkatársai<sup>9</sup> közöltek dózisszámításra alkalmas szövetekvivalens körhengerestire átlag geometriai faktorértékeket /3. táblázat/.



Távolság a henger középpontjától mm-ben

3. ábra

A körhenger tengelyén elhelyezkedő P pontra vonatkoztatott geometriai faktor

a a forgási tengely - vagyis ha lapított forgási ellipszoiddal van dolgunk -, akkor a középpontra vonatkoztatott geometriai faktor 1. közelítés esetén:

$$g_C(a, a, c) = 4\pi \frac{ac}{\sqrt{(a^2 - c^2)}} \arctg \sqrt{\left(\frac{a^2}{c^2} - 1\right)},$$

Az ellipszoid átlag geometriai faktorának energiafüggő értékei a 4. táblázatban találhatóak.

A forgási ellipszoid geometriai faktorára

A forgási ellipszoid geometriai faktorát általában csak közelítőleg lehet meghatározni. Abban a speciális esetben, ha a féltengelyekre fennáll, hogy a = b < c, továbbá, hogy

3. táblázat

Körhenger átlag geometriai faktora,  $\bar{g}$  /mm-ben/, egyenletesen eloszlott  $\gamma$ -sugárzó izotóp esetén  $\mu = 0,28/\text{mm}$

A henger magassága /mm/	A henger sugara /mm/										
	10	20	30	50	70	100	150	200	250	300	350
10	38,0	75,0	102,0	130,0	135,0	138,0	151,0	160,0	175,0	180,0	190,0
20	65,0	117,0	157,0	216,0	232,0	252,0	281,0	305,0	328,0	354,0	373,0
30	84,0	147,0	198,0	277,0	310,0	345,0	392,0	429,0	465,0	495,0	525,0
50	106,0	188,0	256,0	360,0	424,0	485,0	561,0	626,0	682,0	730,0	772,0
70	116,0	214,0	293,0	414,0	500,0	590,0	687,0	778,0	847,0	902,0	938,0
100	127,0	236,0	330,0	471,0	578,0	702,0	832,0	940,0	1030,0	1090,0	1130,0
150	137,0	256,0	364,0	532,0	661,0	814,0	997,0	1130,0	1230,0	1300,0	1350,0
200	142,0	267,0	380,0	563,0	722,0	896,0	1110,0	1270,0	1390,0	1470,0	1520,0
300	145,0	276,0	397,0	599,0	768,0	988,0	1240,0	1440,0	1590,0	1720,0	1790,0
400	148,0	282,0	407,0	624,0	800,0	1030,0	1330,0	1560,0	1750,0	1870,0	1970,0
500	148,0	284,0	413,0	641,0	822,0	1060,0	1390,0	1650,0	1850,0	1990,0	2080,0
600	148,0	287,0	417,0	655,0	840,0	1090,0	1430,0	1710,0	1930,0	2060,0	2160,0
700	148,0	288,0	419,0	656,0	853,0	1110,0	1460,0	1740,0	1960,0	2120,0	2220,0
800	148,0	288,0	421,0	658,0	860,0	1120,0	1480,0	1760,0	1980,0	2140,0	2260,0
900	148,0	289,0	423,0	660,0	865,0	1130,0	1490,0	1770,0	1990,0	2160,0	2280,0
1000	148,0	292,0	425,0	662,0	868,0	1140,0	1500,0	1790,0	2010,0	2180,0	2300,0

## 4. táblázat

Ellipszoid átlag geometriai faktora -  $\bar{g}$  /m/ - Monte-Carlo módszerrel számolva<sup>22</sup>

tömeg /kg/	féltengelyek /mm/	kvantumenergia /MeV/						
		0,03	0,04	0,06	0,10	0,16	0,364	0,662
2	61 x 110 x 569	0,353	0,634	0,55	0,496	0,508	0,433	0,517
4	77 x 139 x 716	0,420	0,650	0,738	0,666	0,647	0,572	0,598
6	88 x 199 x 821	0,458	0,690	0,864	0,776	0,732	0,658	0,667
10	104 x 188 x 972	0,505	0,770	1,04	0,926	0,854	0,774	0,779
20	132 x 237 x 1225	0,562	0,920	1,29	1,17	1,05	0,948	0,964
40	166 x 299 x 1540	0,614	1,08	1,57	1,45	1,29	1,14	1,16
70	200 x 360 x 1860	0,652	1,20	1,81	1,73	1,50	1,31	1,31
100	225 x 405 x 2100	0,675	1,27	1,98	1,93	1,66	1,43	1,42

## Az emberi test és az egyes szervek geometriai faktora

Az egyes szervek abszorbeált dózisának számításához a szerv alakjához hasonlító, a szerv térfogatával megegyező, homogén sűrűségű gömböket, hengereket és ellipszoidokat szoktak használni /5. táblázat/.

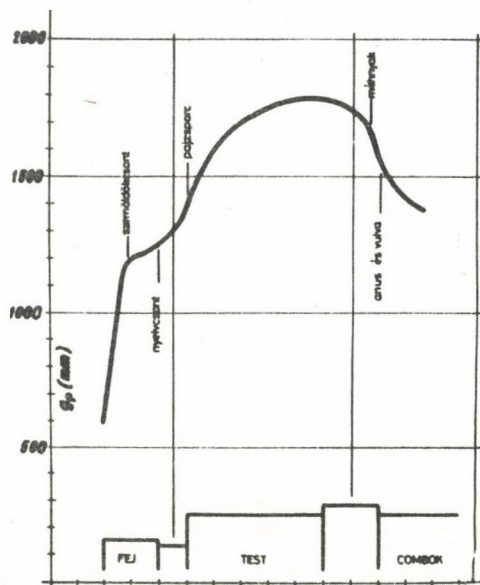
## 5. táblázat

Különböző koru egyének átlag test- és szervtömege és a hozzá tartozó átlag geometriai faktor<sup>23</sup>

kor	egésztest		pajzsmirigy		vese		máj		lég	
	tömeg /kg/	$\bar{g}$ /m/	tömeg /kg/	$\bar{g}$ /m/	tömeg /kg/	$\bar{g}$ /m/	tömeg /kg/	$\bar{g}$ /m/	tömeg /kg/	$\bar{g}$ /m/
újszülött	3,54	0,64	0,0019	0,07	0,023	0,16	0,136	0,27	0,0094	0,12
1 éves	12,1	0,89	0,0025	0,08	0,072	0,22	0,333	0,36	0,031	0,17
5 éves	20,3	0,94	0,0061	0,11	0,112	0,25	0,591	0,44	0,054	0,20
10 éves	33,5	1,02	0,0087	0,12	0,187	0,30	0,918	0,50	0,101	0,25
15 éves	55,0	1,12	0,0158	0,14	0,247	0,33	1,289	0,55	0,138	0,28
standard ember	70,0	1,26	0,02	0,15	0,3	0,35	1,7	0,59	0,15	0,29

A "standard" emberi test is ilyen homogén sűrűségű, testekvivalens anyagot tartalmazó hengerekből álló fantommal közelíthető, és az adott térbeli elhelyezkedésre, a fantom tengelyén tetszőleges P pontra vonatkozó, az egész testtől származó geometriai tényező kiszámítható /4. ábra/.

Az ilyen módon megszerkesztett fantom felhasználható az egyes targetszervek - egész testtől, mint forrásszervtől kapott - elnyelt dózisének meghatározására<sup>7</sup>. Az előzőekből nyilvánvaló, hogy henger esetén a tengelyvonal mentén kapjuk a maximális geometriai faktort és ennek megfelelően a maximális dózisteljesítményt. A számítás során feltételezzük, hogy a targetszerv a tengelyen pontszerűen helyezkedik el /erre nézve ismert a geometriai faktor és így az egész testtől, mint forrásszervtől a targetszervek által abszorbeált dózis viszonylag egyszerűen kiszámítható. Kiterjedt targetszerveknél /pl. a tüdő/ a tengelyvonalra vonatkozó vetületüknek ismeretében, közelítő, átlag geometriai faktorérték szerkeszthető. Ezek a számítások természetesen a tényleges dózis felső korlátját adják, mégis a gyakorlatban, egyszerűségük miatt, széles körben használatosak.



4. ábra

Körhengerekkel közelített homogén "standard" emberi test geometriai faktora a fantom tengelyén lévő tetszőleges P pontban, Loevinger és munkatársai<sup>7</sup> nyomán

Arra az esetre, ha a forrásszerv és a targetszerv maga az egész test /ET $\leftrightarrow$ ET/, az egész testben elnyelt átlag  $\gamma$ -dózist az ide vonatkozó átlag geometriai tényező ismeretében lehet csak meghatározni. Az egész testre érvényes átlag geometriai tényezőt nemcsak "standard" emberre, hanem egyedi esetre vonatkoztatva is meg lehet határozni. Ismerve egy adott ember testének közelítő átmérőjét és magasságát, kiválaszthatjuk az alakját és tömegét legjobban megközelítő hengert, és annak geometriai faktorértékeit<sup>7,9</sup> használjuk fel a számításra.

Nyitva maradt még az a kérdés, hogy az egyes forrásszervekben koncentrációzott radioaktivitás a másik szervben, mint targetszervben mekkora dózisterhelést eredményez /pl. mekkora dózisterhelést jelent a gonádoknak a vesében felhalmozódott radioaktív anyag /. Erre az esetre Krasznai és Földes<sup>16</sup>, illetve Farkas és Krasznai<sup>17</sup> azt a módszert ajánlotta, hogy az egyes forrás-

szerveket homogén gömbbel közelítsük, majd a targetszerv közepes távolságának megfelelő helyre - mint referenciapontra - számítsuk ki az elnyelt dózist.

Ezzel a módszerrel figyelembe lehet venni egy szerv adszorbeált dózisének számolásánál az egész testben, a radionuklidot dúsító szervekben és magában a kérdéses szervben kumulálódott aktivitást.

#### SZÁMITÁSI ELJÁRÁSOK NEM ÁTHATOLÓ SUGÁRZÁS ESETÉN

A Marinelli-féle számítási modell nem áthatoló sugárzásnak eredetileg csak a  $\beta$ -sugárzást vette. Ugy találták ugyanis, hogy a gyakorlatban előforduló  $\beta$ -részek energiája akkora, hogy légyszövetben vett maximális hatótávolságuk nem haladja meg a 10 mm-t /ez kb. 2 MeV maximális energiájú  $\beta$ -részecske hatótávolsága/, ezért nevezték ezeket nem áthatoló /np/, vagyis helyileg elnyelődő sugárzásnak. Ez a helyileg elnyelődő energia bomlásonként

$$E_{np} = n\bar{E}_{\beta},$$

ahol  $\bar{E}_{\beta}$  - a  $\beta$ -részecske átlagenergiája,  
 $n$  - a  $\beta$ -részecske bomlásonkénti relativ gyakorisága.

Több  $\beta$ -rész esetén - mint pl  $^{131}_{53}\text{I}$ -nál - a fenti kifejezés

$$E_{np} = \sum_{i=1}^k n_i \bar{E}_{\beta i}$$

alakura módosul,

ahol  $i$  az  $i$ -edik energiájú  $\beta$ -bomlást jelöli.

A későbbiek során vált nyilvánvalóvá, hogy a  $\beta$ -sugárzáson kívül más sugárzás is rövid hatótávolságon belül abszorbeálódik, így a pozitronsugárzás, az Auger-elektronok, a konverziós elektronok és a kis energiájú elektromágneses sugárzás. Az utóbbira Loevinger és munkatársai javasolták<sup>7</sup>, hogy azokat a kis energiájú fotonokat, melyek az emittáló atomtól rövid távolságra feltétlenül abszorbeálódnak, a dozimetriai számítás szempontjából hasonlóképpen kezeljék, mint a  $\beta$ -részeket. A fotonenergiára a következő szabályt állították fel: ha egy vízzel telt 10 mm sugarú gömb középpontjába helyezett pontszerű sugárforrás energiája akkora, hogy annak legalább 95%-a a gömbön belül elnyelődik, akkor ezt a fotont helyileg abszorbeálódnak tekintjük. E feltételnek a 11,3 keV-nél kisebb energiájú fotonok tesznek eleget, ezért ezeket a számítás szempontjából úgy kezeljük, mint a  $\beta$ -sugarakat. Az ún. " $\beta$ -tipusu" sugárzások gyakorisági, illetve energetikai viszonyainak számítására Loevinger és munkatársai<sup>7</sup>, majd E.M. Smith és munkatársai<sup>18</sup> közöltek gyakorlati számításra alkalmas kifejezéseket. Ezeket a számításokat elsősorban az M. Lederer és munkatársai által publikált izotópbomlási táblázatokkal<sup>19</sup> lehetett elvégezni. Hasonló számításra jelenleg a Dillman és Van der Lage által publikált táblázatok a legmegfelelőbbek<sup>20</sup>. Ezek részletesen közlik az egyes sugárzási fajtákat, közepes energiájukat és relativ gyakoriságukat.

Összefoglalva: a helyileg abszorbeálódó összes energia átlaga a következőkből tevődik össze:

$$\bar{E}_{np} = \sum_{j=1}^l \sum_{i=0}^k n_{ji} \bar{E}_{ji},$$

ahol az összegzést a nem áthatoló sugárzás fajtáira /j/, illetve energiáira /i/ kell elvégezni.

A nem áthatoló sugárzásból származó átlag elnyelt dózisteljesítmény:

$$\bar{D}_{np} = 1,6 \cdot 10^{-13} \bar{E}_{np} c \quad \text{Gys}^{-1} \quad /7/$$

ahol  $\bar{E}_{np}$  - az átlagenergia MeV-ben,  
 $c$  - a fajlagos aktivitás Bq/kg-ban.

#### AZ ELNYELT DÓZISTELJESÍTMÉNY ÉS AZ ELNYELT DÓZIS

A testszövet fajlagos aktivitása időben változik;  $c = c(t)$ . A változást részben a fizikai felezési idő, részben a radionuklidot hordozó kémiai vegyület biokinetikai paramétereit határozzák meg. Így egy adott időben az átlag elnyelt dózisteljesítményt a /4/ és /7/-nek megfelelően a

$$\bar{D} = \bar{D}_p + \bar{D}_{np} = (10^3 K_{sz} \rho \bar{g} + 1,6 \cdot 10^{-13} \bar{E}_{np}) c(t) \quad \text{Gys}^{-1}$$

kifejezés szolgáltatja. Ebből következik, hogy a teljes elnyelt átlagdózis:

$$\bar{D} = \int_0^{\infty} \bar{D}_{dt} = (10^3 K_{sz} \rho \bar{g} + 1,6 \cdot 10^{-13} \bar{E}_{np}) \int_0^{\infty} c(t) dt \quad \text{Gy.}$$

Az integrál neve kumulált koncentráció<sup>21</sup>,  $\bar{c}$  dimenziója  $\text{Bq s kg}^{-1}$ , és adott szervre /vagy térfogatra/ van definiálva.

A kumulált koncentráció meghatározásához kísérletesen meg kell mérni a szervben levő aktivitás időtől függő értékét és a szerv tömegét. Az ábrázolt koncentrációgörbéből az integrálást elvégezhetjük grafikusán, vagy ha a görbét függvényekkel meg lehet közelíteni, akkor analitikusan. Ha a szerv fajlagos aktivitásának időbeli változása exponenciális tagok összegeként írható fel,

$$c = \sum_n a_n \exp \{-\ln 2 \cdot t / T_{n \text{ eff}}\},$$

akkor azt a  $(0, \infty)$  intervallumra integrálva a

$$\check{c}_{\infty} = 1,44 \sum_n c_n(0) T_{n \text{ eff}} \text{ Bq s kg}^{-1} \quad /8/$$

értéket kapjuk,

ahol  $c_n/0/$  - az  $n$ -edik tag  $t = 0$  időbeni fajlagos aktivitása,

$T_{n \text{ eff}}$  - a hozzá tartozó effektív felezési idő.

Amennyiben az utolsó mérés alkalmával a szervben levő aktivitás értéke nem nulla, akkor az utolsó mérési időn túl, az effektív felezési idő helyett csak a fizikai felezési időt vehetjük figyelembe. A /8/ kifejezés értelemszerűen a következőképpen módosul:

$$\check{c}_{\infty} = 1,44 \sum_{n=1}^{k-1} c_n(0) T_{n \text{ eff}} + 1,44 c_k(0) T_{k \text{ eff}} (1 - \exp\{-\frac{\ln 2}{T_{k \text{ eff}}} t^*\}) + 1,44 c_k(t^*) T_{k \text{ eff}}$$

ahol  $t^*$  - az utolsó mérési idő s-ben,

$T$  - a fizikai felezési idő s-ben,

$c_k(t^*)$  - a  $k$ -adik komponens fajlagos aktivitása  $t = t^*$  időpontban.

Az utolsó mérési időn túl számolható kumulációt az egyenlet utolsó tagja fejezi ki. E megkötéssel a kumulált érték a mérésekhez igazodva korrekt, de a valóságban így a felső korlátját kapjuk a számításba jövő tényleges értékeknek.

A Marinelli-féle számítási modellt a mai napig is széles körben alkalmazzák. A később ismerttetendő modellek a benne előforduló hibákat kiküszöbölték, de az alapelképzelésen - mint ahogy azt látni fogjuk - lényegében nem sokat változtattak.

## IRODALOM

1. *Hevesi G.*, The Absorption and Translocation of Lead by Plants, *Biochem. J.* 17 /1923/ 439
2. *H.L. Blumgart, S. Weiss*, Studies on the Velocity of Blood-Flow, *J. Clin. Invest.* 4 /1927/ 399
3. *J.G. Hamilton*, The Rates of Absorption of the Radioactive Isotopes of Sodium, Potassium, Chlorine, Bromine and Iodine in Normal Human Subjects, *Amer. J. Physiol.* 124 /1938/ 667
4. *L.D. Marinelli*, Dosage Determinations with Radioactive Isotopes, *Amer. J. Roentgenol.* 47 /1942/ 210
5. *L.D. Marinelli, E.H. Quimby, G.J. Hine*, Dosage Determination with Radioactive Isotopes, *Amer. J. Roentgenol.*, 49 /1948/ 260
6. *R. Loevinger, E.M. Japha, G.L. Brownell*, Discrete Radioisotope Sources, "Radiation Dosimetry" /Eds: G.J. Hine and G.L. Brownell/, Academic Press, New York, 1956, 694

7. *R. Loevinger, J.G. Holt, G.J. Hine*, Internally Administered Radioisotopes, "Radiation Dosimetry" /Eds: G.J. Hine and G.L. Brownell/, Academic Press, New York, 1956, 803
8. *E.H. Quimby*, Dosage Calculations for Radioactive Isotopes, "Radioactive Isotopes in Medicine and Biology" /Eds. E.H. Quimby and S. Feitelberg/, Lea and Febiger, Philadelphia, 1963, 215
9. *E.F. Focht, E.H. Quimby, M. Gershowitz*, Revised Average Geometric Factors for Cylinders in Isotope Dosage, Radiology 85 /1965/ 151
10. Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation, ICRP Publication 2 /1959/
11. Report of the Task Group on Reference Man, ICRP Publication 23 /1974/
12. Indian Standard Man, Handbook of Health Physics Data /Eds. S. Krishnamony and V.M. Radhumath/, B.A.R.C. /I-55, 1969
13. *H. Yamaguchi, Y. Kato, A. Shirogai*, The Transformation Method for the MIRD Absorbed Fraction as Applied to Various Physiques Phys. Med. Biol. 20 /1975/ 593
14. *F.W. Spiers*, Radioisotopes in the Human Body, Academic Press, New York, 1968, 103
15. *M.M. Gupta, A.R. Reddy, P.C. Gupta, A. Nagaratnam*, A Modified Geometric Factor Approach to Internal Gamma Ray Dosimetry, BritJ,Radiol. 49 /1976/ 71
16. *Krasznai I., Földes J.*, A  $^{131}\text{I}$  izotóp diagnosztikus és terápiás alkalmazásának dozimetriai kérdései, M.Radiol. 14 /1962/ 232
17. *Farkas Gy., Krasznai I.*, Orvosi izotópdiagnosztikus vizsgálatok sugárterhelése, Atomtechnikai Tájékoztató 3 /1963/ 769
18. *E.M. Smith, C.C. Harris, R.H. Rohrer*, Calculation of Local Energy Deposition Due to Electron Capture and Internal Conversion, J. Nucl. Med. 7 /1965/ 23
19. *C.M. Lederer, J.M. Hollander, I. Perlman*, Table of Isotopes, Wiley, New York, 1967
20. *L.T. Dillman, F.C. Van der Lage*, Radionuclide Decay Schemes and Nuclear Parameters for Use in Radiation - Dose Estimation, J. Nucl. Med. MIRD Pamphlet No. 10 /1975/
21. *Farkas Gy., Kocsár L., Kutas V.*, Radioaktiv jóddal jelzett Gordox kumulációja és a kritikus szervek sugárterhelése, Izotóptechnika /Budapest/ 18 /1975/ 165
22. *G.L. Brownell, W.H. Ellet, A.R. Reddy*, Absorbed Fraction for Photon Dosimetry, J. Nucl. Med. Suppl. No. 1. Pamphlet No.3 /1968/
23. *J.C. Kereiakes, R.A. Seltzer, B. Blackburn, E.L. Saenger*, Radionuclide Doses to Infants and Children, Health Phys. 11 /1965/ 999

## A 15 LEU-HUMAN GASZTRIN 1-17 RADIOIMMUNOASSAY KIDOLGOZÁSÁVAL SZERZETT TAPASZTALATAINK

Remák G\*, Penke B.\*\*, Németh J.\*, Balásperi L.\*\*, Kovács L\*\*, Varga L.\*

\*Szegedi Orvostudományi Egyetem, I.sz. Belgyógyászati Klinika

\*\*Szegedi Orvostudományi Egyetem, Orvosvegytani Intézet

/Érkezett 1980. december 9-én/

A humán gasztrin 1-17 mérésére alkalmas RIA-t dolgoztunk ki. Ellenanyaguk méri az emberi keringésben található, különféle molekulásulyu gasztrinszár-mazékokat. Az ellenanyag a gasztrinmolekula 13-tól 16-ig terjedő aminosav-szekvenciájára a legérzékenyebb.

Опыты по разработке радиоиммунологического анализа 15 леу-человеческого гастринна

Ремак, Г., Пенке, Б., Немец, Я., Балашпири, Л., Ковач, Л., Варга, Л.

Был разработан радиоиммунологический анализ человеческого гастринна 1-17. Производные с разными молекулярными весами гастринна, находящиеся в человеческом вращении, измеряются антителом. Антитело является наиболее чувствительным к секвенциям от 13 до 16 аминокислоты молекулы гастринна.

Experiences with the Development of the Radioimmunoassay of 15 Leu Human Gastrin

Remák, G., Penke, B., Németh, J., Balásperi, L., Kovács, L., Varga, L.

A RIA for the measurement of human gastrin 1-17 was developed. Antibody measures the gastrin derivatives of various molecular weight in the human circulation. The antibody is the most sensitive to the amino acidic sequences from 13 to 16 of the gastrin molecule.

### BEVEZETÉS

A gasztrin radioimmunoassay /RIA/ kidolgozása McGuigan és munkatársai nevéhez fűződik<sup>1</sup>.

Klinikai laboratóriumi rutin vizsgálatra alkalmas gasztrin RIA kit a kereskedelemben több változatban kapható. Mivel a szérum gasztrinszintjének meghatározása iránt ma már egyre gyakoribb az igény, hazai körülmények között viszont a kitek beszerzése költséges, és devizát igényel, ezért érdemesnek tartottuk az általunk kidolgozott gasztrin RIA beállításával kapcsolatos tapasztalataink ismertetését. Gasztrin RIA mérésről a magyar irodalomban eddig csak kit felhasználásával kapcsolatban jelent meg közlemény<sup>4</sup>.

## ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

### ANTIGÉNKÉSZÍTÉS

A 15 Leu-Human gasztrin 1-17-et prof. Dr. Wünschtöl/Max-Planck-Institut, München/ kaptuk ajándékba.

A gasztrint bovin szérum albuminhoz /BSA/ kapcsoltuk aktivészter-technikával. 10 ml BSA-t oldottunk 1,0 ml kétszer desztillált víz és dimetilformamid /DMF/ 1:1 arányu keverékében. 7,2 mg gasztrint 0,5 ml dioxán és 1,2 ml DMF keverékében oldottunk fel. A gasztrinoldathoz cseppenként 27  $\mu$ l trietilamint adtunk, majd az oldatot 0°C-ra hűtöttük. Lehülés után a gasztrinoldathoz 13  $\mu$ l 10%-os klórszénsav izobutilésztert adagoltunk cseppenként. A reakcióelegyet 0°C-on 3 percig kevertük. Ez alatt aktiválódtak a gasztrin szabad karboxilcsoportjai. Az aktivált gasztrinoldathoz állandó keverés közben cseppenként hozzáadtuk a közben 0°C-ra hűtött BSA-oldatot. A reakció zajlását buborékképződés formájában széndioxid felszabadulása jelezte. A 120 perces reakcióidő alatt a pH-t 0,01 M nátriumhidroxiddal 7,0-en tartottuk. A kapcsolás után a gasztrin-BSA-antigént 6 órán át desztillált vízzel szemben 0°C-on dializáltuk, majd liofilizáltuk. Aminosav-analizissel vizsgálva az antigéneken belül a gasztrin-BSA molaránya 12:1 volt.

### IMMUNIZÁLÁS

A gasztrin-BSA-antigénnel három vegyes törzsű him nyulat immunizáltunk. A nyulak egy hónapos időközönként 1-1 ml Freud adjuváns és fiziológias sószuszpenzióban oldott 1 mg antigént kaptak, 15-20 helyre elosztva szubkután a hát bőre alá. Az immunválaszt a negyedik oltástól kezdve Ouchterlony immunodiffúziós technikával ellenőriztük. Mindhárom nyulban precipitáló ellenanyagot tudtunk kimutatni a negyedik oltás után. A három immunsavó közül csak egy bizonyult alkalmasnak a gasztrin megkötésére. A gasztrinkötést  $^{125}\text{I}$  izotóppal jelölt gasztrin segítségével vizsgáltuk. Ezt az állatot az arteria carotison keresztül elvéreztettük. Szérumát 5%-os humán albuminnal tiszteresére hígítottuk, és aliquotokban liofilizálva 4°C-on tároltuk.

### GASZTRIN JELÖLÉSE $^{125}\text{I}$ IZOTÓPPAL

A jelölést a Hunter és Greenwood által leirt Chloramin-T-eljárással végeztük<sup>2</sup>.

A reakciócsőbe folyamatosan bemértünk

a/  $3,7 \times 10^7$  becquerel/20  $\mu$ l hordozómentes  $\text{Na}^{125}\text{I}$ -t,

b/ 1  $\mu$ g/10  $\mu$ l 0,25 M pH 7,4 foszfátpufferben oldott gasztrin 1-17-et,

c/ 35  $\mu\text{g}/10 \mu\text{l}$  foszfátpufferben oldott Chloramin-T-t.

A reakcióelegyet 20 másodpercig kevertük, majd hozzáadtunk

d/ 120  $\mu\text{g}/10 \mu\text{l}$  foszfátpufferben oldott Na-metabiszulfidot és

e/ 50  $\mu\text{l}$  humán szérumot.

A reakcióelegyet  $4^{\circ}\text{C}$ -on 20%-os akrilamid plate gélelektroforézissel tisztítottuk. A 25 mA-rel történő 8 órás futtatás után a brómfenolfront előtt elhelyezkedő gélszakaszt milliméterenként feldaraboltuk, és megmértük a gélkockák radioaktivitását. A legnagyobb aktivitású frakciókból pár órás fagyasztás után 5% HSA-t tartalmazó 0,02 M veronálpufferben végzett óvatos nyomkodással eluáltuk a jelölt anyagot. Az immunreaktivitás lemérése után a jelölt gasztrint aliquotokban  $-20^{\circ}\text{C}$ -on tároltuk. Az általunk előállított jelölt gasztrin fajlagos aktivitása  $11,1 \cdot 10^{10}$  Bq/mMol.

#### GASZTRINSTANDARD

Liofilizált humán gasztrin 1-17-et 5% HSA-t tartalmazó, 0,02 M pH 8,4 veronálpufferben oldottunk, 10 ng/100  $\mu\text{l}$  aliquotokban liofilizálva  $-20^{\circ}\text{C}$ -on tároltuk. A standardok biológiai aktivitását félévenként konduktometriás bioassay-vel ellenőriztük. A RIA-hoz az ampullát 5 ml pufferben oldottuk; ekkor a kiindulási koncentrációnk 2000 pg/ml. Ebből felező higitással 1000-500-250-125-62,5-31,25 pg/ml koncentrációju oldatokat készítettünk.

#### A GASZTRIN RIA

Inkubációs keverék: 0,5 ml 0,02 M pH 8,4 veronálpuffer,

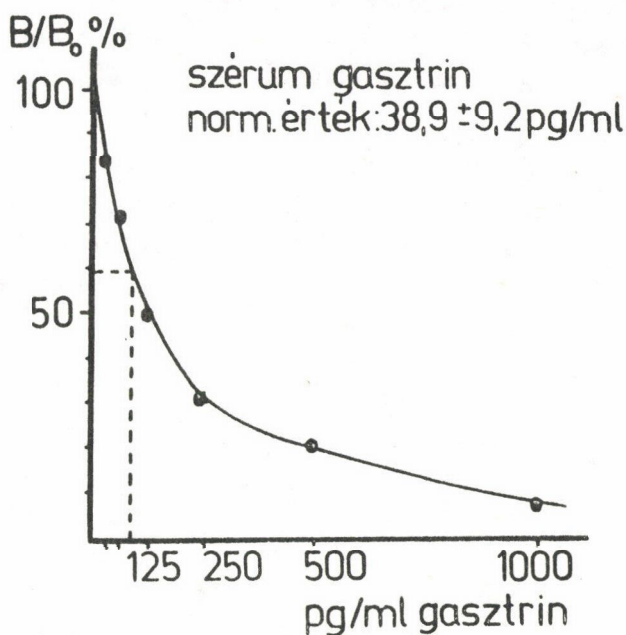
0,1 ml standard vagy minta,

0,1 ml 5-800 x higitott antiszérum,

0,1 ml, kb. 5000 cpm jelölt gasztrin.

Összekeverés után 48 óráig inkubáltuk  $4^{\circ}\text{C}$ -on. Ezt követően a standardot tartalmazó csövekbe 0,1 ml komplement savót mértünk /Humán Oltóanyagtermelő Vállalat/.

Az ellenanyag által kötött és a szabadon maradó hormonfrakciók elválasztására csövenként 0,5 ml szuszpenzióban 7,5 mg aktiv szén és 0,75 mg dextránt mértünk be. Husz másodperces keverés után a csöveket centrifugáltuk, és dekantáltuk. A csövekbe bemért összes radioaktivitásból, amelyet állandónak vettünk, kivontuk a szénhez kötődött szabad frakciók aktivitását. Az egyes csövek radioaktivitását a teljes kötő kapacitás /0 standard = jelöletlen gasztrint nem tartalmazó rendszer/ %-ában fejeztük ki, a nem fajlagos kötési aktivitás levonása után. Az összes kötőkapacitás %-ában kifejezett radioaktivitást a gasztrinkoncentráció függvényében ábrázolva ismeretlen gasztrinkoncentrációju minta meghatározására alkalmas kalibrációs görbét kaptunk /1. ábra/.



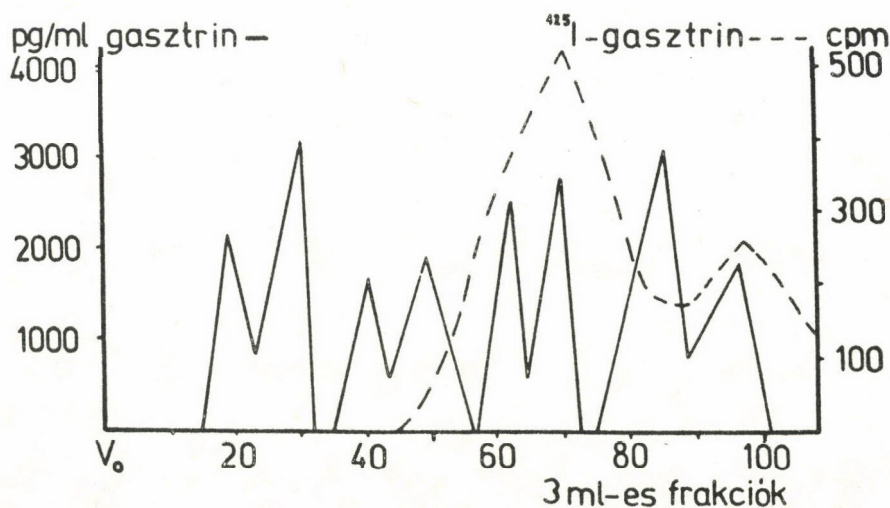
1. ábra

Gasztrin RIA kalibrációs görbéje

Az általunk beállított gasztrin-RIA alsó méréshatára 15 pg/ml. Mértük 25 normál egyén éhgyomori szérumgasztrin koncentrációját. A szérumgasztrin normál értéke az általunk beállított RIA-val  $38,9 \pm 9,2$  pg/ml volt.

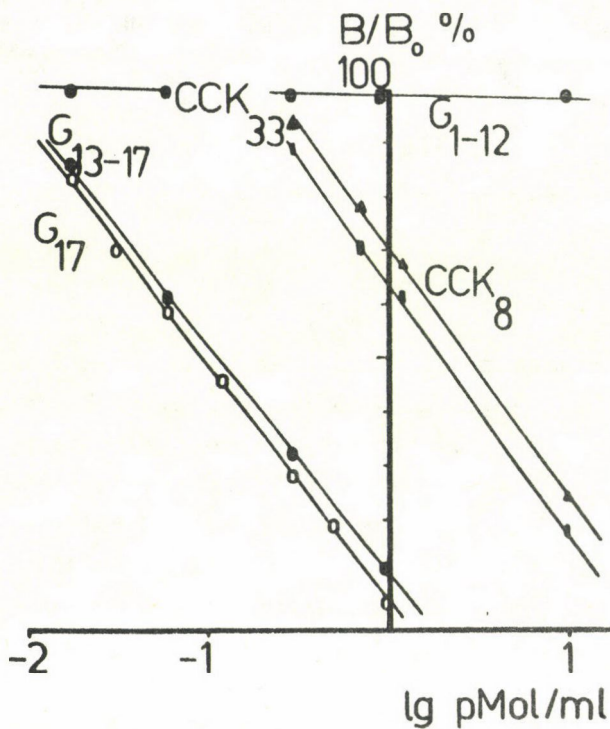
Munkánk további részében ellenanyagunk immunspezifitását vizsgáltuk. Az irodalomból ismert, hogy a gasztrin 1-17-tel szemben termelt ellenanyagok eltérő mértékben érzékenyek a különböző molekulasúlyú gasztrinszármarazékokra<sup>3-7</sup>. A kérdés tisztázására műtéti uton eltávolított humán antrum részletéből 1 g-ot 10 ml fiziológiás sóoldatban homogenizáltunk. A homogenizátumot 100 000 g-n 1 óráig centrifugáltuk. A szupernatáns frakció 2 ml-ét 15 x 1500 mm-es Sephadex G-50 superfine oszlopon kromatografáltuk ( $V_0$ : 83,6 ml;  $V_t$ : 242,3 ml). Az átfollyási sebesség  $45 \text{ ml} \cdot \text{h}^{-1}$  volt. 3 ml-es frakciókat gyűjtöttünk. Az egyes frak-

ciók immunreaktivitását az általunk kidolgozott gasztrin RIA-val mértük. Immunszérumunk mind a négy, az irodalomban közölt gasztrinvariánst mérni tudta /2. ábra/<sup>6</sup>.



2. ábra

Humán antrum homogenizátum Sephadex G-50 superfine frakciói /15x1500 mm/



3. ábra

Gasztrin RIA keresztreakciói

A továbbiakban vizsgáltuk még a gasztrin 1-17-et felépítő különböző peptidfragmensek, továbbá a kolekisztokinin 1-33 és kolekisztokinin okta-peptid immunreaktivitását. Eredményeinket táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban feltüntettük az egyes peptid-származékoknak a gasztrin 1-17-hez viszonyított 50%-os kötődésgátlást adó molarányát /3. ábra/.

## MEGBESZÉLÉS

Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy az általunk kidolgozott 15 Leu-Human gasztrin 1-17 RIA alkalmas rutin laboratóriumi mérésre. Immunszérumunk méri az emberi szérumban található valamennyi eddig ismert gasztrin-származékot. A kisebb molekulasúlyu gasztrinfragmensekkel végzett vizsgálataink azt igazolták, hogy ellenanyagunk a gasztrin 13-16 /Gly-Trp-Met/Leu/-Asp/ szekvenciára a legérzékenyebb.

## Táblázat

Vizsgált anyag	gasztrin 1-17-hez viszonyított 50% kötődésgátlást adó molarány
15 Leu-gasztrin 1-17	1,000
Acignost $\beta$ -Ala-Trp-Met-Asp-Phe-NH <sub>2</sub>	0,934
Trp-Met-Asp-Phe-NH <sub>2</sub>	0,474
Leu-Asp-Phe-NH <sub>2</sub>	0,008
Asp-Phe-NH <sub>2</sub>	0,000
Phe-NH <sub>2</sub>	0,000
PGlu-Gly-Pro-Trp-Leu-OH	0,000
Glu <sub>15</sub> $\gamma$ -Ala-Tyr-Gly-OH	0,000
Ala-Tyr-Gly-OH	0,000
Gly-Trp-OH	0,000
Trp-Leu-OH	0,000
CCK <sub>1-33</sub>	0,055
CCK-oktapeptid	0,024

Ebből következik, hogy nem méri a gasztrin N-terminális 1-12 aminosavat tartalmazó részét, és csak mérsékelt keresztreakciót ad a CCK 1-33 és a CCK oktapeptiddel.

\* \* \*

Ezuton is köszönetet mondunk Ferenczi Richárdnak, a Szegedi Orvostudományi Egyetem Orvosvegytani Intézete laboránsának az aminosavanalízis elvégzéséhez nyújtott segítségéért.

#### IRODALOM

1. *W.L. Trudeau, J.E. McGuigan*, Radioimmunoassay for Gastrin, *Clin. Res.*, 17 /1969/ 312
2. *W.M. Hunter, F.C. Greenwood*, Preparation of Iodine-I<sup>133</sup> Labelled Human Growth Hormone of High Specific Activity, *Nature* 194 /1962/ 495
3. *R.S. Yalow, S.A. Berson*, Size and Charge Distinctions between Endogenous Human Plasma Gastrin in Peripheral Blood and Heptadecapeptide Gastrins, *Gastroenterology* 58 /1970/ 609
4. *R.S. Yalow, S.A. Berson*, And Now "Big-Big" Gastrin, *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 48 /1972/ 391
5. *J.F. Rehfeld*, Gastrins in Serum, *Scand. J. Gastroenterol.* 8 /1973/ 577
6. *J.F. Rehfeld, F. Stadil, J. Vinkelsoe*, Immunoreactive Gastrin Components in Human Serum, *Gut* 15 /1974/ 102
7. *J.F. Rehfeld*, Three Components of Gastrin in Human Serum, *Biochem. Biophys. Acta* 285 /1972/ 364
8. *R.S. Yalow, S.A. Berson*, Radioimmunoassay for Gastrin, *Gastroenterology* 58 /1970/ 1
9. *J.E. McGuigan, W.L. Trudeau*, Little Gastrin in Normal Serum, *New England J. Med.* 280 /1969/ 509
10. *J.E. McGuigan*, Immunochemical Studies with Synthetic Human Gastrin, *Gastroenterology* 54 /1972/ 30
11. *A.R. Midgley*, Radioimmunoassays Employing Double Antibody Techniques, *Acta Endocrinol. /København/ Suppl.* 142
12. *J.E. McGuigan*, On Antibodies to Gastrin, *Gut* 11 /1970/ 363
13. *J. Hansky, M.P. Chain*, Radioimmunoassay of Gastrin in Human Serum, *Lancet* 7635 /1969/ 1388
14. *S.A. Berson, R.S. Yalow*, Radioimmunoassay in Gastroenterology, *Gastroenterology* 62 /1972/ 1061
15. *A.E. Bolton, W.M. Hunter*, A New Method for Labelling Hormones with Radioiodine for Use in Radioimmunoassay, *J. Endocrinol.* 55 /1972/ 30
16. *A.X. Charters, W.D. Odell, W.D. Davidson, J.C. Thompson*, Gastrin: Immunochemical Properties and Measurement by Radioimmunoassay, *Surgery* 66 /1969/ 104

17. *P.C. Ganguli, W.M. Hunter*, Radioimmunoassay for Gastrin, *Gut* 10 /1969/ 413
18. *P.C. Ganguli, W.M. Hunter*, Iodination of Gastrin, "Radioimmunoassay Methods", Academic Press, London, 1970, 54
19. *P.C. Ganguli*, Radioimmunoassay of Gastrointestinal Hormones, *J. Endocrinol.* 54 /1972/ 25
20. *D. Gedde-Dahl*, Radioimmunoassay of Gastrin, Fasting Serum Levels in Humans with Normal and High Gastric Acid Secretion, *Scand. J. Gastroenterology* 9 /1974/ 41
21. *R.A. Gregory, H.J. Tracy*, The Preparation and Properties of Gastrin, *J. Physiol.* 156 /1961/ 523
22. *R.A. Gregory, H.J. Tracy*, The Constitution and Properties of Two Gastrins Extracted from Hog Antral Mucosa, *Gut* 5 /1964/ 103
23. *R.A. Gregory, H.J. Tracy*, Isolation of Two "Big-Gastrins" from Zollinger-Ellison Tumor Tissue, *Lancet* 7781 /1972/ 797
24. *M.I. Grossman*, Progress in Radioimmunoassay of Gastrin, *Gastroenterology* 58 /1970/ 124
25. *W.M. Hunter*, Radioimmunoassay of Hormones, *J. Endocrinol.* 54 /1972/ 1
26. *S.L. Jeffcoate*, Radioimmunoassay of Gastrin, Specificity of Gastrin Antisera, *Scand. J. Gastroenterol.* 4 /1969/ 457
27. *J.E. McGuigan*, Studies on the Immunochemical Specificity of Some Antibodies to Human Gastrin I., *Gastroenterology* 56 /1969/ 429
28. *J.E. McGuigan, W.L. Trudeau*, Studies with Antibodies to Gastrin, *Gastroenterology* 58 /1970/ 139
29. *W.D. Odell, A.C. Charters, W.D. Davidson, J.C. Thompson*, Radioimmunoassay for Human Gastrin, Using Unconjugated Gastrin as Antigen, *J. Clin. Endocrinol.* 28 /1968/ 1840
30. *J.F. Rehfeld*, Production and Evaluation of Antibodies for the Radioimmunoassay of Gastrin, *Scand. J. Endocrinol.* 30 /1972/ 221
31. *E. Schrumpf, T. Sand*, Radioimmunoassay of Gastrin with Activated Charcoal, *Scand. J. Gastroenterol.* 7 /1972/ 683
32. *F. Stadil, J.F. Rehfeld*, Radioimmunoassay of Gastrin in Human Serum, *Scand. J. Gastroenterol. Suppl.* /1971/ 61
33. *J.F. Stremple, P. Abramoff*, Antibodies to Synthetic Human Gastrin, *Lancet* 2 /1967/ 1180
34. *F. Jens, J.F. Rehfeld, F. Stadil, J. Vinkelsoe*, Immunoreactive Gastrin Components in Human Serum, *Gut* 15 /1974/ 102
35. *F. Dencker, R. Hakanson, G. Liedberg, D. Norryd, J. Oscarson, J. Rehfeld, F. Stadil*, Immunoreactive Gastrin in Portal and Peripheral Venous Blood during and after Feeding in Man, *Gut* 14 /1973/ 856

36. P. Franchimont, U. Gaspard, A. Reuter, G. Heynen, Polymorphism of Protein and Polypeptide Hormones, *Clin. Endocrinol.* 1 /1972/ 315
37. J.F. Rehfeld, F. Stadil, Gel Filtration Studies on Immunoreactive Gastrin in Serum from Zollinger-Ellison Patients, *Gut* 14 /1973/ 369
38. J.F. Rehfeld, F. Stadil, Radioimmunoassay for Gastrin Employing Immunosorbent, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 31 /1973/ 459
39. J.F. Rehfeld, F. Stadil, B. Rubin, Production and Evaluation of Antibodies for the Radioimmunoassay of Gastrin, *Scand. J. Clin. Lab. Invest* 30 /1972/ 221
40. R.S. Yalow, N. Wu, Additional Studies on the Nature of Big-Big Gastrin, *Gastroenterology* 65 /1973/ 19
41. Tárnok F., Nagy L., Mózsik Gy., Jávorski T., Az immunreaktív gastrin plazmaszintje és a hiperaciditás kapcsolata pylorus-lekötött patkányokban, *Kísérletes Orvostudomány* 31 /1979/ 22

## OLDATOS FORGÓ KORONGOS MÓDSZER NYOMJELZÉSES VIZSGÁLATA

Ujhidy A-né, Maleczki E.

Veszprémi Vegyipari Egyetem, Radiokémia Tanszék, Veszprém

/Érkezett 1981. január 8-án/

Oldatok nyomszennyezőinek meghatározására elterjedten alkalmazzák a forgó szénkorongos emissziós szinképanalitikai módszert. A kimutatási határ és a mátrixhatás csökkentése céljából gyakran használnak nemesgáz-atmoszférát.

Izotópos nyomjelzéssel vizsgáltuk a gerjesztés során lejátszódó folyamatokat.  $^{64}\text{Cu}$  és  $^{99}\text{Mo}$  izotópot tartalmazó, adalékolt és adalék nélküli oldattal dolgoztunk különféle gázatmoszférákban és gerjesztési körülmények között. Az aktivitásváltozás számos, gyakorlati szempontból is hasznos információt szolgáltatott.

Изучение спектроскопического метода на вращающихся дисках с помощью меченых атомов  
Уйхиди, А., Малецки, Э.

Спектроскопический метод на вращающихся дисках угля часто употребляется в определении следов загрязнений в растворах. Как правило матричные эффекты уменьшаются и пределы обнаружения снижаются атмосферой инертного газа.

Процессы возбуждения были изучены методом меченых атомов. Растворы  $^{64}\text{Cu}$  и  $^{99}\text{Mo}$  с добавкой и без добавки были использованы в разных условиях возбуждения и атмосферах инертного газа. Изменение активности дало полезные и с практической точки зрения результаты.

The Study of the Rotating Disc Spectral Analytical Method by Isotopic Labelling  
Ujhidy, A., Maleczki, E.

The rotating carbon disc spectral analytical method is frequently used for the determination of trace impurities in solutions. As a rule, noble gas atmosphere is used to reduce the matrix effects and the detection limit.

The paper reports on the use of a tracer method for the examination of excitation processes.  $^{64}\text{Cu}$  and  $^{99}\text{Mo}$  solutions with and without additives were used under various excitation conditions and gas atmospheres. The activity changes yielded a number of results, having also practical importance.

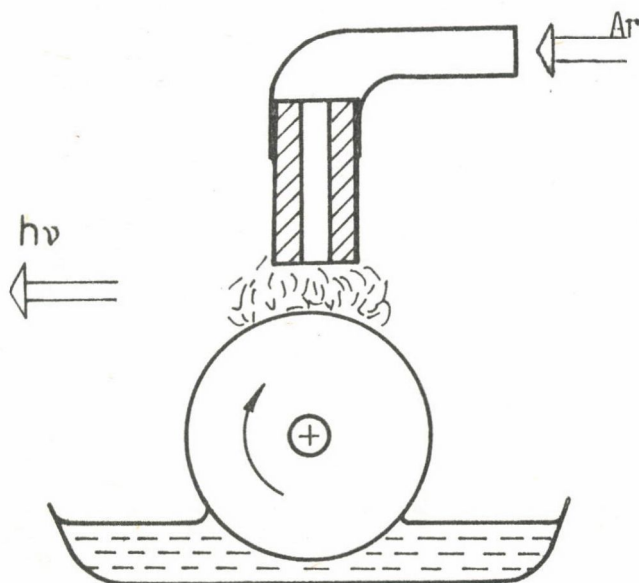
### BEVEZETÉS

Az emissziós szinképanalitikai eljárásoknál - így a forgó szénkorongos módszernél is - fontos szerepet tölt be a szikraplazmát alkotó gáz összetétele, különösen a kimutatási képességet és az elemek közötti hatást illetően. Ebből a szempontból a nemesgázok, elsősorban az argongáz-atmoszféra kedvező hatása közismert, több kutató által bizonyított tény. A hatás mechanizmusa azonban még tisztázatlan, jóllehet ennek felderítése a tudományos érdekességen túlmenően lehetővé tenné az elemzési eljárás optimális paramétereinek kiválasztását.

### KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK

A vizsgált szinképanalitikai eljárásnál egy emelhető, illetve súlyosítható asztalkán lévő tálcában van az elemzendő oldat, ahonnan a bele-

merülő forgó korong mindig megújuló oldatréteget visz a korong és a fölötte elhelyezett elektród közötti szikraközbe /1. ábra/. A korong által fel-



1. ábra

Oldatos forgókorongos berendezés szinképelemzéshez

hordott oldat először elpárolog, majd a gőzállapotú atomok a plazmában gerjesztődnek, amit követ az illető termátmenetnek megfelelő emisszió. Így a betáplálás folyamatosnak tekinthető, mégis, a korong tulajdonságaitól függően, amelyek az elgőzölést befolyásolják, változik a komponensek koncentrációja a plazmában /porozitás, elektromos és hővezetőképesség és i.t./.

A felső elektród furatán keresztül beáramló gázoknak is lényeges szerepük lehet a plazmában lejátszódó folyamatokban, vagyis az atomok, illetve ionok gerjesztődésénél és a közöttük létrejövő reakcióknál. A nemesgázok metastabilis szintjeire gerjesztett atomjaival való ütközés az egyik lényeges tényező - ezek mintegy tárolják az energiát a plazmában -, másrészt a felülről beáramló gáz miatt megnőhet az ütközés gyakorisága, továbbá az alkalmazott gáz hővezetőképességétől függően némileg megváltozhat a plazma hőmérséklete is. A szinképvonalak mért intenzitása csak a többféle tényező együttes befolyását, a hatások eredőjét regisztrálja.

Nyomjelzett oldatokat használva, a relatív aktivitás meghatározásával előreláthatóan több információt kaphatunk a plazmafolyamatokról<sup>1,2</sup>. Ennek érdekében <sup>64</sup>Cu és <sup>99</sup>Mo radioaktív izotópot /kezdeti koncentrációjuk  $7 \cdot 10^{-5}$  gdm<sup>-3</sup>, illetve  $5,5 \cdot 10^{-5}$  gdm<sup>-3</sup>/, valamint ezeken kívül kadmiumot és cinket / $12,5$  gdm<sup>-3</sup>/ is tartalmazó oldatokkal, kétféle minőségű spektrálkoronggal végeztünk kísérleteket Ar, N<sub>2</sub>, He és CO<sub>2</sub> gázáramban, valamint álló levegőben.

A Ringsdorff Werke által gyártott és a Topolčany SU jelzésű, szinképtiszta szénkorongok tulajdonságai a következők:

sűrűség (g/cm <sup>3</sup> )	elektromos vezetőképesség ( $\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ )	hővezetőképesség (cal/°C cm s)	keménység (Shor)
RW I. 1,55	0,00125	0,35	25
SU 401 1,60	0,0010	jó	30

A szinképfelvételnél szokásos expozíciós idő után mértük a korongokba felszivódott  $^{64}\text{Cu}$ , illetve  $^{99}\text{Mo}$  relatív aktivitását, valamint a maradék oldat relatív aktivitását.

Eddigi tapasztalaink szerint a szikrakisülés elektromos teljesítményének döntő befolyása van a kimutatási képességre, továbbá az alkalmazott nemesgázoknak a szinképvonalak intenzitását növelő hatása is ettől függően változott<sup>3,4,5</sup>. Tehát mind az elgőzölgési, mind a gerjesztési viszonyok ilyen módon befolyásolhatók, ezért egy nagyobb energiájú, "A"-val jelzett és egy kisebb energiájú, "B"-vel jelzett gerjesztést alkalmaztunk.

A számított paraméterek a következők:

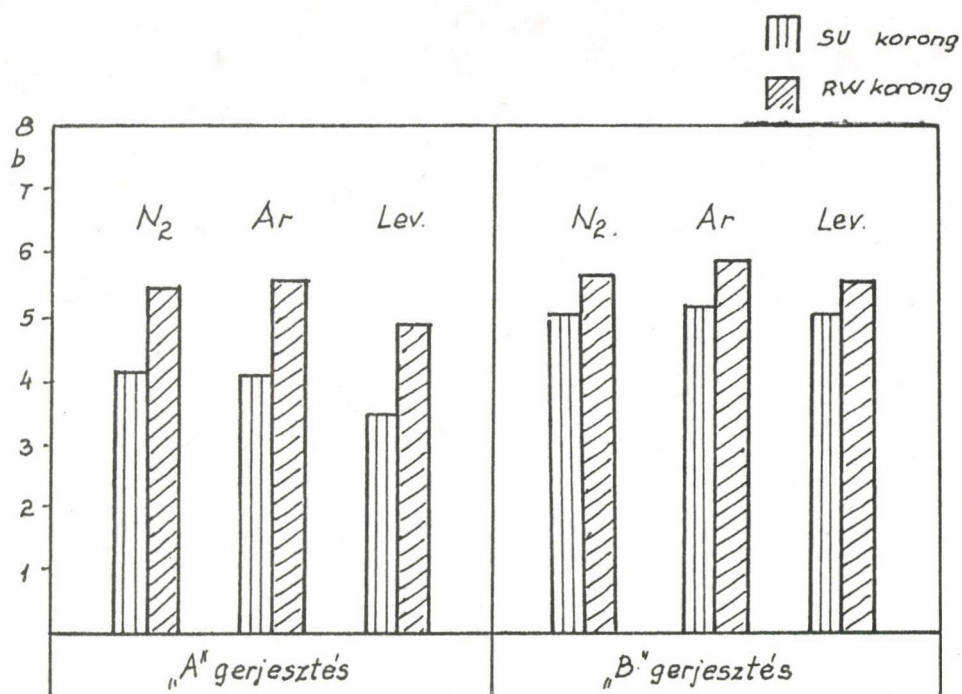
	kisülési energia (Ws)	periódus idő ( $\mu\text{s}$ )	kisülési idő ( $\mu\text{s}$ )	kisülési áram $I_{\text{max}}$ (A)	a kisülés közepes teljesítménye (W)
"A"	0,864	10,8	216	-83,1	4000
"B"	0,432	12,1	242	-36,9	1785

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A maradék oldatok relatív aktivitása is mutatja, hogy az SU korongok több oldatot vittek el, mint a Ringsdorff Werke által gyártottak, és látható az is, hogy nagyobb gerjesztési energiánál mindig kisebb a maradék oldatok relatív aktivitása /főként az SU korongoknál/, mint a kisebb energiájú "B" gerjesztésnél. A nagyobb teljesítményű kisülésnél, a nagyobb fajlagos ellenállású SU korong nagyobb felmelegedése miatt, a különbségek nagyobbak is. Megállapítható továbbá, hogy itt az alkalmazott gázok minőségének nincs szerepe /2. ábra, 1. táblázat/.

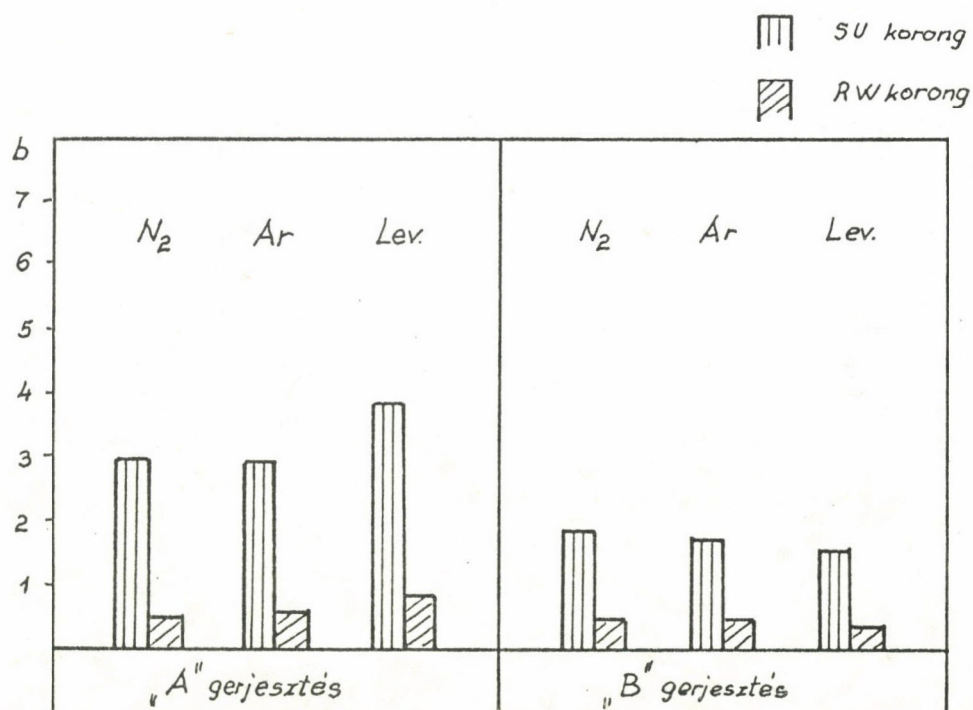
Szinképanalitikai szempontból a hélium az argonnal, a szén-dioxid pedig a nitrogénnel fejtett ki gyakorlatilag azonos hatást, ezért nem tartottuk indokoltnak a hélium- és szén-dioxid-áramban való vizsgálatot mindkét jelzett oldat esetében.

A kétféle korong gerjesztés utáni relatív aktivitásamár sokkal jobban eltér egymástól, azaz több  $^{99}\text{Mo}$ , illetve  $^{64}\text{Cu}$  marad az SU korongokban, mert, mint az a radiográfiás felvételekből is kitűnt, itt az oldat mélyebben beszivódott. De ami a legérdekesebb volt: a megfelelő oldatok és korongok beütésszámának összege SU korongnál kisebb volt, mint RW korong alkalmazásánál, aminek csak az lehet a magyarázata, hogy az első esetben több oldat került a gőztérbe, a plazmába /3. ábra, 2. táblázat/. Tehát a korong minősége az elgőzöltetés folyamatánál játszik szerepet. Így ez az oka, hogy SU korongokkal valamelyest nagyobb spektrális érzékenység érhető el, mint RW-vel, egyébként azonos körülmények között.



2. ábra

<sup>99</sup>Mo vizes oldatának relatív aktivitása gerjesztés után, 10,4 ford/60 s



3. ábra

Korongok relatív aktivitása gerjesztés után, 10,4 ford/60 s /<sup>99</sup>Mo vizes oldatából/

## 1. táblázat

Elemzésnél használt oldatok cpm-ben kifejezett relativ aktivitása gerjesztés után

Gáz Korong	Vizes oldatok 10,4 ford/60 s				Adalékot is tartalmazó oldatok 10,4 ford/60 s				
	**Cu oldat		**Mo oldat		**Cu oldat		**Mo oldat		
	"A"	"B"	"A"	"B"	"A"	"B"	"A"	"B"	
N <sub>2</sub>	SU	89 399	161 165	169 285	204 902	77 217	136 706	42 090	55 511
	RW	122 560	185 166	222 672	226 956	115 111	158 882	55 485	65 719
Ar	SU	95 761	174 835	167 233	207 569	75 502	109 100	40 181	54 387
	RW	126 675	183 970	225 636	236 739	118 556	144 031	57 512	64 591
Lev.	SU	98 103	168 215	140 724	205 259	79 036	127 301	38 074	52 919
	RW	123 984	182 654	195 581	223 124	109 431	145 625	40 232	65 399
He	SU	94 645	170 509	-	-	75 350	124 490	-	-
	RW	126 790	190 117	-	-	106 048	143 722	-	-
CO <sub>2</sub>	SU	102 394	177 718	-	-	77 528	127 985	-	-
	RW	128 978	194 363	-	-	107 771	153 290	-	-

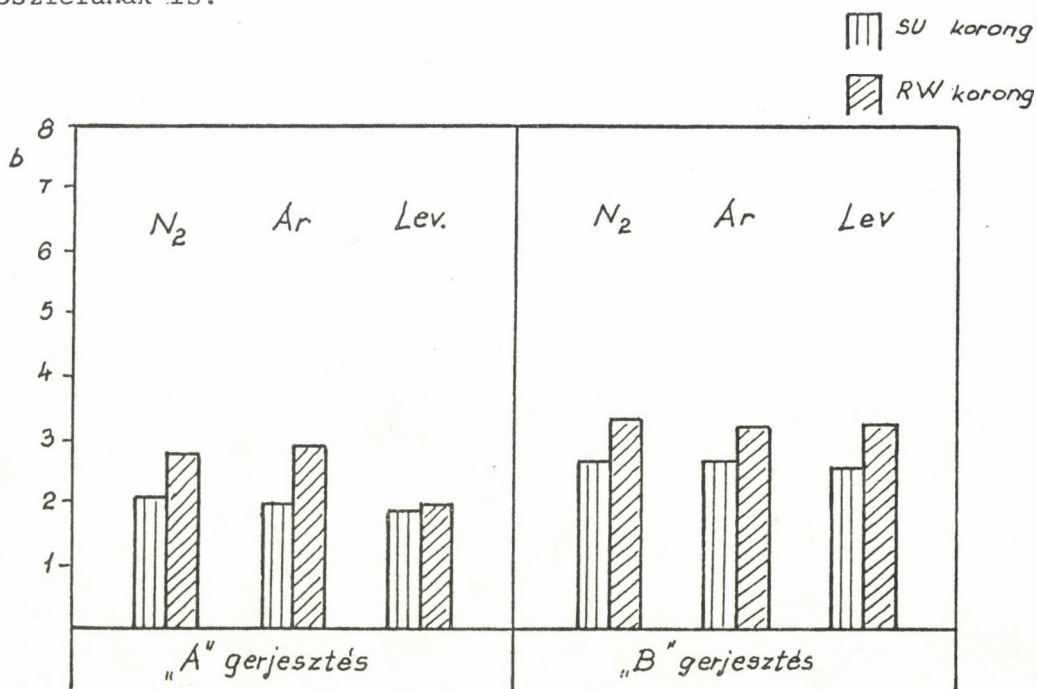
## 2. táblázat

Elemzésnél használt korongok cpm-ben kifejezett aktivitása gerjesztés után

Gáz Korong	Vizes oldatok 10,4 ford/60 s				Adalékot is tartalmazó oldatok 10,4 ford/60 s				
	**Cu oldat		**Mo oldat		**Cu oldat		**Mo oldat		
	"A"	"B"	"A"	"B"	"A"	"B"	"A"	"B"	
N <sub>2</sub>	SU	100 739	49 525	57 953	39 682	59 004	23 225	24 124	18 353
	RW	72 491	31 033	11 483	10 609	47 394	14 561	8 350	3 025
Ar	SU	96 343	47 387	58 435	36 465	55 361	26 226	16 775	10 119
	RW	71 868	29 192	13 264	10 973	44 086	18 019	5 637	3 429
Lev.	SU	99 165	48 916	77 588	32 152	55 531	21 054	20 379	12 968
	RW	74 280	31 784	17 572	9 246	42 505	11 147	4 581	2 891
He	SU	98 601	55 822	-	-	55 570	28 402	-	-
	RW	73 488	24 587	-	-	44 385	13 161	-	-
CO <sub>2</sub>	SU	96 439	57 303	-	-	56 535	24 938	-	-
	RW	69 097	31 467	-	-	50 240	13 219	-	-

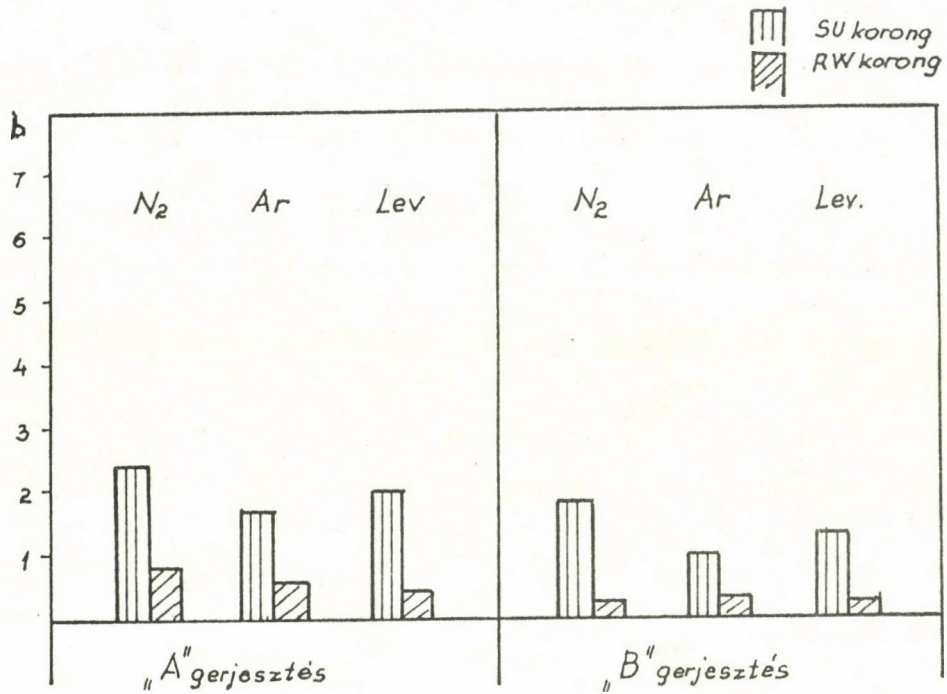
A Cd-ot és Zn-et is tartalmazó oldatok relativ aktivitása a gerjesztés után kisebb, mint a tiszta  $^{99}\text{Mo}$ -, illetve  $^{64}\text{Cu}$ -oldatnál /4. ábra/. Feltehetően az oldatok nagyobb sűrűsége és némileg megnövekedett viszkozitása miatt a korongok által felvitt oldalréteg vastagsága megnőtt  $/1,6 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}/$ . A kétféle korong alkalmazásánál tapasztalt oldataktivitásbeli különbség is kisebb, aminek ugyancsak az előbb említett változás lehet az oka. Ezt bizonyítja a korongokon mért kisebb relativ aktivitás is /5. ábra/. Mindebből megállapítható, hogy az alapanyaghatásban az alkalmazott gázok és a szikrakisülés teljesítménye is szerepet játszik. A mért szinképvonalak intenzitása kisebb, mert a plazmatérfogat egységében lévő energia több atom között oszlott meg. A korongok és a megfelelő oldatok összaktivitása is változik, de nem tendenciózan.

A szinképvonalak intenzitásának mérése és a jelzett oldatokkal végzett kísérletek szerint a korong forgási sebességének is szerepe van a mátrixhatásban /6. ábra, 3. táblázat/. Kis fordulatszámnál a változás sokkal nagyobb a gerjesztés körülményeiben beálló változás hatására. Itt nem folyadékfázisból történik a gerjesztés, mert az oldószer már elpárolog, mire a korongon a szikracsatornához kerül, illetve mélyebb beszívódásra és a komponensek közötti reakció lejátszódására is van idő. Tehát szilárd anyag olvad meg, majd gőzölg el, esetlegesen más-más vegyület formájában, az oldat összetételétől függően, és ezeknél a folyamatoknál már számottevő hatása van az alkalmazott gázatmoszférának is.



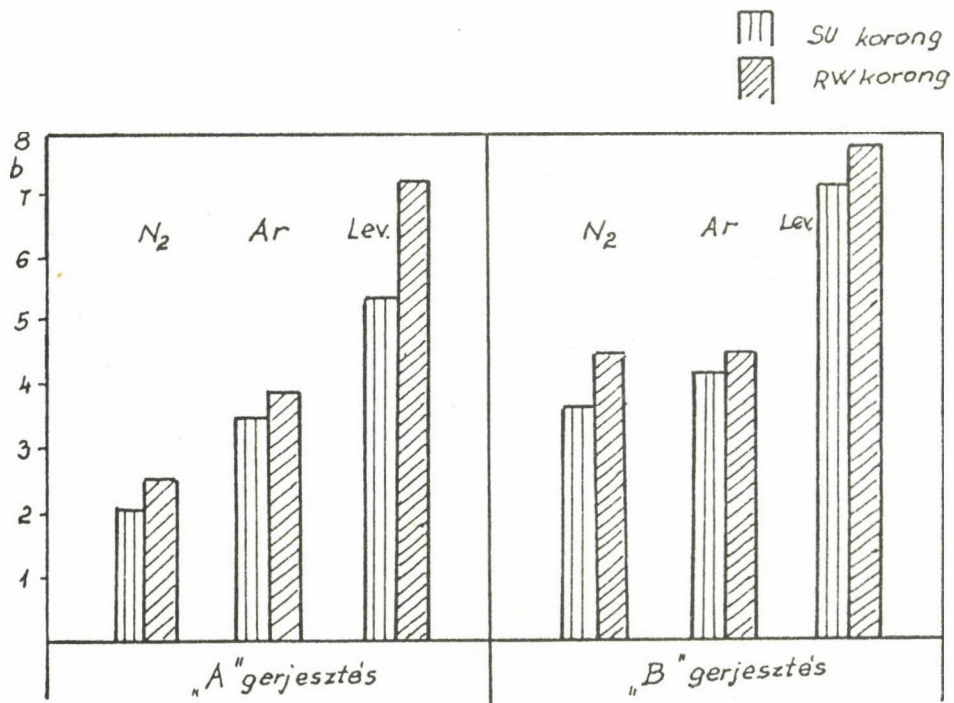
4. ábra

$^{99}\text{Mo}$  vizes, adalékot tartalmazó oldatának relativ aktivitása gerjesztése után, 10,4 ford/60 s



5. ábra

Korongok relatív aktivitása gerjesztés után, 10,4 ford/60 s /<sup>99</sup>Mo adalékot is tartalmazó vizes oldatából/



6. ábra

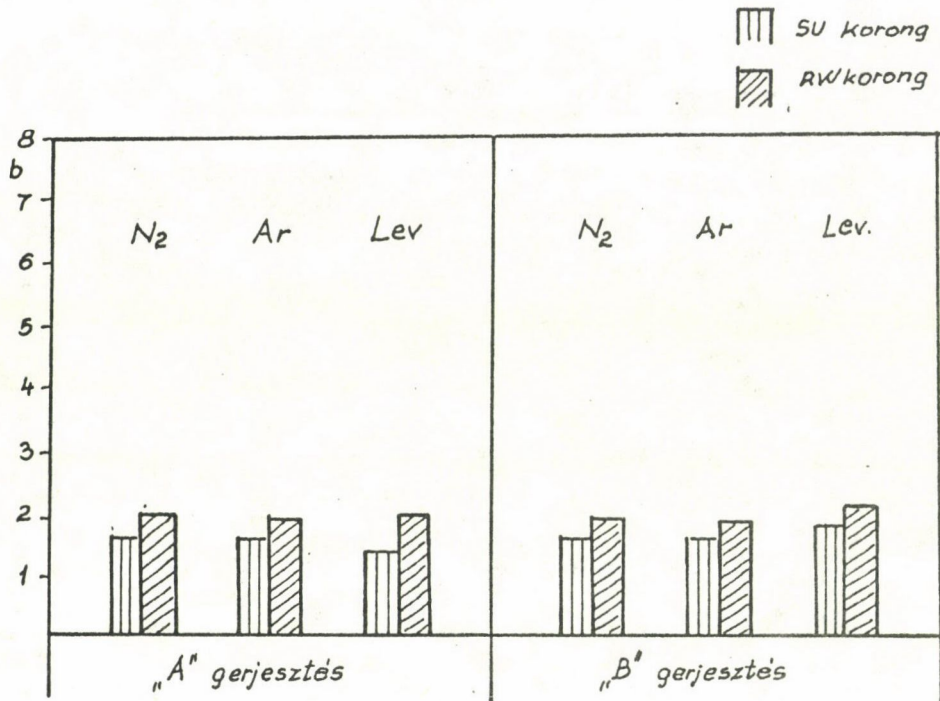
<sup>99</sup>Mo vizes, adalékot is tartalmazó oldatának relatív aktivitása gerjesztés után, 10,4 ford/60 s

## 3. táblázat

Oldatok cpm-ben kifejezett relativ aktivitása gerjesztés után

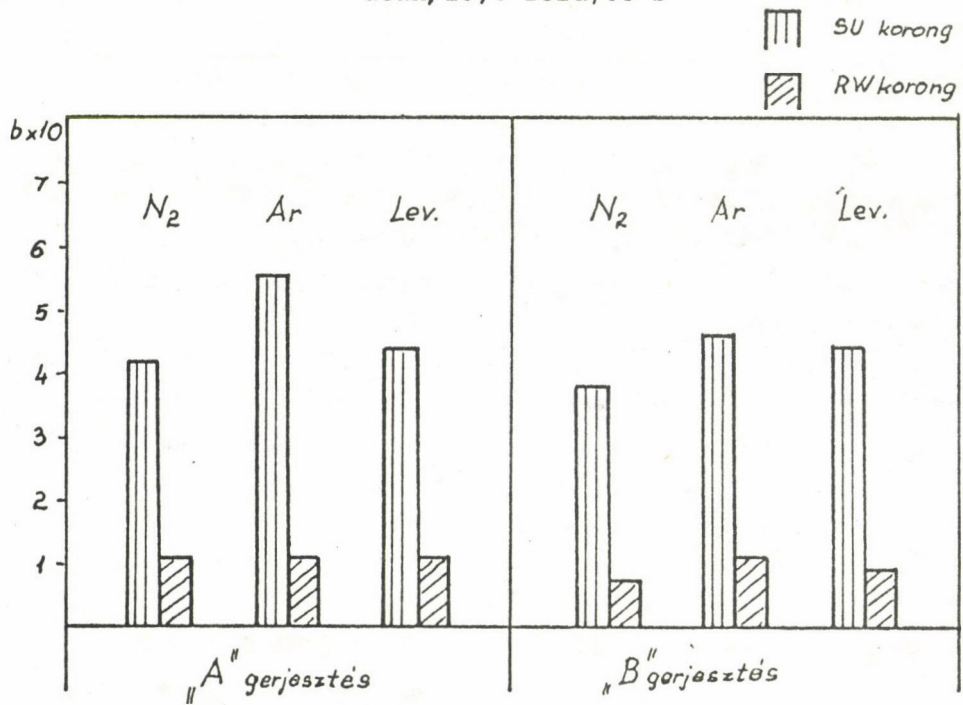
$^{99}\text{Mo}$		$^{99}\text{Mo}$ adalékot is tartalmazó vizes oldata		
10 mol/dm <sup>3</sup> -es kénsavas oldata 10,4 ford/60 s		1,8 ford/60 s		
"A"	"B"		"A"	"B"
32 194	32 196	N <sub>2</sub>	41 544	71 875
39 890	38 705		51 119	88 442
32 267	31 605	Ar	71 380	83 767
38 418	37 098		78 435	90 113
38 816	36 492	Lev.	109 001	144 576
40 933	41 474		145 439	159 728

Az aktivitásmérés felhívta figyelmünket a kénsav-koncentráció jelentős szerepére. Látható /7. és 8. ábra/, hogy kénsavas oldatoknál a szikrakisülés teljesítményétől szinte független az oldatokban maradt molibdén koncentrációja, aminek feltehető oka a kénsavas oldatok lényegesen nagyobb viszkozitása / $6,5 \cdot 10^{-3}$  Pas/. Így a korongokon lévő oldalréteg vastagabb, a beszívódás mértéke viszont kisebb a radiográfiás felvételek tanúsága szerint. Az analízistérbe is kevesebb anyag jut, amit bizonyít az is, hogy a mért molibdén szinképvonalak intenzitása is kisebb a 10 mol/dm<sup>3</sup>-es kénsavas oldatoknál, mint vizes oldatokból történő gerjesztésnél. A vonalintenzitás csökkenése azonban kisebb argongáz bevezetésénél, mint akkor, amikor álló levegőben vagy nitrogén, illetve szén-dioxid alkalmazásával dolgoztunk. Ez pedig azt bizonyítja, hogy az argon intenzitásnövelő hatása ennél a módszernél a metastabilis szintre gerjesztett argonatomokkal való hatásos ütközés miatt következik be. Az elgőzölgési viszonyok változása, valamint a felülről beáramló gáz plazmát kontraháló hatása csak lényegesen kisebb szerepet játszik. Ezt a megállapítást bizonyítja az is, hogy míg a kétféle minőségű korongon mért beütésszám változik, vagyis az SU korongon nagyobb az oldatbeszívódás mértéke, a mért szinképvonalak intenzitása argonatmoszférában a hibahatáron belül megegyezik a SU és RW korong használatánál. Az SU korongon mért nagy aktivitás oka pedig az, hogy az oldallapokra is felkuszik az oldat, ezért autoradiográfiás felvétel előtt le kellett őket itatni.



7. ábra

<sup>99</sup>Mo 10 M kénsavas oldatának relatív aktivitása gerjesztés után, 10,4 ford/60 s



8. ábra

Korongok relatív aktivitása gerjesztés után, 10,4 ford/60 s /<sup>99</sup>Mo 10 M kénsavas oldat/

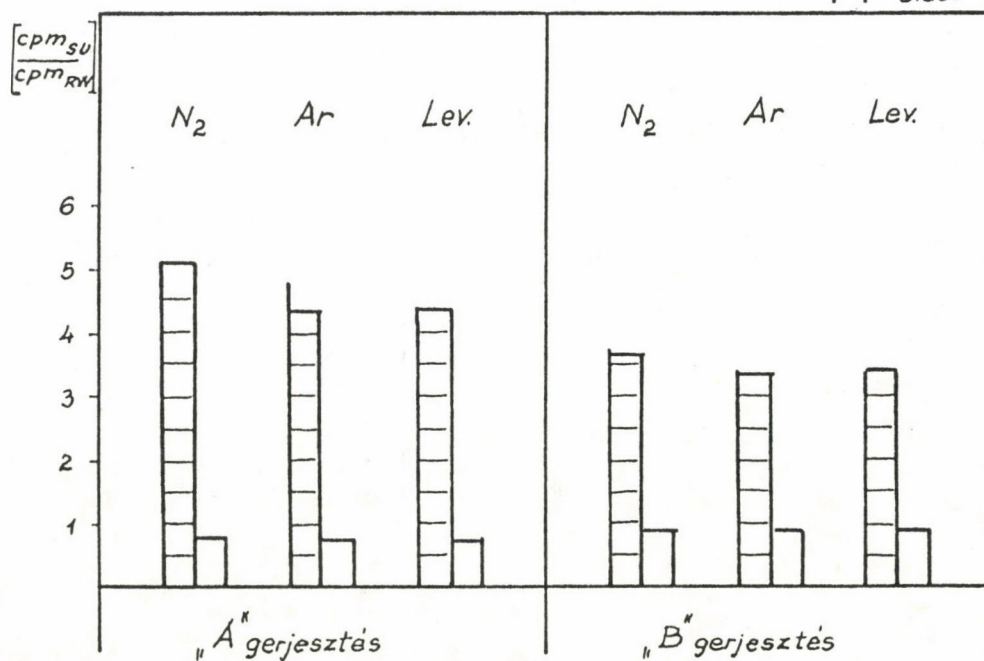
## 4. táblázat

Korr.  $\text{cpm}_{\text{SU}}/\text{cpm}_{\text{RW}}$  gerjesztés után  
 k = korongokkal, o = oldatoknál

		$^{99}\text{Mo}$ oldat, 10,4 ford/60 s				$^{99}\text{Mo}$ vizes oldata Cd és Zn adagolással			
		vizes oldat 10 mol/dm <sup>3</sup> -es kénsavas oldat				10,4 $\frac{\text{ford}}{60 \text{ s}}$		1,8 $\frac{\text{ford}}{60 \text{ s}}$	
		"A"	"B"	"A"	"B"	"A"	"B"	"A"	"B"
$\text{N}_2$	k	5,12	5,12	3,76	4,96	2,89	2,78	1,39	2,31
	o	0,76	0,90	0,82	0,88	0,79	0,85	0,81	0,82
Ar	k	4,38	3,30	4,94	4,24	2,96	2,97	1,23	2,16
	o	0,74	0,88	0,79	0,86	0,79	0,85	0,91	0,93
Lev.	k	4,42	3,44	3,88	4,89	4,84	2,81	2,18	1,64
	o	0,72	0,92	0,86	0,88	0,82	0,83	0,75	0,91

▨ korong

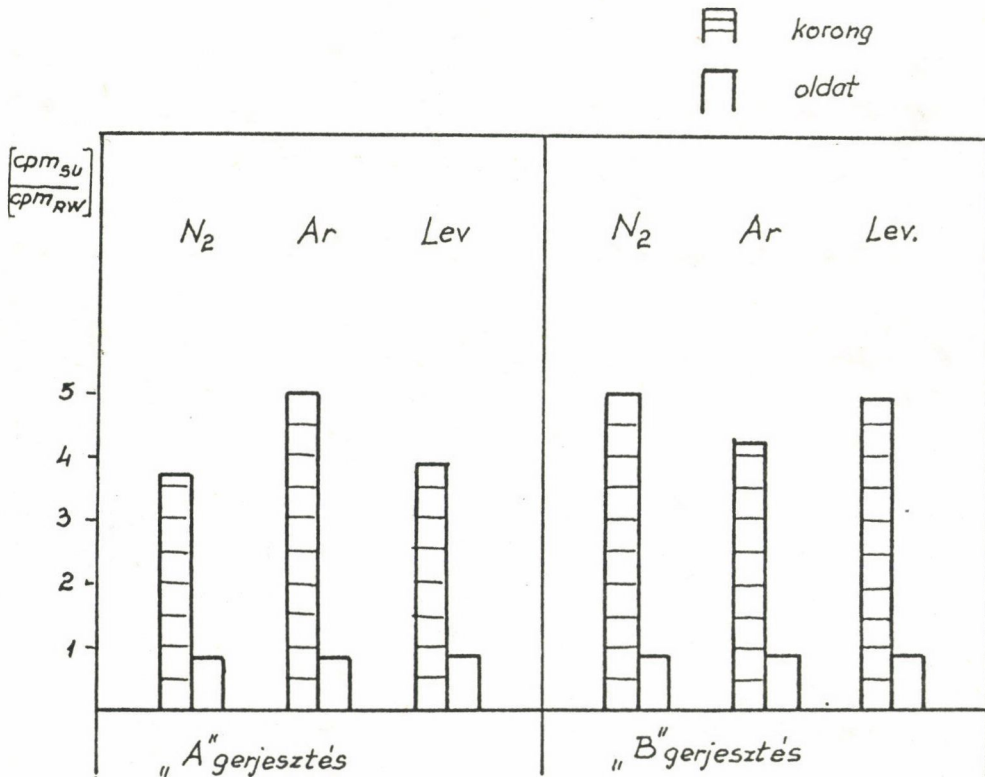
□ oldat



9. ábra

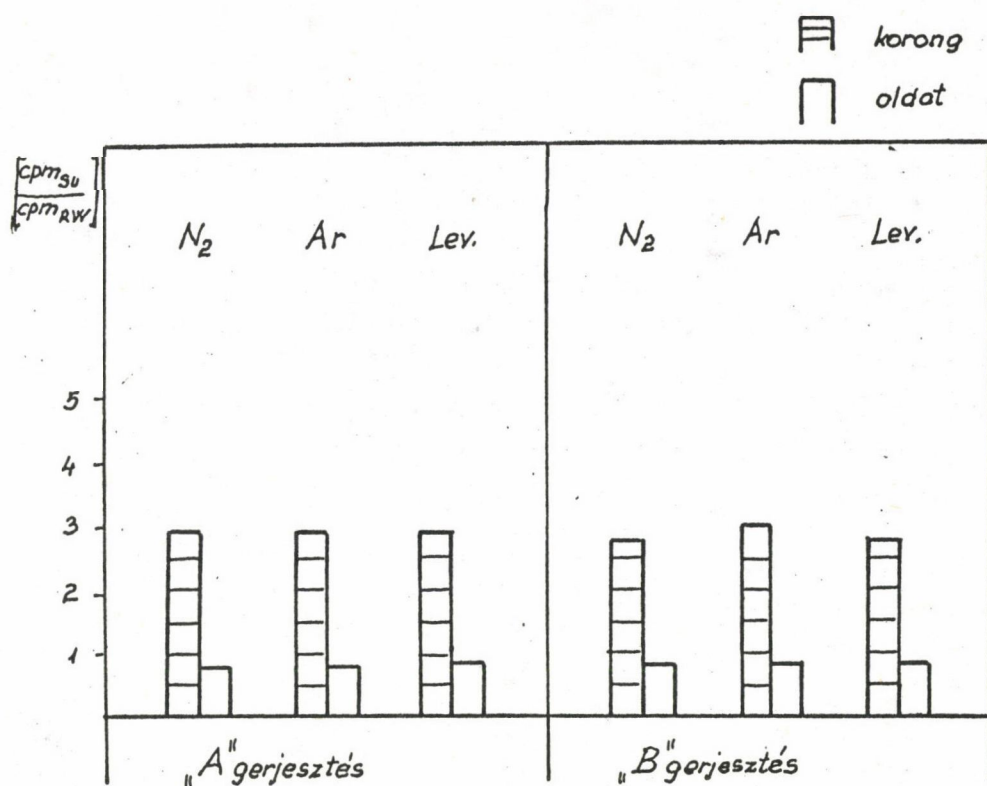
$\text{cpm}_{\text{SU}}/\text{cpm}_{\text{RW}}$  gerjesztés után /  $^{99}\text{Mo}$  vizes oldata, 10,4 ford/60 s/

A 4. táblázatból és a 9-12. ábrából látható, hogy a korongok által elvitt oldatmennyiség nyilvánvalóan nagyobb SU, mint az RW korong alkalmazásánál, és a kettő közötti különbség lényegesen kisebb, ha a vizsgált elem mellett kadmium és cink is van az oldatban, és tovább csökken, ha kisebb korongforgási sebességgel dolgozunk. Ez utóbbi tapasztalat arra enged következtetni, hogy kis fordulatazáznál a korongok által felvitt oldatmennyiség egyformán növekszik el a kétféle korongról - különösen nagyobb gerjesztési energiánál. Meglepő, hogy a maradék oldatok relatív aktivitásának aránya a vizsgált körülmények között alig változik. Ez arra utal, hogy az egyes korongok által elvitt oldat mennyisége csak a korong tulajdonságaitól függ, a gerjesztési paraméterek pedig csak a korongokról való elgőzölési és /részben/ a gerjesztődési viszonyokat befolyásolják. A felülről beáramló gázok pedig, szinte kizárólag a plazmában, az ütközés gyakoriságát, a gerjesztődést befolyásolják.



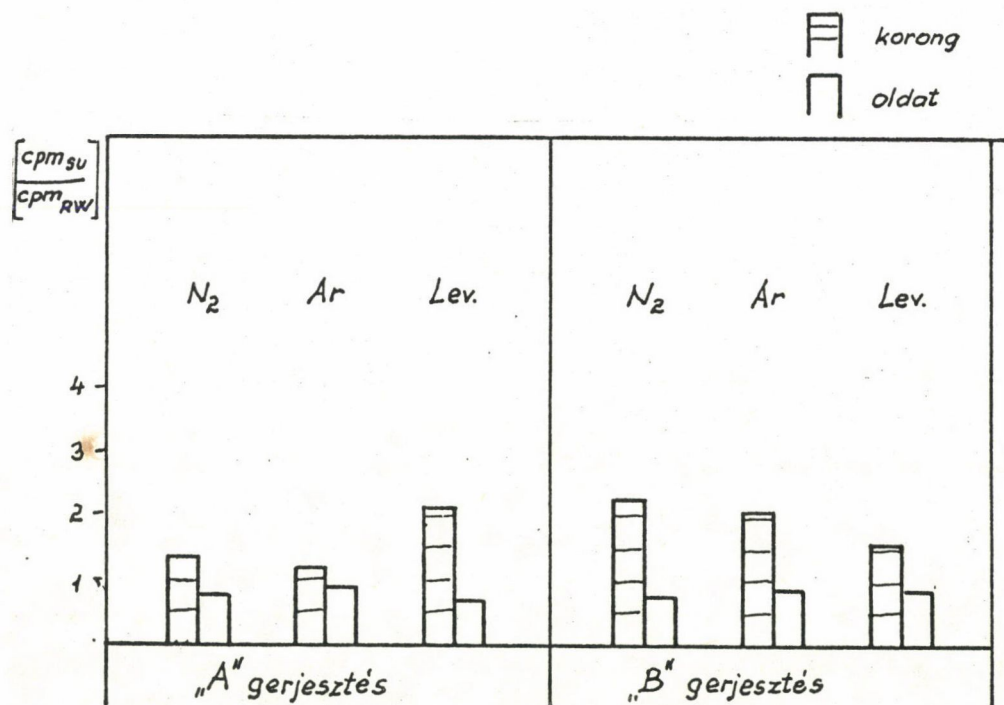
10. ábra

$\text{cpm}_{\text{SU}}/\text{cpm}_{\text{RW}}$  gerjesztés után /<sup>99</sup>Mo 10 M kénsavas oldat, 10,4 ford/60 s/



11. ábra

$cpm_{SU}/cpm_{RW}$  gerjesztés után  $^{99}Mo$ , adalékot is tartalmazó vizes oldata,  
10,4 ford/60 s/



12. ábra

$cpm_{SU}/cpm_{RW}$  gerjesztés után  $^{99}Mo$ , adalékot is tartalmazó vizes oldata,  
1,8 ford/60 s/

## IRODALOM

1. *H. Nickel*, Spectrochim. Acta 21 /1965/ 2031
2. *H. Nickel*, Kém.Közl. 39 /1973/ 303 és 331
3. *Ujhidyné Farkas K.*, XIX. Magyar Szinképelemző Vándorgyűlés, Győr, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, /1976/, III/7
4. *Ujhidyné Farkas K.*, *Dombi A.*, Wissenschaftlich-Technischer Informationsdienst des ZGI, 17 /1976/ 175
5. *Ujhidyné Farkas K.*, XX. Magyar Szinképelemző Vándorgyűlés, Gyula, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 1977, 139

## A SOLYMÁRI IZOTÓPTEMETŐ KITELEPÍTÉSE

Fehér L., Kasza J., Nemes P.

Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás

/Érkezett 1981. január 15-én/

Az ideiglenes solymári izotóptemető 1976-ban megtelt. Az ott tárolt 900 m<sup>3</sup> radioaktív hulladékot át kellett telepíteni a püspökszilágyi RHFT-hez. Jellemezzük a Solymáron tárolt hulladékokat, ismertetjük a hulladéktároló létesítményeket. Részletezzük a kitelepítést, a hulladéktároló kutak és a terület mentesítését, a sugárvédelmi kérdéseket. Összefoglaljuk a Solymáron szerzett, több mint 20 éves hulladéktárolási tapasztalatokat.

Перевод учреждения по захоронению радиоактивных отходов в с. Шоймар Фехер, Л., Каса, Я., Немеш, П.

В 1976 временное учреждение по захоронению радиоактивных отходов стало наполненным и отходы в размере 900 м<sup>3</sup> понадобилось перевести на учреждение по обработке и захоронению радиоактивных отходов в с. Пюшпэксилáдь. Характеризуются виды отходов и оборудований хранения. Подробно излагаются процесс перевода, дезактивация колодцев хранения и территории, а также проблемы радиационной безопасности. Сдан обзор опытов, накопленных в более чем 20 лет работы учреждения в Шоймаре.

The Transplantation of the Solymár Radioactive Waste Disposal Site  
Fehér, L., Kasza, J., Nemes, P.

The temporary disposal site at Solymár became full in 1976 and 900 m<sup>3</sup> of waste had to be transferred to the radioactive waste handling and disposal site at Püspökszilágy. Wastes are characterized and the storage facilities are described. The transfer process, the decontamination of storage wells and the area, and health physics problems are discussed in detail. Experiences, gathered during more than two decades at Solymár are summarized.

### BEVEZETÉS

A mesterséges radioaktív izotópok hazai felhasználásával egyidejűleg intézkedtek a keletkező radioaktív hulladék elhelyezéséről is.

Kezdetben a hulladékot az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének területén létesített ideiglenes tárolókba helyezték el. Ezt követően 1959-ben Solymár térségében, az Országos Atomenergia Bizottság beruházásában elkészült a kísérleti izotóptemető. Üzemeltetésével a Fővárosi KÖJÁL-t bízták meg.

A Fővárosi KÖJÁL 1960-ban kezdte meg a hulladék begyűjtését, és 1976-ig bezárólag 900 m<sup>3</sup> radioaktív hulladékot helyezett el a kísérleti izotóptemetőben.

A rendelkezésre álló terület 1976-ban megtelt, további hulladékelhelyezés csak bővítéssel vagy új izotóptemető létesítésével volt megoldható.

A bővítési lehetőségek vizsgálatakor arra a következtetésre jutottunk, hogy a solymári izotóptemetőt ne fejlesszük tovább. Ezt elsősorban Budapest közelsége, a főváros ebben az irányban történő távlati fejlesztése indokolta. Ezen túlmenően a területet sem tartottuk megfelelőnek huzamosabb ideig történő hulladéktárolásra.

A radioaktív hulladékok tartós tárolásánál kézenfekvő kihasználni mindazokat a lehetőségeket, melyeket a természeti, elsősorban földtani, hidrogeológiai viszonyok kínálnak. Ebben a vonatkozásban a solymári terület talajának vízzáró tulajdonságai nem voltak megfelelőek a tartós tárolásra. Az egyik szakvélemény szerint kapcsolat áll fenn a csapadékvíz, valamint a 14-16 m mélységben elhelyezkedő talajvíz között, ami azt jelenti, hogy a csapadékvíz átmossa a hulladékok elhelyezésére szolgáló talajrétegeket.

Mindezek miatt új izotóptemető létesítésére született határozat.

Az OAB beruházásában épült püspökszilágyi Radioaktív Hulladékfeldolgozó és Tároló /RHFT/ 1976 végére készült el<sup>1</sup>.

Egyidejűleg dönteni kellett a solymári izotóptemető további sorsáról. Javasoltuk az OAB-nak és az Egészségügyi Minisztériumnak, hogy a fent említett okok miatt járuljon hozzá az izotóptemető felszámolásához. A hozzájárulást követően, 1979-ben elkezdtük, és 1980-ban befejeztük a radioaktív hulladékok átelepítését a solymári területről a püspökszilágyi RHFT-ba.

A következőkben a solymári izotóptemető radioaktív hulladékának tárolási és átelepítési tapasztalatairól kívánunk beszámolni.

## A SOLYMÁRI IZOTÓPTEMETŐBEN TÁROLT RADIOAKTÍV HULLADÉKOK JELLEMZÉSE

A solymári izotóptemetőben helyezték el a Magyarországon 1954 és 1976 között felhasznált, 30 napnál hosszabb felezési idejű, természetes és mesterséges radioaktív izotópok hulladékát. A természetes radioaktív izotópok közül elsősorban a  $^{226}\text{Ra}$  felhasználásából származó hulladék volt jelentős.

Az 1950-es évek végétől - a sugáregészségügyi hatósági tevékenység ki-fejlődésével - kezdtek vizsgálni a radioaktív világítófestéket, a  $^{226}\text{Ra}$ -ot felhasználó munkahelyeket.

Az ellenőrzés következményeként nagymérvű, kiterjedt radioaktív szennyeződéseket kellett felszámolni, és ennek során jelentős mennyiségű radioaktív hulladék keletkezett. Előfordult pl. az is, hogy másodlagos szennyeződési helyekről /irodákból, lakásokból/ kellett szennyezett anyagot, berendezési tárgyat radioaktív hulladékként elszállítani.

A többi természetes izotóp közül a tórium ipari felhasználása szolgáltatott radioaktív hulladékot.

A mesterséges radioaktív izotópok felhasználása Magyarországon 1954-ben kezdődött meg. A KFKI Kisérleti Atomreaktorának üzembehelyezését, a hazai izotópgyártás megvalósítását követően a hulladékok a mesterséges radioaktív izotópok széles skáláját tartalmazták. Bár a hulladékban lévő izotópok összetételéről nincs pontos adatunk, említést érdemel az egyik kutatóintézetből származó hulladék, amely  $3,7 \text{ TBq} / 100 \text{ Ci} / ^{90}\text{Sr}$  izotóp nyitott felhasználásából keletkezett.

A hulladékoknak mintegy 80%-a kis és közepes fajlagos aktivitású volt. A nagy fajlagos aktivitású hulladék elsősorban izotópgyártásnál, zárt sugárforrások felhasználásánál keletkezett. Ennek megfelelően a hulladékcsomagok felületén mérhető dózisteljesítmény is változott. Maximális értéként  $100 \text{ mGy/h} / 10 \text{ R/h}$  volt mérhető.

Az összaktivitásra vonatkozóan csak becsült adatok álltak rendelkezésre. Ennek alapján a  $900 \text{ m}^3$  radioaktív hulladék összaktivitása mintegy  $400 \text{ TBq} / \text{kb. } 10 \text{ kCi}$  volt a begyűjtés, elhelyezés időpontjában.

A begyűjtött hulladékok tulnyomó része szilárd radioaktív hulladék volt, csak kivételes esetekben helyeztünk el néhány köbméter folyékony és biológiai hulladékot.

A szilárd hulladék polietilén zsákba vagy fémhordóba volt csomagolva. A hulladékgöngyölegek felületi szennyezettségének csökkentése céljából a zsákos hulladékot átvételkor újra csomagoltuk. Valamennyi zsákos hulladékot azonosító számozással láttuk el.

Hordós hulladéknál a felületi szennyeződés rögzítésére, illetve, a fémgöngyölegek korróziójának csökkentésére, a hulladékot szolgáltatók korróziógátló bevonatot alkalmaztak.

A göngyölegeket a zsák lekötésével és a hordó lehegesztésével, patentzáras lefedésével zártuk le. A begyűjtött zsákos göngyölegek száma 6542, az 50-500 literes fémhordók száma 647 volt.

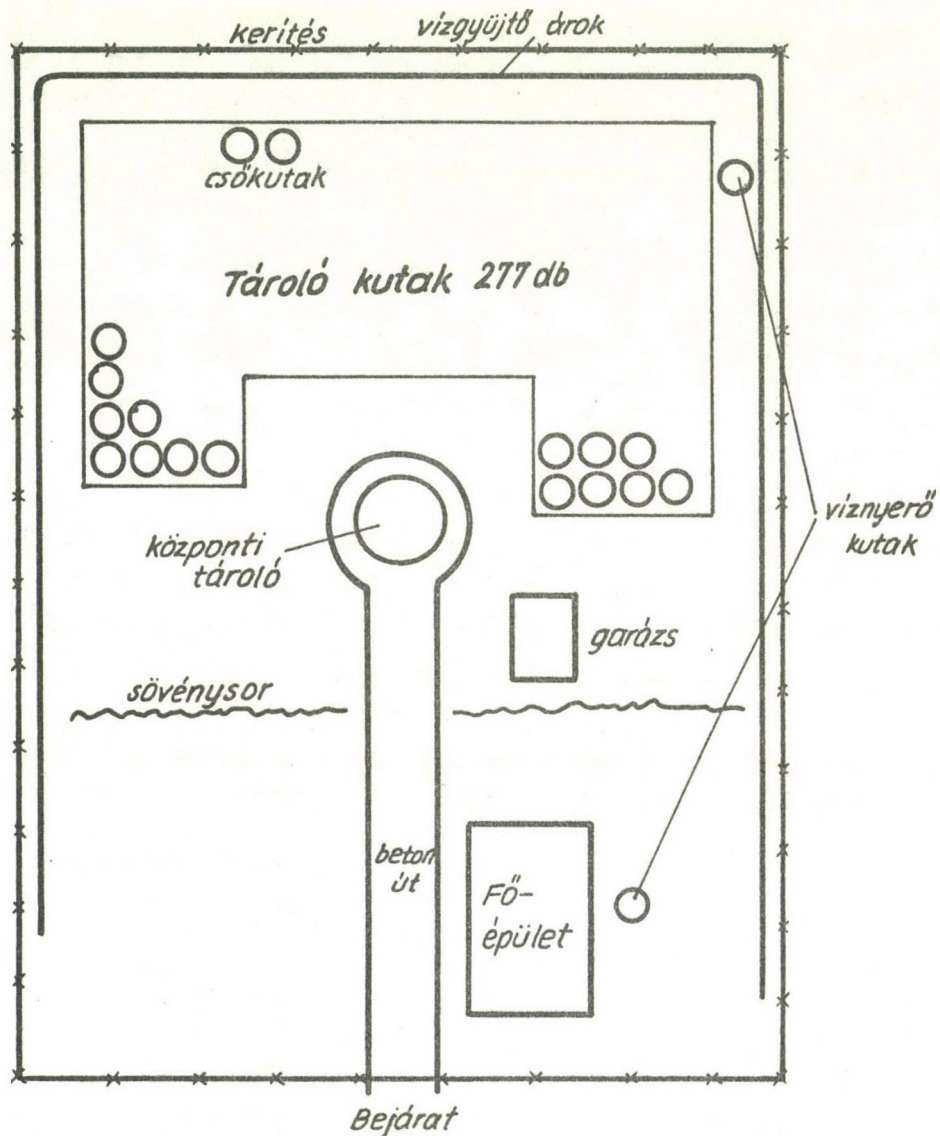
A folyékony hulladékot 20 literes műanyagkannákban, a biológiai 25 literes tejeskannákban helyeztük el.

A szilárd hulladékok tulnyomó része szűrőpapírt, textiliát, betont, bentontörmelékot, földet, laboratóriumi eszközöket tartalmazott. Előfordult, hogy egy-egy göngyölegbe zárt sugárforrást is elhelyeztek.

A normál szilárd hulladékon tulmenően mintegy 3000 zárt sugárforrást is begyűjtöttünk, és elhelyeztünk. Ezeknél átcsomagolást csak akkor alkalmaztunk, ha a szállítás és tárolás biztonsága ezt indokolta.

## A HULLADÉKTÁROLÓ LÉTESÍTMÉNYEK

A solymári izotóptemető környezetében nem létesítettünk védőövetet. A mintegy 1 hektárnyi terület nagy forgalmu közut mellett helyezkedik el. A kerítés mellett közvetlenül mezőgazdaságilag művelt terület van. A főbb létesítményeket az 1. ábra mutatja.



1. ábra

A solymári izotóptemető létesítményei

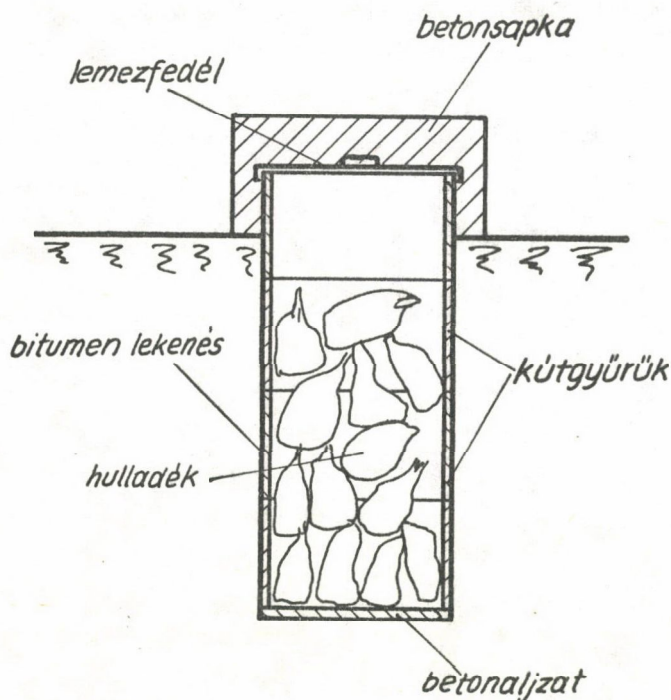
Az épület őrhelyiségeket, izotóplaboratóriumot, mérőszobát és szociális létesítményeket foglalt magába. A telekhatár közelében lévő két ásott kut a vízellátást, valamint a talajviz megfigyelését szolgálta.

Az un. "központi sirhely" - mintegy  $150 \text{ m}^3$  befogadási kapacitással - szilárd és folyékony radioaktív hulladékok elhelyezésére készült. Erre a célra nem vettük igénybe, mivel nem látszott biztosítottak a hulladék későbbi kiemelhetősége.

Kétféle típusú tárolót alakítottunk ki, egyrészt a szilárd, biológiai és a folyékony hulladék, másrészt a zárt sugárforrás számára. Ezek előre-gyártott,  $0,8 - 1 \text{ m}$  átmérőjű betongyűrűkből készültek. A kutak mélysége  $3 - 5,5 \text{ m}$  között változott: esetenként előfordult, hogy  $8 \text{ m}$  mélységű tárolót is építettünk. A kutak alja minden esetben beton volt.

A csapadékvíz befolyásának megakadályozására a kutak külső felületén - kezdetben a belső felületen is - bitumenes lekenést alkalmaztunk.

A szilárd, biológiai és folyékony hulladékok az így kialakított kutakba kerültek. A kutakat ideiglenesen lemezfedéssel zártuk le, megtelés után a fedelet bebetonoztuk [2. ábra].



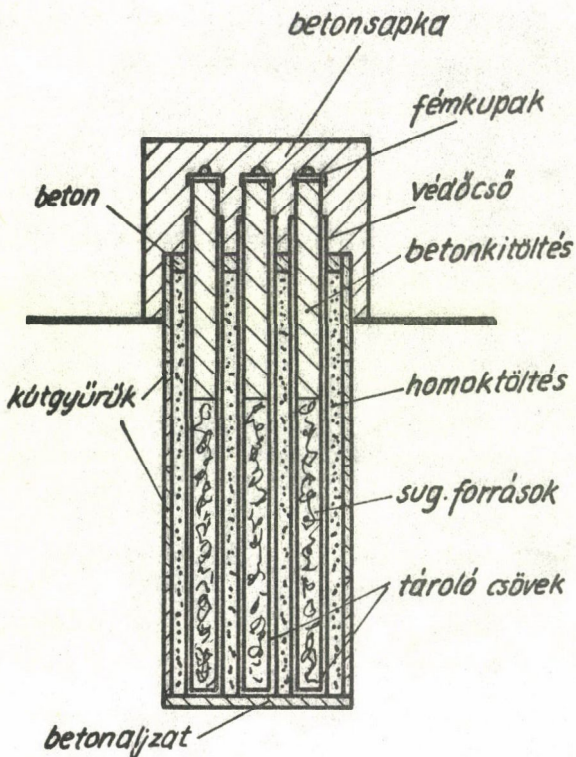
2. ábra

Szilárd, folyékony és biológiai hulladékok tárolója

A zárt sugárforrás-hulladék elhelyezésére a 3. ábrán látható csőkutak szolgáltak. Egy-egy betonkutban három csőkutat képeztünk ki úgy, hogy a sugárforrás tárolására szolgáló cső védőcsőben helyezkedett el. A kutakat korrózió ellen védtük. Ideiglenesen ólomvédelemmel ellátott lakattal zárható fedéllel zártuk le őket, megtelésük után pedig a lezárás a szilárd hulladékok tárolóihoz hasonlóan történt.

#### A KITELEPÍTÉS ELŐKÉSZÍTÉSE

A feladat vállalásakor tisztában voltunk, hogy a kitelepítés rendkívül nagy veszéllyel jár, elsősorban a munkát végző személyekre, de a környezetre nézve is. Sem a térfogatot, sem az aktivitást tekintve ilyen nagy mennyiségű radioaktív anyaggal végzett munkával kapcsolatban nem volt tapasztalatunk, és az irodalomban sem találtunk izotóptemető felszámolásáról szóló leírást.



3. ábra

Zártsugárforrás-hulladék  
tárolója

re állt a hulladékgöngyölegek felületi dózisteljesítménye a begyűjtés időpontjában.

A tervezéshez valamennyi tárolókut radioaktív hulladékának adatait ismertük, mivel a hulladékátvételnél és elhelyezésnél ezeket rögzítettük. A várható veszélyt tekintve a kutakat három csoportba soroltuk, hogy a kitelepítést a legkevésbé veszélyes hulladékkal kezdjük, míg a legveszélyesebb a végére maradjon.

Részletesen elemeztük a munkavégzés fázisait, elsősorban létszám- és időszükségletét, biztonsági kérdéseit, a várható veszély mértékét, anyag-, eszköz- és gépigényét. Mindezek alapján részletes technológiai és sugárvédelmi tervet dolgoztunk ki, amelyet az illetékes hatóságokkal jóváhagyattunk.

A váratlan, rendkívül események elhárítására ún. katasztrófatervet dolgoztunk ki.

Az előkészület második szakaszában megteremtettük a kitelepítés személyi és műszaki feltételeit. A dolgozókkal ismertettük a technológiai és su-

Ilyen körülmények között nagy jelentőséget tulajdonítottunk az előkészületnek.

Az előkészület során, a tervezést megelőzően, felbontottunk néhány tárolókut, hogy megvizsgáljuk a göngyölegek állapotát és kiemelhetőségét. Nyilvánvalóvá vált, hogy a közel 20 éve tárolt hulladék göngyölegei erősen károsodtak, és ezáltal több hulladékcsomag külsőleg szennyezetté vált. Beigazolódott az a feltevésünk, hogy a kitelepítés nyitott radioaktív munkavégzésnek minősül, és ezáltal fokozott szennyeződési veszélyt jelent.

Ennek megfelelően a tervezés elsődleges célkitűzése az volt, hogy a munkát végző személyeknél csökkentjük a radioaktív anyag inkorporációjának lehetőségét, illetve megakadályozzuk a nagyobb mérvű környezeti szennyeződést. A várható külső sugárterhelés megállapításához rendelkezés-

gárvédelmi előírásokat, inaktív körülmények között begyakoroltattuk a kritikus, nehezen végezhető műveleteket. Ennek során megköveteltük a védőruházat és eszközök /szkafander, könnyű gázvédőruha, gázálarc stb./ viselését is. Külön orvosi vizsgálat alapján választottuk ki a nehéz fizikai munkát végző, különlegesen veszélyeztetett helyen dolgozó személyeket.

A rendelkezésre álló létszámból az alábbi munkacsoportokat hoztuk létre:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| operatív csoport     | - a radioaktív hulladék kutból való kiemelésére, újra-csomagolására  |
| kiszolgáló csoport   | - az operatív csoport zavartalan munkájának biztosítása, /a kutak felbontása, lezárása, védőruházatba való be- és kiöltöztetés, helyszini mentesítés stb./ |
| sugárvédelmi csoport | - szennyezettségmérés, dózismérés, a kitelepítés sugárvédelmi szempontból való irányítása, ellenőrzése   |
| szállító csoport     | - a radioaktív hulladék fel- és lerakodása, a szállitmány kísérése   |
| mentesítő csoport    | - elsősorban az RHFT területén a szállító gépkocsik, védőruházat, esetenként egyéb felületek mentesítése.  |

A hulladékáttelepítés meggyorsítása céljából a HM Polgári Védelem Országos Parancsnoksága 4 gépkocsit bocsátott rendelkezésünkre.

## A HORDÓS HULLADÉK KITELEPÍTÉSE

A hulladék kiemelése a kutat lezáró betonsapka és lemezfedő eltávolításával kezdődött. Ezt követően pneumatikus védőruhába öltözött személy segítette, a kutba leereszkedve, a hordók daruval való kiszedését.

A kiemelésnél problémát okozott a fémhordók nagymérvű korróziója. A vas-hordók korróziója nem egy esetben olyan mértékű volt, hogy a kiemelés során a hordó kettészakadt, és a hulladék visszaömlött a kutba, illetve a daruval való mozgatás során a sérült hordókból kihulló hulladék szennyezte a területet.

A nyitottá vált hulladékgyöngyöleget és a kiömlött hulladékot a gázvédőruhába öltözött személyek újra a hordóba vagy polietilén zsákba csomagolták. A sérült hordókat az RHFT speciális hulladékszállító gépkocsijával szállítottuk ki.

A hordók korróziójával kapcsolatban az alábbiakat állapíthattuk meg:

- elsősorban azok a hordók voltak erősen korrodeáltak, amelyeket csak vékony festékréteggel vontak be a hulladékszolgáltatók;
- a vastagabb bonomit réteggel bevont és a gyárilag festett hordók a korrózió-  
nak jobban ellenálltak;

- alumínium hordókon semmiféle változás nem volt tapasztalható;
- némely hordó tetején, valamint az abroncsos hordóknál a peremrészen, a kutak alján kondenzvíz volt található. Mennyisége aszerint változott, hogy a kut milyen hosszú ideig volt légmentes lezárás nélkül, illetve a kutat száraz vagy nedves időszakban betonozták le;
- a hordók belső felületéről kiinduló korrózió volt tapasztalható nedves tartalmú hulladékknál.

A hordók felületén mérhető dózisteljesítmény 0,1 - 5 mGy/h (10-500 mR/h) között változott, jóllehet a begyűjtés időpontjában előfordult 50 - 100 mGy/h (5 - 10 R/h) értékű göngyöleg is.

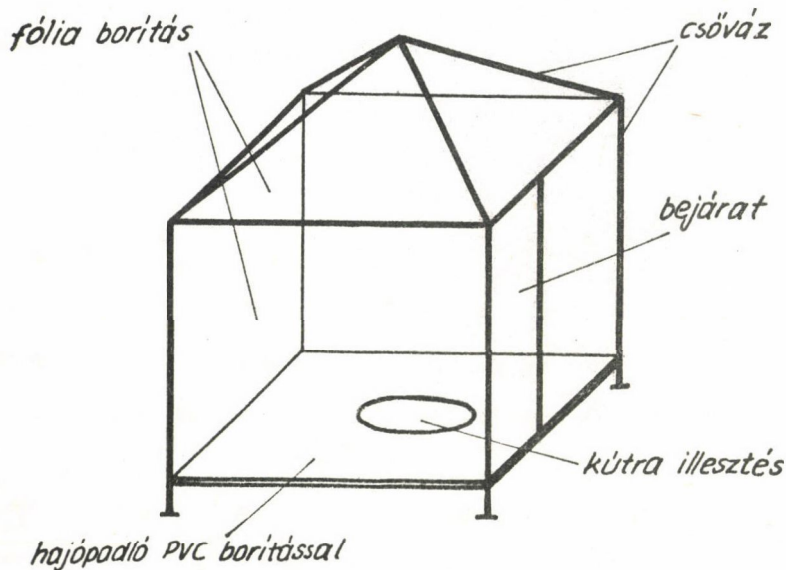
#### A ZSÁKOS CSOMAGOLÁSÚ HULLADÉK KITELEPÍTÉSE

A hazai hulladékkezelésben jelentős könnyebbséget jelent, hogy a szilárd hulladékok egy részét polietilénzsákban gyűjtik be, és adják át szállításra. A hulladék kitelepítése szempontjából viszont a zsákos csomagolás lényegesen nagyobb veszélyt jelentett.

Az egy-egy kutban elhelyezett 30-50 zsák közül legalább 2-3 sérült volt, s így ezek szennyezték a többi zsákot, és magát a kutat is. A szennyezett kutak mintegy 80%-a zsákos hulladékot tartalmazott. További hátrányt jelentett, hogy kisebb csomagok lévén több manipulációt jelentett kiemelésük, átcsomagolásuk és elhelyezésük.

A zsákos hulladék áttelepítésénél mutatkozó nagyobb környezeti és inkorporációs veszély miatt a hulladék kiemelésénél és átcsomagolásánál a 4. ábrán látható fóliasátorat alkalmaztuk. A sátor padozata könnyen mentesíthető

anyagból készült, és jól illeszkedett a felnyitott tárolókutra. A sátoron belül három személy pneumatikus védőruházatba öltözve végezte a munkáját, egy a kutban tartózkodott, és adta ki a radioaktív



4. ábra

Hulladékok kiemelésénél alkalmazott fóliasátor

hulladékcsomagokat, míg a másik kettő a kiemelt hulladékot ujracsomagolta, a másodlagos szennyeződés elkerülése végett.

Gyakran előfordult az is, hogy a zsákokban nagyobb mennyiségű, esetenként 1-2 liter víz is volt. Ezeket, valamint az erősen sérült zsákokat hordókba csomagoltuk, amelyek aljára előzetesen cementet öntöttünk.

## A ZÁRT SUGÁRFORRÁS-HULLADÉK KITELEPÍTÉSE

A zárt sugárforrásokot tartalmazó hat acélcsövet úgy kellett kiszállítanunk, hogy a manipulációnál a külső sugárterhelés elfogadható mértékű maradjon.

A közel 3000 zárt sugárforrás az átszállítás időpontjában mintegy 2 TBq (60 Ci)  $^{60}\text{Co}$  ekv. aktivitásnak felelt meg. Nehezítette a munkát az, hogy ez nem pontszerű forrás aktivitása volt, hanem a sugárforrások összesen mintegy 12 m csőhosszban helyezkedtek el, különösebb árnyékolás nélkül.

A munka első fázisában az acélcsöveket folyékony betonnal kiöntöttük, ezáltal a sugárforrásokat fixáltuk, és megfelelő sugárárnyékolást biztosítottunk a csövek felső végénél. Az oldalfelületeken azonban még így is 150 mGy/h (15 R/h) dózisteljesítményt mértünk a daruval való kiemelés során. A kiemelt csőkutakat egy 400 mm átmérőjű, 4 m hosszú un. szállítócsőbe helyeztük, melyet előzőleg a földbe süllyesztettünk.

A szállító csövet betonnal kiöntöttük, és megkötés után fedéllel lezártuk. Így felületén a maximális dózisteljesítmény 15 mGy/h, (1,5 R/h) volt.

A szállító gépkocsin a további árnyékolást ólomlemezek, valamint betontéglák adták.

## EGYÉB HULLADÉKFÉLESÉGEK KITELEPÍTÉSE

A solymári izotóptemetőben elhelyezett néhány köbméter folyékony hulladék - szennyvíz, szerves oldószer - 5-20 literes polietilén zsákos csomagolású műanyag kannákban volt. Tekintettel arra, hogy ezeknek a kutaknak a felbontásánál érezhető volt a szerves oldószer jelenléte, ügyelni kellett a tűz, valamint a robbanás elkerülésére. A hulladékot hasonlóan emeltük ki, mint a zsákosat. Különbséget az jelentett, hogy a szállítás előtt, a fokozott biztonság érdekében, a csomagokat hordóban helyeztük el.

A formalin oldattal konzervált állati tetemek /biológiai hulladékok/ tejeskannákban voltak. Átcsomagolásuk és szállításuk a folyékony hulladékokhoz hasonlóan történt.

## A HULLADÉKOK SZÁLLÍTÁSA

A hulladékot a gépkocsin úgy helyeztük el, hogy a dózisteljesítmény a szabvány előírásait ne haladja meg. Ezt a különböző dózisteljesítményű göngyölegek megfelelő elrendezésével, valamint árnyékolással értük el. Csupán a zárt sugárforrásoknál nem tudtuk tartani a szállító gépkocsi külső felületére meghatározott 2 mGy/h (200 mR/h) értéket.

A hulladékot Budapest északi részén keresztül, meghatározott utvonalon szállítottuk. A szállítási időpontok helyes megválasztásával sikerült elkerülni a csucsforgalom közlekedési nehézségeit. Általában egyidejűleg négy gépkocsi végezte a szállítást, és ezek konvojban haladva érkeztek az RHFT-hez. Valamennyi kielégítette a radioaktív izotópok szállítására előírt feltételeket, és viselte a jelzéseket. A szállítmányt minden esetben szakemberekkel, mérőműszerekkel ellátott, ún. biztosító gépkocsi kísérte.

A szállítási időpontokat és utvonalat a közlekedésrendészeti szervekkel is egyeztetettük.

A kitelepítés során hónapokon keresztül több gépkocsi, esetenként napi két fordulóval tette meg a Solymár és Püspökszilágy közötti 70 km-es távolságot, a legkisebb közlekedési zavar vagy baleset nélkül.

Az RHFT területére kiszállított szilárd hulladék közvetlenül a végleges tárolóhelyre került, míg a folyékony és biológiai hulladékokat feldolgozás után<sup>2</sup> helyeztük el.

## A HULLADÉKTÁROLÓ KUTAK SZENNYEZETTSÉGE ÉS MENTESÍTÉSÜK

A kitelepítést követően megvizsgáltuk az üres solymári kutak radioaktív szennyeződését. Ez elsődlegesen a göngyölegek sérüléséből eredt. Legnagyobb mérvű szennyeződés akkor állt elő, amikor a göngyölegből radioaktív hulladék került ki. Ilyen esetekben a dózisteljesítmény a kiürített kutnál elérte a 15 mGy/h (1,5 R/h) értéket.

Ugyancsak jelentős radioaktív szennyeződést okozott az esetenként a tárolókutba bejutott csapadékvíz és kondenzvíz. Volt olyan kut, amelyben 1,5 m<sup>3</sup> csapadékvizet találtunk. A víz kilugozó hatása következtében a sérült, nem megfelelően lezárt göngyölegekből jelentős mennyiségű radioaktív anyag jutott ki.

A hulladék kiemelése során további szennyeződések keletkeztek.

Amíg a területen radioaktív hulladék volt, a kutakban radioaktív szennyeződést mérni és felszámolni nem lehetett; a hulladék áttelepítése után végeztük el a kutak szennyezettségének felmérését.

A mérést SGB-3P szondával felszerelt, RUST-2 szennyezettségmérő műszerrel végeztük oly módon, hogy a szondát meghosszabbított vezetékkel 5 m hosszú rudra szereltük, s így anélkül tudtunk mérni, hogy embert kellett volna a kutba engednünk.

Kisebb foltszennyeződés esetében a szennyezett területet SGB-2PW végablakos GM-szondával határoltuk körül pontosan.

A mérési eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.

### 1. táblázat

A tárolókutak radioaktív szennyezettsége

Szennyeződés kiterjedése /m <sup>2</sup> /	Szennyezett kutak száma /db/			
	0-2000 cpm	2-5000 cpm	5-10 000 cpm	10 000 - cpm
0 - 0,1	8	3	3	1
0,1 - 0,5	20	5	5	15
0,5 - 1	5	2	3	7
1 - 2	3	1	3	11
2 -	6	7	1	34
Összes szenny. felület /m <sup>2</sup> /	50	47	15	230

A radioaktív szennyeződés a kutak mintegy 350 m<sup>2</sup>-nyi betonfelületét érintette.

Közismert, hogy a beton mentesítése igen nehéz, sok esetben lehetetlen, tekintve, hogy a radioaktív anyag bediffundál a betonba.

Az esetek egy részénél azonban /pl. foltszennyeződésnél/ feltételeztük, hogy a radioaktív anyag a beton felületén tapadó por formájában kötődik meg. Ennek megfelelően a mentesítési módszer megválasztásánál - elsősorban kisebb kiterjedésű foltszennyeződés esetén - gumioldat, parafin alkalmazásával, illetve a felület lecsiszolásával próbáltunk eredményt elérni. A gumioldat és a parafin, bár jelentős mennyiségű radioaktív anyagot távolított el, nem mentesített kellőképpen. A csiszolás jobb eredményt hozott, a porzást azonban még a speciális elszívóberendezés sem szüntette meg.

E módszerek eredménytelensége folytán munka- és időigényesebb eljárásokhoz voltunk kénytelenek fordulni.

A tárolókutak alját légkalapáccsal kellett feltörni. A kutgyűrűk mentesítésénél - foltszennyeződés esetén - a szennyezett betonfelületet kivéstük.

Nagy terjedelmű vagy egész kutgyűrűt érintő szennyeződés esetén az egész kutgyűrűt kiszedtük oly módon, hogy előzőleg hidraulikus feszítő szerkezettel széttörtük. Amikor pedig a teljes kut szennyezett volt, a kutat körbeástuk, és a betonkutgyűrűket daruval kiemeltük.

A mentesítés módszerére vonatkozó adatokat a 2. táblázat tartalmazza.

## 2. táblázat

A kutak száma a szennyeződés eltávolítása szerint

gumioldattal, parafinnal	csiszolással	véséssel	Aljzat- beton eltávolításával	Egyes gyűrűk eltávolításával	Teljes kut eltávolításával
/foltszennyezés/					
6	5	14	27	42	34

A mentesítés mértékének megállapításánál figyelembe vettük, hogy az Egészségügyi Minisztérium 37 MBq (1 mCi)  $^{90}\text{Sr}$  ekv. maradék aktivitást engedélyezett az egész temető területére.

Arra törekedtünk, hogy elfogadható gazdasági ráfordítás mellett minimális radioaktív szennyeződés maradjon a területen. Ennek megfelelően a nagyobb radioaktív szennyezettséggel rendelkező felületek eltávolítását szorgalmaztuk, míg a nagyobb kiterjedésű, de kisebb szennyezettségű felületeknél ettől eltekintettünk.

A méréseink és számításaink alapján a területen maradt radioaktív szennyezettség nem éri el az engedélyezett érték egy tizedét.

A maradék szennyeződés csak a betongyűrűk felületén, esetenként a betonrétegbe diffundálva fordul elő. A talajréteg nem tartalmaz radioaktív szennyeződést. A szennyezett betonfelületeket a kutak talajjal való feltöltése előtt - a szennyeződés fixálása érdekében - bitumennel lekentük.

## AZ ÁTTELEPÍTÉS SUGÁRVÉDELMI KÉRDÉSEI

### A KÜLSŐ SUGÁRTERHELÉS

A külső sugárterhelés ellenőrzésére az érintett személyek film- és toll-dózismérővel voltak ellátva.

Ezen túlmenően a dozimetriai csoport folyamatosan mérte az egyes személyek tartózkodási helyén - tárolókutakban, a kutak közvetlen környezetében, a göngyölegek felületén, valamint a rakodóhelyen - a dózisteljesítményt.

A dózisteljesítmény mérésénél RK-10 és RK-67 típusú műszereket használtunk. Ezen kívül igen nagy segítséget jelentett a Teletector típusú műszer, mivel méréshatára igen széles skálán változtatható (2mR/h - 1000 R/h), és teleszkópos szerkezete lehetőséget adott nagyobb távolságról /max. 4 m/ végzett mérésre is.

A göngyölegek felületén mérhető dózisteljesítmény 0-10 mGy/h /0-1 R/h/ között változott.

Külön figyelmet kellett fordítanunk a gépkocsikon rakodó dolgozók sugár- védelmére, hiszen a rakodás 1-2 óra hosszat is eltartott, és gyakran viszonylag nagy dózisteljesítményű hordók és zsákok közvetlen közelében kellett dolgozniuk.

Itt és a kutakban dolgozó személyeknél rendszeresen ellenőriztük a toll- dózismérőket, és szükség esetén a személyek cseréjével csökkentettük a külső sugárterhelést.

Összességében megállapítható, hogy a kitelepítés folyamán a külső sugár- zásból eredő dózisterhelés senkinél sem haladta meg a havonta megengedhető maximális értéket.

#### A BELSŐ SUGÁRTERHELÉS

A radioaktív hulladék kitelepítésénél dolgozókra a legnagyobb veszélyt a radioaktív anyag esetleges inkorporációja jelentette.

A sérült göngyölegekből radioaktív anyag jutott a kutakba, szennyezve az ép göngyölegeket is. Az esetenként elvégzett mérés szerint a göngyölegek mintegy 70%-a volt szennyezve radioaktív anyaggal.

Előfordult, hogy a hulladékok ujracsomagolása után is fennállt az inkorporáció lehetősége, mivel esetenként az ujracsomagolásnál nem tudtunk "steril" körülményeket biztosítani, és így az új göngyöleg is szennyezett lett.

Az inkorporáció lehetőségének csökkentése végett a legkritikusabb helyen dolgozó személyek pneumatikus védőruhában, esetenként gázvédőruhában és gáz- álarcban végezték munkájukat. A védőruhák miatt ugyanakkor körülményessé, nehézzé vált a különféle manipulációk végzése. Ez rendkívül nagy fizikai meg- terhelést jelentett.

A védőruházatok, munkaeszközök és egyéb felületek szennyezettsége is fo- kozta az inkorporáció veszélyét. Néhány esetben a védőruházat, gumikesztyű megsérült, s ezt a dolgozó nem vette azonnal észre.

Az inkorporáció megelőzésére gyakran ellenőriztük a szennyezettséget.

Bőrfelületen radioaktív szennyeződést két alkalommal találtunk, közülük az egyiket azonnal meg tudtuk szüntetni, míg a másik esetben csak három nap mulva tudtunk teljes mentesítést elérni.

A solymári izotóptemetőben a kitelepítés során naponta 20-25 ember dolgozott. A tisztálkodás biztosítására fürdető állomást telepítettünk.

A vizellátást több esetben tankautóval kellett megoldani, tekintve, hogy a helyi víznyerés korlátozott volt.

Az inkorporáció ellenőrzésére, a leginkább érintett személyeknél, az expozíciós időszak alatt, rendszeresen vizsgáltuk a vizeletet, majd az áttelepítés befejezésével nyolc embernél egészségteszt-számlálásra került sor az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetében. A vizsgálat radioaktív anyag inkorporációt nem mutatott ki.

#### AZ ESZKÖZÖK ÉS A MUNKARUHÁZAT SZENNYEZETTSÉGE ÉS MENTESITÉSE

A tárolókban elhelyezett göngyölegek külső felületének nagy része radioaktív anyaggal szennyeződött.

Zsákos hulladékoknál - a hulladékok ujracsomagolásáig - a munka során minden olyan eszköz és munkaruházat beszennyeződött, mely a radioaktív hulladékkal érintkezésbe került.

A zsákos hulladékoknál az volt a célunk, hogy az ujracsomagolás zárjaki a további szennyeződést. Ezt nem minden esetben sikerült elérnünk, mert a kiemelés során a fóliasátor padozata olyan mértékben szennyeződött, hogy az esetek egy részében az új göngyöleg külső felülete is szennyezetté vált. Ezt elősegítette az a körülmény, hogy az esetenként 30-40 kg súlyú zsákok kiemelése és ujracsomagolása a fóliasátoron belül körülményes volt.

A fóliasátorból kikerülő szennyezett, ujracsomagolt zsákok a technológiai lánc folyamán - a rakodást végző személyeknél, a gépkocsiknál, esetenként a rakodási hely környezetében - radioaktív szennyeződést okoztak.

A további szennyeződés csökkentése, megszüntetése érdekében a fóliasátor padozatát minden kut kiürítése után mentesítettük. A padozaton belül elkülönített tiszta helyet készítettünk az új zsákoknak, cserélhető fóliával. Törekedtünk arra, hogy a sátorban dolgozó két ember közül csak az egyik kerüljön kapcsolatba a kiemelt szennyezett zsákokkal.

A solymári telephelyre begyűjtött hordók átvételekor feltétel volt, hogy nem tapadó radioaktív szennyeződés ne legyen a göngyöleg külső felületén. Ennek ellenére a hordók kitelepítésénél radioaktív szennyeződéssel kellett számolni. Ennek kettős oka volt. Először is több esetben előfordult, hogy a hordók korróziója révén radioaktív anyag került ki belőlük, és szennyezte a többi hordót is, másrészt a hordók külső felületének festése - mely legtöbb esetben a felületi szennyezettség fixálására szolgált - a tárolás, szállítás során levált, és további szennyeződést okozott.

A legnagyobb radioaktív szennyeződés a kutban dolgozó személy védőruházatán, a fóliasátor padozatán, valamint a sátorban dolgozók munkaruházatán volt mérhető. Esetenként előfordult, hogy mértéke meghaladta az 1000 cpm/cm<sup>2</sup> értéket /RUST-2 SGB-3P/. Néhány esetben a munkaruházaton mérhető dózisteljesítmény elérte az 0,1 mGy/h (10 mR/h) értéket.

A sátron belül tartózkodó személyek védőruházata és a sátor padozata minden esetben szennyeződött; közel 300 alkalommal szennyeződött kisebb-nagyobb mértékben a fóliasátoron kívül dolgozó személyek textil védőruházata is.

A hulladékszállításra használt gépkocsik rakodótere 24 esetben szennyeződött. Szennyeződés volt mérhető a kitelepitésnél felhasznált eszközökön is /pl. létrán, emelőszerkezeteken/.

A radioaktív anyag inkorporációja és a további szennyeződés elkerülése végett törekedtünk arra, hogy a mentesítés a szennyeződés észlelését követően mielőbb megtörténjen. Az azonnali mentesítésen túlmenően, a napi munka befejezése után hatékonyabb mentesítést végeztünk, illetve esetenként cseréltük a fóliasátor padozatának műanyag burkolatát. A pneumatikus és gázvédőruhákat az RHFT-nél mentesítettük. Először mosószeres oldattal átitatott papírvattával eltávolítottuk a szennyeződés legnagyobb részét, ezt követően a ruházatokat 8-10 órán keresztül mosószeres oldatban áztattuk, majd géppel kimostuk.

A mentesítések számát, hatékonyságát a 3. táblázat mutatja.

### 3. táblázat

A mentesítések száma és hatékonysága

megnevezés	a mentesítések száma	eredménytelen mentesítés
szkafander-gázvédőruha	510	14
textil munkaruházat	297	25
gépkocsi	24	-
eszközök	67	14

#### A KÖRNYEZETI RADIOAKTÍV SZENNYEZŐDÉS

A hulladékok kitelepitése a radioaktivitást és a végzett műveleteket tekintve megfelelt az MSZ 62-78. szabványban az "A" szintű munkahelyre megfogalmazott radioaktív munkavégzésnek. Ugyanakkor ezt a munkát nem laboratóriumi, nem üzemi körülmények között, zónarendszerek megléte mellett, hanem szabad térben, különösebb védelmi berendezések nélkül kellett elvégeznünk.

A szabadban való, nyitott radioaktív munkavégzés annak a veszélyét rejtette magában, hogy adott esetben a radioaktív szennyeződést nem lehet szűkebb területre lokalizálni. A szennyeződés egy része por formájában fordulhat elő, és az időjárástól függően, levegő útján nagyobb területet is elboríthat, illetve talajfelület szennyeződése esetén, a csapadékvíz közvetítésével felszíni vizekbe is bejuthat.

A szennyeződés kiterjedésének további forrása lehetett, hogy a területen nagyobb létszámú, esetenként nem szakképzett személy végzett radioaktív munkát, és mozgásukat, tevékenységüket nem lehetett állandóan figyelemmel kísérni.

A területről távozó gépkocsik szintén okozói lehettek a radioaktív szennyeződés szétterjedésének.

A nagyobb hulladékmennyiség rövid időn belüli szállítása fokozta a közúti baleset valószínűségét, a közut esetleges elszennyeződésének lehetőségét.

A rendszeres napi, esetenként késő esti órákra huzódó hulladéklerakodás az RHFT tárolóterénél s környezetében ugyancsak növelte a szennyeződés veszélyét.

Mindezek figyelembevételével sugárvédelmi tevékenységünk fő feladata, az inkorporáció kiküszöbölése mellett, a környezeti szennyeződés megakadályozása volt. Naponta rendszeresen vizsgáltuk a solymári izotóptemető talajfelszínének és a csapadékvíz-elvezető árokrendszernek radioaktivitását.

Hasonlóan jártunk el az RHFT területén; a hulladék lerakódását követően, minden alkalommal megvizsgáltuk a lerakódóhely esetleges radioaktív szennyeződését. A tárolótér területéről összefolyó csapadékvíz radioaktivitását fokozott mértékben ellenőriztük, az esetleges szennyeződés létrejöttének azonnali felderítése, felszámolása céljából.

A solymári izotóptemetőben folyó tevékenység elsősorban a tárolókutak közvetlen környezetében okozott a talaj felszínén radioaktív szennyeződést. A szennyeződés - egy eset kivételével - a művelet alá vont kut környezetét érintette mintegy 30 alkalommal.

Ezeket a szennyeződéseket a napi munka befejezése után egyszerű módon, a talaj felső rétegének eltávolításával felszámoltuk. A környezeti szennyeződés felszámolása nem okozott problémát sem Solymáron, sem az RHFT-nél, a hulladékok mintegy 70%-ának áttelepítéséig. Az áttelepítendő 6542 zsák közül azonban egy zsák nagyobb mérvű környezeti szennyeződést okozott. A 4037. sz. zsák, amelyet a 163. sz. kutból emeltünk ki, sérült volt.

A kut kiürítését követően, a rutinellenőrzés során, jelentős aktivitású ruházat- és eszközszennyeződést tapasztaltunk. A kutak környezetében végzett mérés is kiterjedt és nagy radioaktív szennyezettséget mutatott.

A hulladékszállítvány püspökszilágyi telephelyen való lerakódása után a rakodótér környezetében szintén nagyobb terület elszennyeződését észleltük. Ekkor a radioaktív hulladék áttelepítését felfüggesztettük, és a szennyeződés részletes felmérése után hozzáfogtunk azonnali felszámolásához.

A solymári területen a szennyeződés mintegy 200 m<sup>2</sup> talajfelszint, míg az RHFT-nél kb 500 m<sup>2</sup>-nyi betonfelületet érintett.

A szennyeződés vizsgálatokor kiderült, hogy az okozó szilárd, porszerű anyag volt. A további vizsgálat üvegbe ágyazott <sup>90</sup>Sr izotópot mutattak ki. Egy-egy szemcse radioaktivitása elérte a 37 kBq-t (1 μCi-t). A kikerült radioaktív anyag mennyisége mintegy 370 MBq (10 mCi) <sup>90</sup>Sr-ra volt becsülhető.

A solymári izotóptemető területén a talajréteg 5-10 cm-es eltávolításával a radioaktív szennyeződést 3 napon belül felszámoltuk. Az RHFT tárolóterénél pontosan körülhatároltuk a radioaktív porszemcse helyét, majd bitumenel fixáltuk, és az egész területet polietilén fóliával letakartuk. Erre azért volt szükség, mert nem tudtuk azonnal mentesíteni, ugyanakkor féltő volt, hogy a szennyeződés szétterjed.

A szennyeződést az áttelepítést követő néhány hónap alatt számoltuk fel.

A mentesítést követően megvizsgáltuk a tárolók távolabbi körzetét is, és megállapítottuk, hogy a szennyeződés egyik esetben sem került ki a tárolók területéről, sem a levegő, sem a csapadék közvetítésével.

A hulladékáttelepítés környezetszennyező hatását vizsgálva megállapítható, hogy a feladat különösebb nehézség nélkül megoldható lett volna, ha a sérült zsákból nem kerül ki mintegy 370 MBq (10 mCi) <sup>90</sup>Sr izotóp. A <sup>90</sup>Sr feltehetően sérült zárt sugárforrásként került a zsákba, jóllehet hulladékátvételi előírásaink tiltják 37 MBq-nél (1 mCi-nél) nagyobb aktivitású zárt sugárforrás nyitott radioaktív hulladékban történő elhelyezését.

Végül elvégeztük a solymári terület talajának, talajvizének, növényzetének részletes laboratóriumi vizsgálatát.

A mérés a területen tárolt radioaktív hulladékból származó szennyeződést nem mutatott.

Jelenleg folyik a területrendezés, melynek során a felső kutgyűrűket eltávolítjuk, majd a talaj felső, 50 cm-es rétegét a kutakba helyezzük. Ezt a területet termőtalajjal töltjük fel.

## HULLADÉKTÁROLÁSI TAPASZTALATOK

A hazai radioaktív hulladékok jelenlegi és várható jövőbeli végleges tárolási módja a talaj felső rétegében történő elhelyezés.

Ezt figyelembe véve a solymári kísérleti izotóptemető üzemeltetésénél szerzett tapasztalat jelentős mértékben hozzájárulhat a talajban történő hulladékelhelyezés követelményrendszerének kidolgozásához, és lehetőséget nyújt a hulladék elhelyezésével kapcsolatos - helyenként meglévő - téves szemlélet megváltoztatásához.

A kérdés fontosságát alátámasztja az a körülmény, hogy a közeljövőben és a következő évtizedekben jelentős mennyiségű atomerőművi hulladék elhelyezéséről kell gondoskodni.

Milyen mértékben lehet az atomerőművi hulladék elhelyezésénél figyelembe venni a solymári izotóptemetőnél szerzett tapasztalatokat?

A megválaszolásához vizsgáljuk meg az elhelyezés néhány fontosabb kérdését a solymári izotóptemető, valamint atomerőművi hulladékok vonatkozásában.

A hulladékok végleges tárolási helyének megválasztásánál jelentős szerep jut a szükséges tárolási időnek, ami alatt a hulladék radioaktivitása oly mértékben lecsökken, hogy a környezetre már nem jelent veszélyt. Ez atomerőművi hulladékoknál 600 év.

A solymári területen 20 évig tároltunk radioaktív hulladékot. Bár ez az idő csak egyharmincada az atomerőművi hulladékok tárolási idejének, a radioaktív anyagok talajban való migrációjára - megítélésünk szerint akár 600 évre is - megfelelő következtetések levonására ad lehetőséget.

A másik lényeges kérdés, hogy a solymári izotóptemetőben tárolt, kis fajlagos aktivitású hulladékok tárolási tapasztalatai mennyire vonatkoztathatók az atomerőművi közepes és nagy fajlagos aktivitású hulladékok elhelyezésére.

Ugyanez a kérdés vonatkozik a Solymáron tárolt hulladék összaktivitására és térfogatára is.

A Solymáron tárolt hulladékok között előfordult közepes és nagy fajlagos aktivitású hulladék is. A tárolt  $900 \text{ m}^3$  hulladék mintegy  $370 \text{ TBq} / 10\,000 \text{ Ci}$  radioaktív anyagot tartalmazott. Ez a radioaktív anyagmennyiség, hulladék-térfogat, valamint tárolási idő elegendő, hogy a solymári izotóptemető mintegy üzemi kísérletként szolgáljon a további radioaktív hulladékok elhelyezéséhez, beleértve az atomerőművi hulladékokat is.

A tapasztalatokat az atomerőművi hulladékoknál annál is inkább fel lehet használni, mivel a Solymáron tárolt hulladék jelentős mennyiségű  $^{90}\text{Sr}$  és  $^{137}\text{Cs}$  izotópot tartalmazott, s ezek az atomerőművi hulladékok jellemzői is.

A solymári hulladéktárolás vizsgálatánál figyelembe kell venni a több szempontból kedvezőtlen adottságokat. Elsősorban földtani, talajtani és hidrogeológiai viszonyokra kell gondolni.

A területen 14-16 m mélységben helyezkedik el a talajviz, s a kevésbé kötött talaj vízzáró tulajdonságai rosszak.

Ezen túlmenően a hulladékelhelyezés módja sem volt olyan, mint amilyent a végleges elhelyezésnél általában alkalmaznak. A tárolókutak nem voltak vízzáróak, a hulladék nem volt betonba ágyazva, a csomagolás csak kis fajlagos aktivitású hulladékoknál volt megfelelő. Néhány esetben a tárolókba nagyobb mennyiségű csapadékvíz is bejutott.

Az izotóptemető nagy forgalmu közut és mezőgazdaságilag művelt terület közvetlen közelében, védőövezet nélkül helyezkedett el. Egyéb biztonsági tényezőket is figyelembe véve a solymári izotóptemetőben a tárolási feltételek elmaradtak a már elfogadott követelményektől.

A solymári izotóptemetővel kapcsolatos hulladéktárolási tapasztalatokat a 20 éves üzemeltetés, majd a felszámolást követő részletesebb vizsgálatok szolgáltatták.

A tárolási időszak alatt rendszeresen vizsgáltuk a terület talajának, a környezet növényzetének, a megfigyelőkutak vizének és a levegő porszennyeződéseknek aktivitását. A vizsgálatok nem utaltak a tevékenységből származó radioaktív szennyeződésre. 1968-ban és 1978-ban a kutak környezetében végzett talajfurás magmintái nem mutattak megnövekedett radioaktivitást.

A tárolókutak kiürítését, esetenként a kutgyűrűk kiszedését követően olyan vizsgálat végzésére nyílt lehetőség, mely a radioaktív hulladékok talajban való elhelyezésének szempontjából igen jelentős.

Elsősorban azoknak a tárolókutaknak a környezetét vizsgáltuk meg, melyek jelentős mértékben tartalmaztak radioaktív szennyeződést.

Minden esetben vizsgáltuk az olyan kutak környezetét, melyekbe csapadékvíz került. A víz a hulladékból jelentős mennyiségű radioaktív anyagot oldott ki, és esetenként juttatott a talajba. Az 5-8 cm falvastagságú, nem kellőképpen szigetelt tárolókutak átengedték a csapadékvíz, vele együtt a radioaktív anyag egy részét.

Előfordult, hogy a gyűrűk nem megfelelő illeszkedése miatt radioaktív szennyviznek minősülő csapadékvíz a kutból közvetlenül a talajba jutott.

A jelenségek észlelésekor számoltunk azzal, hogy nagyobb mennyiségű radioaktív anyaggal szennyezett talajt kell hulladékként elszállítanunk.

Talajvizvizsgálatot 94 tárolókut környezetében végeztünk. Radioaktív talajszennyeződést 7 esetben találtunk. A szennyezett talajból kézi furóval magmintákat vettünk, s laboratóriumban vizsgáltuk radioaktivitásukat. Megállapítottuk, hogy a tárolók alatti talajrétegbe maximálisan 8 cm mélységig jutott a kikerült radioaktív anyag.

Ezek a mérési eredmények összhangban állnak a laboratóriumi és félüzemi migrációs vizsgálatokkal<sup>3</sup>, amelyeket jelenleg is végzünk.

A nemzetközi szakirodalomban, a transzport folyamatokról található elméleti megfontolások<sup>4</sup> és gyakorlati tapasztalatok szintén a fentieket igazolják.

Az Egyesült Államokban pl. számos helyen /Oak Ridge, Los Alamos/ tárolnak radioaktív hulladékot közvetlenül a talaj felső rétegében<sup>5,6</sup>. Ezek a tárolók igen változatos geológiai és hidrogeológiai adottságu területeken létesültek. Tekintve, hogy egyes helyeken a tárolási időtartam a 20-30 évet is meghaladta, a radioaktív anyag migrációjára vonatkozó méréseik eredményei összehasonlíthatók a solymári tapasztalatokkal. Az eredmények jó egyezést mutatnak.

A Szovjetunióban érvényben lévő szabványok a radioaktív hulladéktárolók alapszintje és a talajvízszint közti távolságot minimálisan 4 m-ben állapítják meg. Tapasztalataink alapján ez a távolság elegendő.

A solymári izotóptemető üzemeltetésénél, felszámolásánál szerzett tapasztalatok egyértelműen bizonyítják számunkra, hogy a radioaktív hulladékoknak a talaj felső rétegében való elhelyezése hosszú távon is megnyugtató megoldást jelent. Ezek alapján felülvizsgálva a püspökszilágyi tárolási körülményeinket, az alábbiakat állapíthatjuk meg:

- az RHFT tárolói földbe süllyesztett vasbetonszekrények belülről három rétegű, vizszigetelést biztosító un. torkkrét vakolattal, kívülről két rétegű bitumen bevonattal;
- mind az ideiglenes, mind a végleges lezárás kizárja csapadékvíz bejutását;
- a terület talajtani és hidrogeológiai viszonyai lényegesen kedvezőbbek, mint a solymári területé, a tárolók alapszintje és a talajvízszint között 20 m vastagságu talajréteg átlagban 24% montmorillonitot tartalmaz, ennél fogva szorpciós tulajdonságai rendkívül kedvezőek, a migráció sebességének számított és mért értéke lényegesen kisebb, mint Solymáron. Az atomerőművi hulladékok elhelyezésénél a tárolók további biztonságát növeli az, hogy a hulladékgöngyölegek közti hézagterefogatot a szabvány előírása szerint betonnal kell kitölteni.

Áttekintve a radioaktív hulladékok tárolásánál szerzett tapasztalatokat, megállapítható, hogy az atomenergia biztonságos felhasználását nem gátolják hulladékelhelyezési problémák.

Ezuton szeretnénk kifejezni köszönetünket mindazoknak, akik a kitelepítésben segítettek munkánkat.

Külön megköszönjük a HM Polgári Védelem Országos Parancsnokságának azt a segítséget, amit a hulladék átszállításában nyújtott.

## IRODALOM

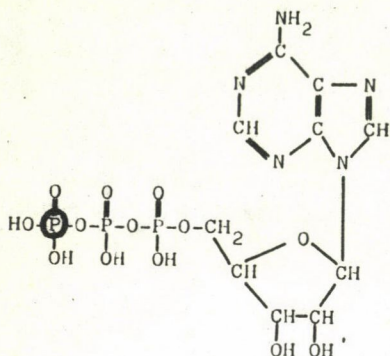
1. Fehér L., Fényes Gy., Tordai Gy., Radioaktív hulladékfeldolgozó és -tároló létesítése, *Izotóptechnika* /Budapest/ 17 /1974/ 177
2. Fehér L., Hirling J., Kasza J., Az új magyar radioaktív hulladékfeldolgozó és -tároló létesítmény technológiai berendezései, *Izotóptechnika* /Budapest/ 20 /1977/ 34
3. Fehér L., Kasza J., Török I., Radioaktív hulladékok elhelyezése talajban, *Izotóptechnika* /Budapest/ 18 /1975/ 509
4. J. Hadermann, Radionuclide Transport through Heterogeneous Media, *Nucl. Technol.* 47 /1980/ 312
5. J.M. Matuszek, F.V. Strnisa, C.F. Baxter, Radionuclide Dynamics and Health Implications for the New York Nuclear Service Center's Radioactive Waste Burial Site, IAEA-SM-207/59
6. P. Macbeth és mások, Evaluation of Alternative Methods for the Disposal of Low-Level Radioactive Wastes, NUREG/CR-0680 /1979/

## ÚJ TERMÉKEK

### ADENOZIN 5'-/γ-<sup>32</sup>P/-TRIFOSZFÁT AMMÓNIUM SÓJA

/50%-os /v/v/ alkoholban oldva/

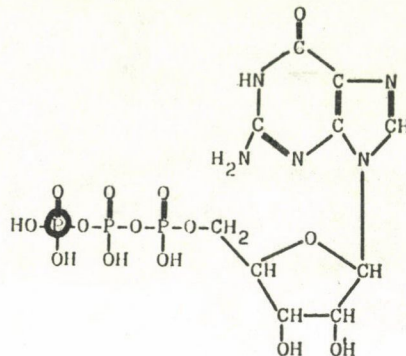
Katalógusszám: FP.101



### GUANOZIN 5'-/γ-<sup>32</sup>P/-TRIFOSZFÁT AMMÓNIUM SÓJA

/50%-os /v/v/ alkoholban oldva/

Katalógusszám: FP. 102



### JELLEMZŐIK

Előállítás: enzimatiszintézissel

Fajlagos aktivitás: 370 GBq/mmol /10 Ci/mmol/

Radioaktív koncentráció: 37 MBq/ml /1 mCi/ml/

Radionuklid-tisztaság: 95%

Radiokémiai tisztaság: 98%

Tárolási körülmények: 18°C

### MINŐSÉGI ELLENŐRZÉS

Radioaktív koncentráció: a radioaktív koncentráció mérése folyadékszintillációs spektrométerrel

Kémiai tisztaság és koncentráció mérése: UV abszorpció alapján

Radiokémiai tisztaság ellenőrzése: TLC kromatográfián

### FORGALMAZÁS

Csomagolás: az oldat gumidugóval zárt penicillines ampullában kerül forgalomba.

Szállítás: szénsavhóval hűtve, hőszigetelő dobozban

Megrendelés kielégítése: havonta, előre jelzett időpontban

Ár: 10 MBq 3300 Ft

40 MBq 5200 Ft

80 MBq 7550 Ft

200 MBq 10 560 Ft

Előállítja az MTA Izotópiintézete Szerves Kémiai Osztálya





AZ 1980. ÉVI  
ÖSSZESÍTETT TARTALOMJEGYZÉK

1. szám

A posztoperatív pulmonális tromboziskészség vizsgálata izotópos módszerrel .....	1
Le Van Dieu, Spett B., Kiss B., Kocsár L., Jakab T.	
A szabad levegő radonkoncentrációja .....	9
Busbarna L.	
A sugárdetoxifikált endotoxin pirogén hatása .....	16
Antal S., Bertók L.	
A liolumineszcencia. Egy újabb szövetekvivalens szilárdtestdózismérő rendszer. /Irodalmi összefoglaló/ .....	21
Konverziós réteg kialakulásának nyomjelzéses vizsgálata alumíniumon .....	33
Maleczki E., Drozda T.	
A MB-8100 Scinticart M .....	49
Spitkó E.	
Az MB-8200-as Scinticart K .....	53
Medgyes S.	

2. szám

Radioaktív izotópokkal jelzett polipeptidek biológiai vizsgálata ..	63
Kutas V., M.Mohari K., Hudecz F., Szekerke M., Dabasi G., Hernády T., Kocsár L.	
A <sup>137</sup> Cs és <sup>90</sup> Sr biológiai felezési idejének számítása a kálium és kalciumanyagcsere alapján .....	77
Szabó S.A.	
Emissziós szinképelemzésben használatos szénelektrodok vizsgálata izotópos nyomjelzéssel .....	84
Tóth J., Prókai L.	
A prosztaglandin bioszintézise változásának követése radio-vékony-rétegekromatográfiás módszerrel, in vivo rendszerben .....	90
Sümeghy Z., Stadler I., Kovács G., Tanács B.	
Tartózkodási idő meghatározása radioizotópos módszerrel körfolyamatos cementgyári őrlőberendezésben .....	97
rő Gallyas M., Hilger M., Juhász I.	
Mikroprocesszoros adatfeldolgozó gamma-kamerához .....	110
Billing Á.	
Az 1980. évi atomtörvény .....	113

3. szám

A tüdő ventilációs - perfúziós viszonyainak állatkísérletes vizsgálata <sup>133</sup> xenon izotóppal .....	131
Le Van Dieu, Spett B., Kiss B., Kocsár L., Jakab T.	
A biokémiai receptorkötés vizsgálatának gyógyszerkutatói alkalmazásáról .....	137
Wollemann M.	
A kereskedelmi forgalomban levő legfontosabb tiroxin RIA kitek összehasonlítása .....	142
Dévényi N.	

Liolumineszcens mérőrendszer a sugárbiológiában .....	149
Lendvay J., Sztanyik L.B.	
Radiojóddal jelzett 4-oxi-fenilpiroszölősav előállítása és adszorpció-s kromatográfiás elválasztása .....	158
Bárkai Zs.	
Radioizotópos módszerek a kardio-rehabilitációs diagnosztikában ....	165
Horváth M.	
Radioimmunológiai /RIA/ módszer tesztoszteron meghatározására emberi vérből, magzatvizzből és testszövetekből .....	173
Bodrogi L., Fehér T.	

#### 4. szám

Az ionizáló sugárhatás citogenetikai indikátora II. Dózis-hatás kapcsolat .....	183
Gundy S., Farkas I.Gy.	
Emissziós szinképelemzésben használatos szénelektrodok vizsgálata izotópos nyomjelzéssel .....	190
Tóth J., Prókai L.	
A $\gamma$ -sugárzás hatása auxin autotróf és heterotróf dohánykallusz-szövet növekedésére és auxin-anyagcseréjére .....	197
Köves E., Szabó M., Sirokmán F.	
Komplex eljárások a nukleáris kardiológiában .....	204
Horváth M.	
Az RK-12 tiroxin RIA készlet érzékenysége a készlet feldolgozási paramétereinek változására .....	214
Dévényi N.	

#### 5-6. szám

Bőrtranszport vizsgálata növényekben mikroradiográfiás módszerrel ..	229
Varró T., Somogyi Gy., Najžer, M., Mádi I.	
Stroncium kiválasztása radioaktív szennyvizzből kristályos cirkónium-foszfáton .....	243
Környei J., Szirtes L.	
Radioaktív diagnosztikumok szervdózisának számítása I.	
A Marinelli-féle számítási modell .....	247
Farkas I. Gy.	
A 15-Leu-Human gasztrin 1-17 radioimmunoassay kidolgozásával szerzett tapasztalataink .....	266
Remák G., Penke B., Németh J., Balásipiri L., Kovács L., Varga L.	
Oldatos forgó korongos módszer nyomjelzéses vizsgálata .....	274
Ujhidy A-né, Maleczki E.	
A solymári izotóptemető kitelepítése .....	287
Fehér L., Kasza J., Nemes P.	

## SZERZŐMUTATÓ

A	Antal S.	1	16	P	Penke B.	5-6	266
B	Baláspiri L.	5-6	266		Prókai L.	2	84
	Bárkai Zs.	3	158			4	190
	Bertók L.	1	16	R	Remák G.	5-6	266
	Billing Á.	2	110	S	Sirokmán F.	4	197
	Bodrogí L.	3	173		Somogyi Gy.	5-6	229
	Busbarna L.	1	9		Spett B.	1	1
D	Dabasi G.	2	63			3	131
	Dévényi N.	3	142		Spitkó E.	1	49
		4	214		Stadler I.	2	90
	Drozda T.	1	33		Sümeghy Z.	2	90
F	Farkas I.Gy.	4	183	Sz	Szabó M.	4	197
		5-6	247		Szabó S.A.	2	77
	Fehér L.	5-6	287		Szekerke M.	2	63
	Fehér T.	3	173		Szirtes L.	5-6	243
	Félszerfalvi J.	1	21		Sztanyik L.B.	3	149
G	Gallyas M.	2	97	T	Tanács B.	2	90
	Gundy S,	4	183		Tóth J.	2	84
H	Hernády T.	2	63			4	190
	Hilger M.	2	97	U	Ujhidy A-né	5-6	274
	Horváth M.	3	165	V	Varga L.	5-6	266
		4	204		Varró T.	5-6	229
	Hudecz F.	2	63	W	Wollemann M.	3	137
J	Jakab T.	1	1				
		3	131				
	Juhász I.	2	97				
K	Kasza J.	5-6	287				
	Kiss B.	1	1				
		3	131				
	Kocsár L.	1	1				
		2	63				
		3	131				
	Kovács G.	2	90				
	Kovács L.	5-6	266				
	Környei J.	5-6	243				
	Köves E.	4	197				
	Kutas V.	2	63				
L	Le Van Dieu	1	1				
		3	131				
M	Maleczki E.	1	33				
		5-6	274				
	Mádi I.	5-6	229				
	Medgyes S.	1	53				
	M.Mohari K.	2	63				
N	Najžer, M.	5-6	229				
	Nemes P.	5-6	287				
	Németh J.	5-6	266				

