309.024

22
1979

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

22. ÉVFOLYAM 1. SZÁM (1979)

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTÓPTECHNIKA

22. ÉVFOLYAM 1. SZÁM

BUDAPEST 1979. JANUÁR

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 cime: MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf, 77, 1525
Telefon: 166-547/154

Számunk irói:

Krasznai István, az orvostudományok kandidátusa
Semmelweis Orvostudományi Egyetem I. Belgyógyászati Klinikája, Budapest, Korányi S.u. 2/a, 1083

Bojadzsieva, Milka; Mann Vera,
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Péter Ferenc, az orvostudományok kandidátusa; Blatniczky László
Budai Gyermekkórház, Budapest, Pf. 14, 1277

Pucsok József
Sportkórház, Budapest, Alkotás u. 48, 1123

Bagdány Sándor; Rákóczi István; Gáti István, az orvostudományok doktora; Anda Erzsébet
Orvostovábbképző Intézet, Szülészeti és Nőgyógyászati Klinika, Budapest, Pf. 112, 1389

Végh Gerzson; Szakkay Katalin
MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Jécsay György
Chinoin Gyógyszer- és Vegyészeti Termékek Gyára RT. Nagytétényi Gyáregysége, Budapest, Pf. 49, 1780

Bódizs Dénes; Keömley Gábor
Budapesti Müszaki Egyetem Tanreaktora, Budapest, Pf. 91, 1502

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

Pázsit Ágnes
Kossuth Lajos Tudományegyetem Kisérleti Fizikai Intézete, Debrecen, Pf. 105, 4001

Nagy Pál
Agrártudományi Egyetem Matematika-Fizikai Tanszéke, Keszthely, Pf. 71, 8361

Felelős kiadó: Veres Árpád, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója
Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének házi sokszorositójában
F.v.: Nagy Károly
Engedélyszám: III/SZI/299/1976 Indexszám: 25.399

1979. 1. szám Törzsszám: KFKI-1979-449

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalban, a kézbesitőnél, a Posta hirlapüzleteiben és a Posta Központi Hirlapirodájánál /KHI, Budapest V. József nádor tér 1, távbeszélő: 180-850, postacim: A Posta Központi Hirlapirodája, Budapest, 1900/ a 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámlára

Megjelenik évente hatszor

Évi előfizetési dija: 240,-Ft Egyes szám ára: 40,-Ft
Példányszám: 300 Kettős szám ára: 80,-Ft

TARTALOM

Szcintigráfiás készülékek teljesitőképességének vizsgálata, I. 1
Krasznai I.

О способностях сцинтиграфов, I.

On the Performance of Scanners, I.

Neorobol és tesztoszteron RIA. Metodikai kérdések és gyermekgyógyászati alkalmazás 13
Bojadzsieva, M., Péter F., Mann V., Blatniczky L., Pucsok J.

Метандростенолон и тестостерон РИА. Некоторые проблемы метода радиоиммунологического анализа и его применение в педиатрии

Methandrostenolone and Testosterone RIA. Some Problems of the RIA Method and Its Application in Pediatrics

Prosztaglandin-E_2 szintetáz enzimrendszer kimutatása humán placentában 22
Bagdány S., Végh G., Rákóczi I., Jécsay Gy., Gáti I., Szakkay K., Anda E.

Обнаружение присутствии энзиматической системы синтетаза $ПГЕ_2$ в человеческой плаценте

Demonstration of Prostaglandin-E_2 Synthetase Enzym System in Human Placenta

Ólomtartalmu üveg ólomoxid-koncentrációjának meghatározása γ-sugárzás gyengülése alapján 28
Bódizs D., Végvári I., Keömley G., Gallyas M.

Простой метод измерения концентрации окиси свинца в свинцовых стеклах на основе ослабления γ-излучения

A Simple Method to Measure PbO Concentration in Lead Glass by γ-Ray Attenuation

A növény makro- és mikroelem-tartalmának meghatározása röntgenfluoreszcencia-módszerrel 41
Pázsit Á., Nagy P.

Определение концентрации макро- и микроэлементов в растении методом рентгенофлуоресцентного анализа

Determination of Macro- and Microelements in Plants by X-Ray Fluorescence

RENDEZVÉNYEK 48

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 1-12

SZCINTIGRÁFIÁS KÉSZÜLÉKEK TELJESÍTŐKÉPESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA I.

Krasznai I.
Semmelweis Orvostudományi Egyetem I. Belgyógyászati Klinikája, Budapest
/Érkezett 1978. november 17-én/

A sikérzékenység és modulációs függvény fogalma. Konkrét példák e paraméterek használhatóságára.

О способностях сцинтиграфов, I.
Краснан, И.

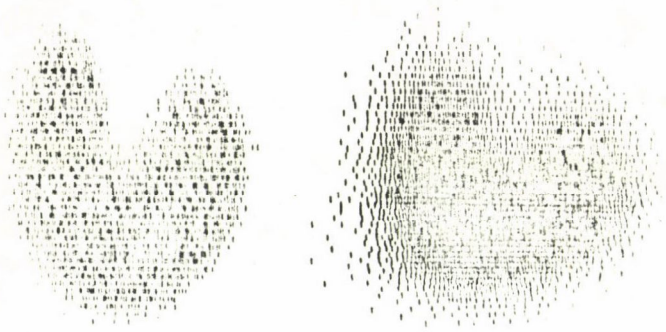
Определение параметров плоской чувствительности и функции модулярного переноса. Примеры на их удобность.

On the Performance of Scanners, I.
Krasznai, I.

The definition of plane sensitivity and modulation transfer function. Examples on the usefulness of these parameters.

A szcintigráfiás vizsgálatok értékelésekor majd minden esetben, amikor a kép nem egyértelmüen pozitiv vagy negativ, felvetődik az értékelőben, hogy megfelelően ismeri-e készüléke teljesitőképességét. A felvétel az adott biológiai kérdésnek legmegfelelőbb optimális paraméterekkel készült-e? A pontosabb információhoz milyen paraméterek változtatására lenne szükség a felvétel megismétlésekor? A teljesitőképességről kell elgondolkodnunk akkor is, amikor egy felvételről azt állapitjuk meg, hogy "kóros eltérés nincsen", "szabályos szcintigram" stb. Felötlik a kérdés, hogy milyen foku kóros eltérést tudtunk volna kimutatni. Ismeretes ugyanis a rossz felbontóképességü kollimátorok "simitó" hatása, az, hogy még lényeges elváltozásnál is normális, egyenletes izotópfelvételt mutatnak /1. ábra/.

A kérdések megválaszolásához, a leletezéshez tisztában kell lennünk készülékünk *teljesitőképességével*. A scannerek teljesitőképességét igen sokféleképpen jellemzik az irodalomban, a kisérleti - fantommal szerzett - adatoktól,



1. ábra

1 centiméter átmérőjü inaktiv területet tartalmazó, pajzsmirigyfantomról készitett szcintigrammok. Az a/ felvétel a 7. ábrán megadott karakterisztikáju A kollimátorral, mig a b/ kép a B kollimátorral készült. Ez utóbbi felvételen nyoma sincs a hideg területnek, és a körvonal is elmosódott

a különféle "jósági tényezőkön" keresztül a kérdés exakt matematikai tárgyalásáig[1-5]. Mig a fantomfelvételek csak egy-egy konkrét kérdés megválaszolására irányulnak, addig az általános jellemzést adó exakt matematikai tárgyalás eredményei, adatai rendszerint nem elég szemléletesek ahhoz, hogy a nem müszaki beállitottságu szakember fel tudja használni gyakorlati munkájában. Dolgozatunk egyik célja az, hogy a scannerek teljesitőképességének jellemzésére szolgáló modulációs átviteli függvény /MÁF/ fogalmát közelebb hozzuk a gyakorlathoz. E függvény ismeretében olyan összefüggéseket vezessünk le, amelyek szemléletesen használhatók a szcintigráfiás problémák megoldására. Ismertetjük a jelenleg hazánkban legelterjedtebben használt scanner /MB-8100, Gamma Müvek, Budapest/ kollimátorainak és detektor-kollimátor rendszerének modulációs átviteli függvényeit. Ezek ismeretében javaslatot teszünk, hogy a kollimátorokat mely vizsgálatok elvégzéséhez tartjuk alkalmasnak, valamint ismertetünk egy viszonylag rövid gépidőt igénylő, modulációs átviteli függvényt javitó számitógépes eljárást és teljesitőképességét.

A SCANNEREK TELJESÍTŐKÉPESSÉGÉNEK JELLEMZÉSE

A scannerek teljesitőképességének jellemzésére a IAEA szakértői csoport 1969-ben[6]

a sik sugárforrás esetén mért érzékenységet és
a rendszer modulációs átviteli függvényét javasolta.

E két paraméter egyértelmüen jellemzi a scanner teljesitőképességét, ha a mérés olyan pontos, hogy a statisztikus hiba elhanyagolható. E feltétel - melynek teljesülését a továbbiakban minden esetben feltételezzük - rövid felezési idejü izotópok /$^{99}Tc^{m}$, ^{113}In, stb./ alkalmazása esetén, a megfelelő fotonhozam miatt, könnyen teljesithető. Megfelelő sebesség és időállandó vá-

lasztásával kisebb fotonhozamnál is biztositható adott információsürüséget szolgáltató, táblázatokba vagy nomogrammokba foglalt gyári előirások betartásával.

Érzékenységen általában a scanner olyan jellemzőjét értjük, amely megmutatja, hogy az időegység alatt megszámolt impulzusok száma hányadrésze az ugyanezen időtartam alatt kibocsájtott fotonok számának, a forrás- és a detektor adott elhelyezkedése esetén.

A sikérzékenység /S_a/ a detektáló rendszerrel mért beütésszám aránya a felületegységről emittált fotonok számához, a detektor hossztengelyére /Z/ merőlegesen elhelyezett, "végtelen" kiterjedésü, homogén izotópeloszlásu, sik sugárforrás esetén. Az igy definiált érzékenység levegőben, elhanyagolható szóródás és fali áthatolás esetén[7], független a Z paramétertől, igy alkalmas a kollimátorok relativ érzékenységének összehasonlitására. Abszorbens jelenlétében természetesen az érzékenység a sugárnyelő képességgel csökken. További előnye a sikérzékenység fogalmának, hogy a valóságban előforduló térfogati izotópeloszlás minden esetben átszámitható ekvivalens sikeloszlásra[8], igy a valósághü helyzetek jellemzésére is alkalmas.

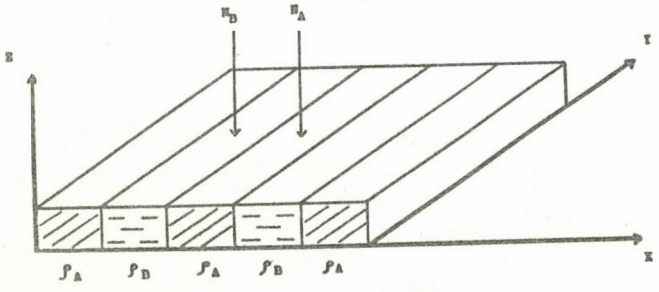
Definiáljuk ezután a rendszer modulációs átviteli függvényét.

A scanner felbontóképességét a detektorból és kollimátorból álló rendszer modulációs átviteli függvényével /MÁF/ν// jellemezhetjük:

$$MÁF/\nu/ = \frac{M_{kép}}{M_{tárgy}} , \qquad /1/$$

ahol

$M_{kép}$ a kép-, $M_{tárgy}$ a tárgymodulációt jelenti.



E modulációk szemléletes jelentését a 2. ábra alapján értelmezhetjük. Az ábrán látható sugárforrás hasáb alaku, felváltva különböző /ρ_A és ρ_B/ radioaktiv koncentrációju aktiv oldatot tartalmazó "vonalforrások" sorozatából áll.

2. ábra

Periódikusan váltakozó radioaktiv koncentrációju /ρ_A és ρ_B/, hasáb alaku vonalak sorozatából álló sugárforrás a kép és tárgymoduláció fogalmának bevezetéséhez

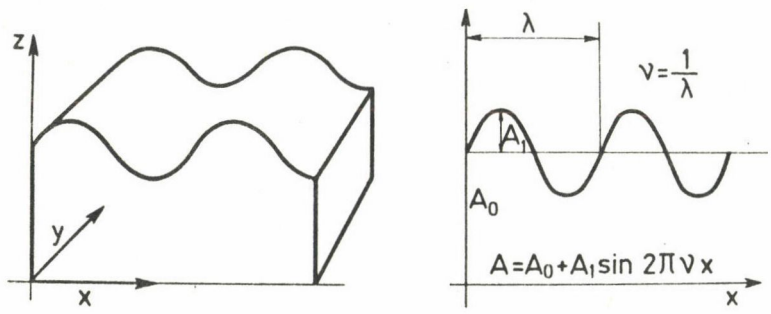
Tárgymoduláción az átlagos koncentrációváltozás $/\frac{\rho_A - \rho_B}{2}/$ arányát értjük a forrás átlagos radioaktiv koncentrációjához $/\frac{\rho_A + \rho_B}{2}/$:

$$M_{tárgy} = \frac{\rho_A - \rho_B}{\rho_A + \rho_B} \quad . \qquad /2/$$

Képmoduláció ezzel analóg mennyiség, az egyes hasábok geometriai középpontja felett mért beütésszámokra $/N_A$ és $N_B/$ vonatkoztatva:

$$M_{kép} = \frac{N_A + N_B}{N_A + N_B} \quad . \qquad /3/$$

Térfrekvencián $/\nu/$ az egységnyi távolságra eső aktiv /illetve példánkban aktivabb koncentrációju/ vonalak /hasábok/ számát értjük. Dimenziója cm^{-1}. A térfrekvencia pontosabb, szabatosabb meghatározását a 3. ábra mutatja. Bal oldalán X irányban szinuszosan modulált térfogati izotópeloszlást látunk vázlatosan ábrázolva. Az izotópeloszlás Y = konstans sikmetszetét mutatja a jobb oldali ábra. A radioaktivitás helyfüggését X irányban az $A = A_0 + A_1 \cdot \sin 2\pi\nu x$ függvény irja le. A képletben szereplő térfrekvencia $/\nu/$ és a hullámhossz $/\lambda/$ között forditott arányosság áll fenn. A szinusz függvénynek hasábokkal való közelitésében egy hasáb szélességének /L/ a félhullámhossz $/\lambda/_2$ felel meg, ezért a hasáb szélessége* és a térfrekvencia között érvényes az alábbi összefüggés:



a b

3. ábra

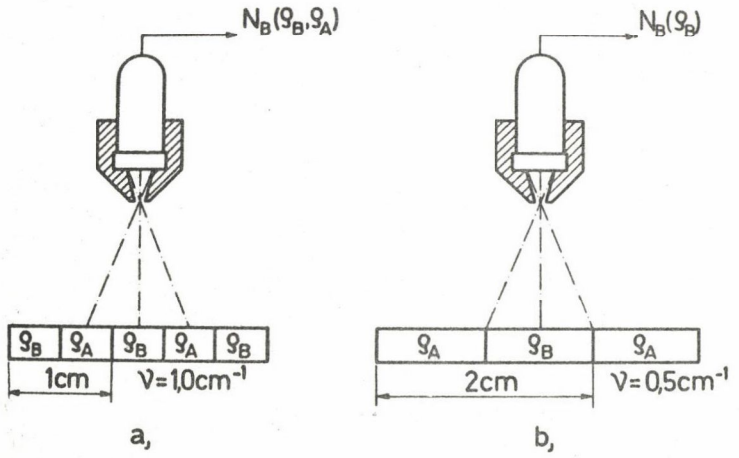
X irányban szinuszosan modulált térfogati izotópeloszlás vázlatos ábrázolása a/. A b/ ábrarész Y = áll. sikmetszeti izotópeloszlást mutatja, a térfrekvenciát / / definiáló egyenlettel.

$$L = \frac{1}{2\nu} \quad . \qquad /4/$$

Visszatérve a modulációs átviteli függvény értelmezéséhez, definiciójából /1. egyenlet/ következik, hogy ha értéke egységnyi /MÁF$(\nu) = 1/$, akkor a tárgyban lévő teljes moduláció veszteség nélkül megjelenik a képben is. Ennek

*A hasáb szélességét a gyakorlatban helyettesithetjük a megváltozott koncentrációju /hideg/ terület X irányu kiterjedésével /d/. Gömb alaku inaktiv területet feltételezve az aktiv környezetben /"hideg göb"/ d értékét jó közelitéssel a gömb átmérőjének tekinthetjük. Egységnyi térfrekvencia esetén /amikor 1 cm-re egy aktiv és egy inaktiv vonal kerül/ egy vonal szélessége 0,5 cm, és ez közelitéssel megfeleltethető ugyanilyen átmérőjü hideg göbnek.

ellentéte az, amikor a modulációs átvitel nulla /MÁF(ν) = 0/; ekkor nincs információátvitel, a tárgymodulációból semmi sem jut el a képig. A 4. ábrán megpróbáltuk szemléletesen ábrázolni a kollimátor által okozott modulációs veszteség okát: a kollimátor tökéletlen felbontását. Az ábrán a B hasáb felett elhelyezett detektor nemcsak a hasábban lévő izotóp sugárzását méri, hanem, ha csökkent érzékenységgel is, az A hasábokban lévő, nagyobb koncentrációju oldat sugárzását is. A mért beütésszám tehát a ρ_A és ρ_B koncentráció függvénye /$N_B(\rho_A, \rho_B)$/. E beütésszám csak abban az esetben származik kizárólag a B hasábban lévő radioaktiv oldattól, ha a hasáb szélessége meghaladja a kollimátor látóterét. Iyen helyzetet mutat az ábra jobb oldali része. A kétrészes szélességü hasábok feletti beütésszám már valóban csak a ρ_B koncentrációtól függ /$N_B(\rho_B)$/. Hasonló a helyzet a ρ_A koncentrációnál is. Ebben az esetben a mért beütésszámarányok megegyeznek a radioaktiv koncentrációk arányával, a modulációs átviteli függvény értéke 1.



4. ábra

Adott látószögü detektorral mért beütésszám függése a térfrekvenciától. Nagy térfrekvenciánál a mért beütésszám /N_B/ mindkét vonal izotópkoncentrációjától függ /a)/, míg a térfrekvencia csökkenésével elérhető, hogy a detektor kimeneti jele csak az alatta lévő terület izotópkoncentrációjával legyen arányos /b)/.

A teljesitőképesség jellemzésére ismertetett két fogalom /sikérzékenység és modulációs átviteli függvény/ használatának előnyét az alábbiakban foglaljuk össze:

1. mind az érzékenység, mind a felbontóképesség meghatározásához jól mérhető és bárhol reprodukálható adatra, a vonaleloszlási függvény /*l*. később/ ismeretére van szükség.
2. A sik sugárforrás érzékenysége lényegében független a geometriától.
3. A felbontóképesség jellemzésére javasolt MÁF(ν) tetszés szerinti méretü és térbeli eloszlásu forráselrendezés esetén alkalmas a scanner teljesitőképességének becsléséhez.
4. A MÁF(ν) segitségével a scanner egészének és részegységeinek /kollimátor, detektor, adatfeldolgozás, regisztrálás, stb./ teljesitőképessége különkülön és együttesen is jellemezhető.

5. A MÁF(ν) alkalmas a különféle számitógépes képjavitó eljárások teljesitőképességének a jellemzésére is.

6. A MÁF(ν) egyaránt használható scannerek és kamerák jellemzésére és teljesitőképességeik összehasonlitására.

7. A MÁF(ν) használata scannerek és kamerák esetén is lehetővé teszi a többi fénytani, elektromágneses stb. leképező rendszer tárgyalásánál használt fogalmak alkalmazását és ezzel az egységes szemléleti mód kialakitását.

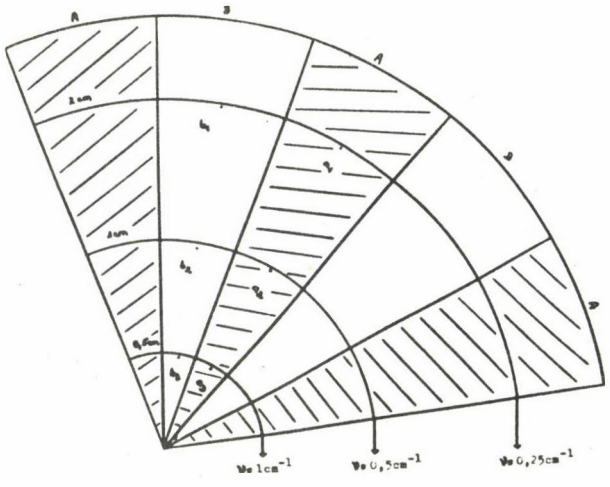
A MODULÁCIÓS ÁTVITELI FÜGGVÉNY MEGHATÁROZÁSA

A modulációs átviteli függvény értéke, mint láttuk, a térfrekvencia függvénye. E függvény elvileg igen könnyen meghatározható abban az esetben, amikor $\rho_B = 0$, azaz adott koncentrációju izotópot és inaktiv oldatot tartalmazó hasábok esetén. Ekkor a MÁF(ν) értéke mérhető mennyiségekre egyszerüsödik:

$$MÁF(\nu) = \frac{N_A - N_B}{N_A + N_B} . \qquad /5/$$

Más-más térfrekvenciánál más-más szélességü vonalforrásra van szükség, s ennek megvalósitása nehézkes, de nem is szükséges.

A modulációs átviteli függvény térfrekvenciától való függése az un. Siemens-csillagfantommal meghatározható[9] /5. ábra/. A fantom A szegmenseit radioaktiv oldattal lehet feltölteni, mig a B szegmensek tömör plexiből készültek. Ha a 4. ábra a_1,b_1; a_2,b_2; a_3,b_3 pontjaiban a megfelelő beütésszámot meghatározzuk, az 5. egyenletből a MÁF(ν) értéke kiszámitható a térfrekvencia függvényében /ν=0,25;0,5 1,0 cm^{-1} esetén/. A MÁF(ν) Siemens-csillagból történő meghatározása szemléletes eredményt ad, azonban pontos elvégzése nem könnyü, egységes fantomok nem szerezhetők be, és pl. nem alkalmas a képjavitó eljárások hatásának jellemzésére.



5. ábra

Siemens-csillagfantom szerkezete. Az A szegmensek azonos radioaktiv koncentrációju izotópoldatot tartalmaznak, mig a B területek inaktivak, izotópot nem tartalmaznak.

Ezért a fantomból történő meghatározás helyett az IAEA szakértői csoportja a MÁF(ν) vonaleloszlási függvényből matematikai uton pontosan és reprodukálhatóan elvégezhető meghatározását irja elő. Vonaleloszlási függvényen /$S_L(x,z)$/ a lineáris

sugárforrással meghatározott kollimátorérzékenység változását* értjük, amikor a vonalforrást az X tengely irányában elmozditjuk a kollimátor látóterében /Z = konstans/. A vonaleloszlási függvény mérési összeállitását vázlatosan a 6. ábrán mutatjuk be.

A vonaleloszlási függvény normált Fourier-integrálját meghatározva kaphatjuk meg a modulációs átviteli függvény értékét[6]**

$$MÁF/\nu/ = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} S_L(x,z)\cos 2\pi\nu x \, dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} S_L(x,z)\,dx} \cdot \qquad /6/$$

A vonaleloszlási függvény ismeretében a másik jellemzőt, a sikérzékenységet is meghatározhatjuk:

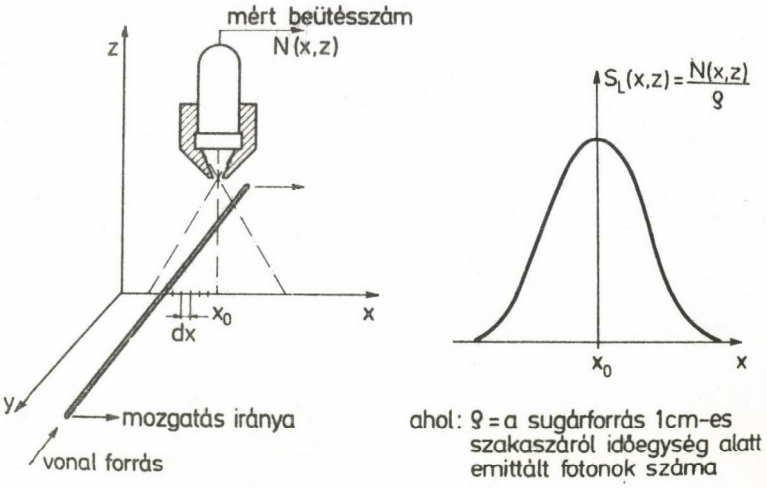
$$S_a = \int_x S_L(x,z)\, dx. \qquad /7/$$

Az integrálok kiszámitása a közhasználatban lévő programozható kalkulátorok /pl. HP-65-67-97/ segitségével egyszerüen elvégezhető[10]. Ehhez $S_L(x,z)$ értékét sem kell ismernünk, csupán a könnyen mérhető beütésszám-eloszlást $(N/x,z/)$.

6. ábra

A vonaleloszlási függvény meghatározásához használt mérési elrendezés vázlata. A mérés technikai részleteit illetően az IAEA szakértői csoport anyagára hivatkozunk[6]. A legfontosabb adatok:

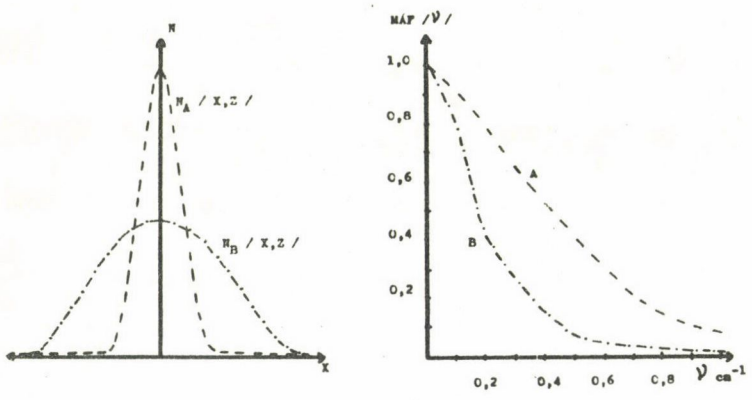
a sugárforrás hossza 30 cm, furatának /az aktiv résznek/ átmérője 1 mm, dx = 1-2 mm. A fókuszsik távolságából a tengelyben mért legnagyobb beütésszám $(N/x_0,z/)$ statisztikus hibája nem nagyobb mint 0,3%.



*Lineáris érzékenységen /S/ a kollimátor látóterét nem sokkal meghaladó lineáris sugárforrás esetén mért beütésszám és a forrás 1 cm-es szakaszáról időegység alatt emittált fotonok számának hányadosát értjük.

**A megadott egyszerüsitett képlet a Z tengelyre mindkét irányban szimmetrikus vonaleloszlási függvény esetén alkalmazható. A szcintigráfiás kollimátoroknál ez a feltétel jó közelitéssel teljesül.

A 7. ábrán két különböző felbontóképességü kollimátor beütésszám-eloszlási görbéjét, valamint a belőlük számitott modulációs átviteli függvényeket tüntettük fel.

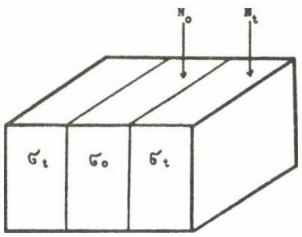


7. ábra

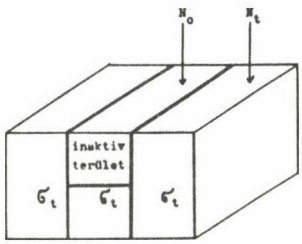
Különféle kollimátorok vonalforrással meghatározott beütésszám-eloszlási görbéje és a belőlük számitott modulációs függvények. Az A görbék jó felbontóképességü, a B függvények nagy érzékenységü kollimátort jellemeznek.

A MODULÁCIÓS ÁTVITELI FÜGGVÉNY NÉHÁNY ALKALMAZÁSA

A modulációs átviteli függvény, mint mondottuk, tartalmazza mindazon információt, amely szükséges a szcintigráfiás problémák értékelhetőségéhez. A továbbiakban ezt a kérdést vizsgáljuk kissé részletesebben, néhány példán keresztül.



a/



b/

A 8. ábra vázlatosan ábrázolja a szcintigráfiás leképezés problémáját. σ_t a környezeti átlagos radioaktiv koncentrációt jelenti.

8. ábra

A szcintigráfiás leképzés problémája egyszerüsitve. Általános esetben /a)/ a σ_t környezeti izotópkoncentrációju területen belül csökkent, σ_o koncentrációju terület található. A különböző izotópkoncentrációju területek jelenlétét az e területek felett mért beütésszámból /N_o és N_t/ kell meghatározni. Az izotópkoncentráció csökkenése sok esetben ugy áll elő /b)/, hogy a vizsgált tárgyban azonos az izotópkoncentráció, azonban valahol inaktiv /izotópot nem tartalmazó/ terület alakul ki. E terület átlagos izotópkoncentrációja /a vastagon keretezett térfogatra számitva/ már lecsökken σ_t-ről σ_o-ra.

E tartományon belül csökkent koncentrációju (σ_o) terület helyezkedik el. Ez, mint azt a b/ ábrarész is mutatja, sokszor ugy áll elő, hogy a szövet izotópkoncentrációja nem változik, de ezen belül izotópot fel nemvevő, inaktiv állomány található /üres terület/. A teljes rétegvastagságra számitott átlagos

izotópkoncentráció tehát a "0" helyen ezért csökken σ_t-ről σ_0-ra.

Relativ értékeket bevezetve, legyen $\delta = \frac{\sigma_0}{\sigma_t}$ a kimutatandó terület relativ izotópkoncentrációja a környezethez képest, $\delta' = \frac{N_0}{N_t}$ pedig a kimutatandó terület felett mért relativ beütésszám a környezetéhez képest.

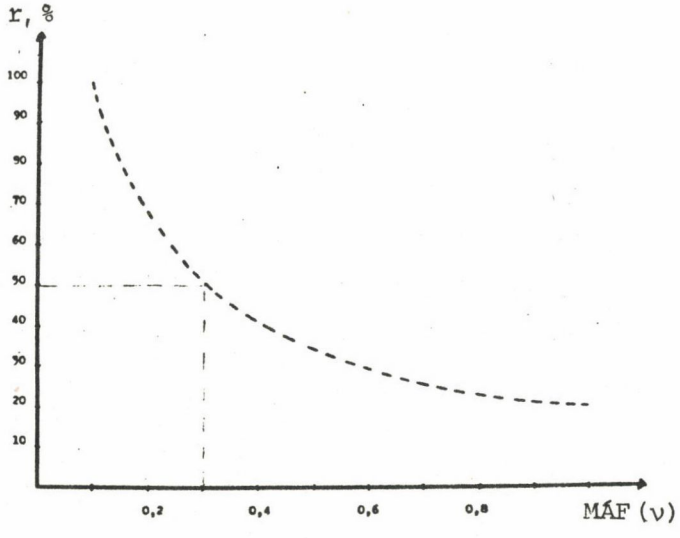
A modulációs átviteli függvény kapcsolatot létesit δ és δ' között:

$$\delta' = \frac{1 - MÁF(\nu)\cdot K}{1 + MÁF(\nu)\cdot K} \quad , \qquad /8/$$

ahol

$$K = \frac{1 - \delta}{1 + \delta} \cdot \qquad /9/$$

A képlet a MÁF/ν/ ismeretében alkalmas arra, hogy megválaszoljuk a kérdést, a kimutatandó terület relativ izotópkoncentrációja milyen relativ beütésszám-változást hoz létre. Ideális esetben, amikor MÁF/ν/ = 1, δ és δ' megegyezik egymással. A valóságos viszonyoknak megfelelő kapcsolatot számszerüen a 9. ábrán, illetve az 1. táblázatban tüntettük föl.



9. ábra

Összefüggés a kimutatandó terület relativ izotópkoncentrációja /r/ és azon MÁF/ν/ között, amely a kimutatáshoz szükséges minimális 20%-os beütésszámesést biztositja szcintigráfiás felvételnél a kimutatandó anomália felett. Az ábrán bemutatott példa értelmezése: 0,3-as MÁF/ν/ érték mellett, a relativ izotópkoncentráció változásának a kimutatandó területen legalább 50%-nak kell lennie /δ = 0,5/ a környezethez képest, hogy a mért beütésszám csökkenése a kimutatáshoz szükséges minimális 20%-os szintet elérje.

A 9. ábra azt mutatja, hogy a képi kiértékeléshez szükséges δ'= 0,8 felvétel, a kimutatandó terület adott relativ radioaktiv koncentrációváltozása /r= =100 (1-δ) esetén milyen modulációs átviteli értékkel biztositható. A δ' = 0,8 kritériumot kimutathatósági határnak tekintettük, ami más szavakkal annyit jelent, hogy kimutatható terület felett a beütésszám 20%-ot csökken a környezethez képest. Fekete-fehér jelregisztrálás esetén ennél kisebb beütésszámesés biztosan nem mutatható ki[11], és szines jel esetén is alsó határnak tekinthetjük ezt az értéket a legjobb esetben két szinváltást hoz létre.

MÁF /ν/	Relativ radioaktiv koncentrációcsökkenés /r/ százalékban									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,1	0,989	0,978	0,965	0,951	0,935	0,918	0,898	0,875	0,849	0,818
0,2	0,979	0,956	0,932	0,904	0,875	0,852	0,842	0,765	0,718	0,666
0,3	0,969	0,935	0,899	0,860	0,818	0,772	0,772	0,667	0,606	0,538
0,4	0,959	0,915	0,868	0,818	0,765	0,708	0,646	0,579	0,507	0,428
0,5	0,949	0,894	0,838	0,777	0,715	0,647	0,576	0,500	0,419	0,330
0,6	0,939	0,875	0,808	0,739	0,667	0,591	0,512	0,429	0,339	0,250
0,7	0,929	0,856	0,781	0,700	0,622	0,539	0,453	0,364	0,272	0,176
0,8	0,920	0,837	0,753	0,666	0,579	0,489	0,398	0,305	0,208	0,111
0,9	0,910	0,818	0,727	0,632	0,539	0,444	0,348	0,250	0,152	0,052
1,0	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500	0,400	0,300	0,200	0,100	0,000

Az 1. táblázatban szereplő számok azt mutatják, hogy a megváltozott radioaktiv koncentrációju terület /r/ felett milyen mértékben csökken a beütésszám a környezethez képest. A kollimátorok modulációs függvényeinek ismeretében az 1. táblázat révén megbecsülhetjük a legkülönbözőbb izotópeloszlások esetén is a beütésszám várható megváltozását. Ennek ismerete lényeges annak eldöntéséhez, vajon alkalmas-e kollimátorunk a vizsgálatra. Másrészt "normál szcintigrammok" esetén támpontot ad olyan kijelentések megtételére, hogy "x" cm átmérőnél nagyobb inaktiv terület a vizsgált objektumban nincs.

A modulációs átviteli függvény fogalmának és az 1. táblázat adatainak alkalmazására lássunk néhány számpéldát.

1. példa. Tekintsünk a környezethez képest 40%-os radioaktiv koncentrációesést a kimutatandó terület felett /r = 40%/. 0,7-es MÁF/ν/ érték mellett kimutatható-e ez az anomália /tehát δ' értéke kisebb lesz-e 0,8-nál/ ?

Az 1. táblázat szerint MÁF/ν/ = 0,7-nél a környezethez viszonyitott beütésszám 0,700-ed részére csökken, tehát a relativ beütésszám-csökkenés 30% lesz, az aktivitáscsökkenés kimutatható. Megjegyezzük, hogy teljesen "hideg" területek felett /r = 100%/ már MÁF/ν/ = 0,2 is elegendő a biztonságos kimutatáshoz /a táblázatból δ' értéke ebben az esetben = 0,666/, mert 34%-os beütésszám-csökkenést eredményez.

2. példa. A 7. ábrán megadott modulációs átviteli függvényü kollimátorok közül az A tipusu alkalmas-e 1 cm átmérőjü inaktiv területek kimutatására a pajzsmirigyben?

Az egyszerüség kedvéért a pajzsmirigy vastagságát 1 cm-nek tekintve azon térfrekvenciát, amelynél a MÁF/ν/ értékét kell keresnünk, a 4. egyenletből becsülhetjük: $\nu = \frac{1}{2 \cdot L} \sim \frac{1}{2d} \sim 0.5\ cm^{-1}$. Ehhez a térfrekvenciához az ábra alapján 0,28-as függvényérték tartozik /$MáF_A$/0,5/ = 0,28/. Inaktiv terület esetén $\sigma_0 = 0$, tehát r = 100%. Ezen adatok alapján az 1. táblázatból kikereshetjük δ' értékét: $\delta' = 0,6$. Ez 40%-os beütésszám-csökkenést jelent a hideg terület felett, és ez biztonságosan kimutatható. Abban az esetben azonban, ha csak a B tipusu kollimátor /7. ábra/ áll rendelkezésünkre, már más lesz a helyzet, hiszen $MÁF_B$/0,5/ $\sim$ 0,05, igy δ' nagyobb lesz 0,8-nál. A beütésszám-csökkenés tehát a hideg terület felett nem éri el a kimutatáshoz szükséges minimális 20%-os értéket.

3. példa. Határozzuk meg, hogy milyen nagyságu inaktiv területet tudunk a pajzsmirigyben a B kollimátorral kimutatni.

Az 1. táblázatból látható, hogy inaktiv területnél /r = 100%/ MÁF/ν/ $\geq$ 0,1 értékre van szükség a kimutatáshoz, mert ebben az esetben kapunk a hideg terület felett legalább 20%-os beütésszám-csökkenést. A B kollimátor milyen térfrekvenciánál éri el a 0,1-es értéket? A 7. ábra alapján $MÁF_B$/0,40/ = 0,12. Ennek ismeretében a kimutatható göb átmérője a 4. képlettel becsülhető:

$$d \geq \frac{1}{2 \cdot \nu} = \frac{1}{0,8} \sim 1,25 \text{ cm}.$$

Szeretnénk a számpéldákkal kapcsolatban is hangsulyozni, hogy a megfontolások csak a scanner detektor- és kollimátorrendszerének teljesitőképességét jellemzik. Az inaktiv területet csak akkor tudjuk kimutatni, ha a jelfeldolgozó és képi megjelenitő alegységnél információveszteséggel nem kell számolni, modulációs átviteli függvényük az egységgel egyenlő. A kimutatás azonban még ebben az esetben is csak akkor lehetséges, ha az értékelő annyira jártas a képi értékelésben, hogy 20%-os beütésszám-változást - a kép adott strukturáju statisztikus bizonytalansága mellett - észlelni képes. A kérdés megforditása azonban biztosan igaz: az A kollimátorral 1 cm, a B kollimátorral 1,25 cm átmérőjü inaktiv göböknél kisebbet kimutatni nem lehet.

A fogalmak definiálása után, - dolgozatunk második felében - a Szcintikart MB-8100 tipusu scanner detektor-kollimátorrendszerének modulációs átviteli függvényeit ismertetjük, valamint foglalkozunk a MÁF/ν/ számitógépes javitásának lehetőségével és teljesitőképességével.

IRODALOM

1. *I. Myhill*, Theory of Multichannel Collimated Scintillation Detectors, Int. J. Appl. Rad. Isotopes 12 /1961/ 19
2. *G.J. Hine, H. Vetter*, Evaluation of Focusing Collimator Performance, Nucl. Med. 3 /1965/ 333
3. *A.D. Rotenberg, H.E. Johns*, Collimator Efficiency and Design, Phys. Med. Biol. 10 /1965/ 51
4. *V. Husak, V. Perinova, Kleinbauer*, Design of Multichannel Focused Collimators for Scintillation, Medical Radioisotope Scintigraphy, Symp., IAEA, Vienna 1969.
5. *E.L. Keller, J.W. Coltman*, Modulation Transfer and Scintillation Limitations in Gamma Ray Imaging, J. Nucl. Med. 10 /1968/ 537
6. *W.J. MacIntyre, S.O. Federuk, C.C. Harris, D.E. Kuhl, J.P. Mallard*, Sensitivity and Resolution in Radioisotope Scanning, Nucl. Med. 2 /1969/ 99
7. *G.J. Hine*, Instrumentation in Nuclear Medicine. Vol.I. Academic Press, New York - London, 1967
8. *R.N. Beck*, A Theory of Radioisotope Scanning Systems, Medical Radioisotope Scanning, IAEA Symp., Athens, IAEA, Vienna, 1964
9. *R.N. Beck*, Collimators for Radioisotope Scanning Systems, Medical Radioisotope Scanning, IAEA Symp., Athens, IAEA, Vienna, 1964
10. *P.M. Ronai, D.L. Kirch*, Rapid, Rigorous Computation of Modulation Transfer Function on Pocket Calculator, J. Nucl. Med. 18 /1977/ 579
11. *Krasznai I.*, Kétcsatornás és kettős izotópjelzéses szcintigráfia méréstechnikai kérdései, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1973.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 13-21

NEROBOL ÉS TESZTOSZTERON RIA
METODIKAI KÉRDÉSEK ÉS GYERMEKGYÓGYÁSZATI ALKALMAZÁS

Bojadzsieva M.*, Péter F.**, Mann V.*, Blatniczky L.**, Pucsok J.***
*Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest
** Budai Gyermekkórház, Budapest
***Sportkórház, Budapest

/Érkezett 1979. február 26-án/

A metandrosztenolon felszivódása és kiválasztása gyermekekben. RIA paraméterek és minőségellenőrzés. A metandrosztenolon RIA egyszerü, érzékeny és pontos tesztje a felszivódásnak és kiválasztásnak.

Метандростенолон и тестостерон. Некоторые проблемы метода радиоиммунологического анализа и его применение в педиатрии
Бояджиева, М., Петер, Ф., Манн, В., Блатницки, Л., Пучок, Й.

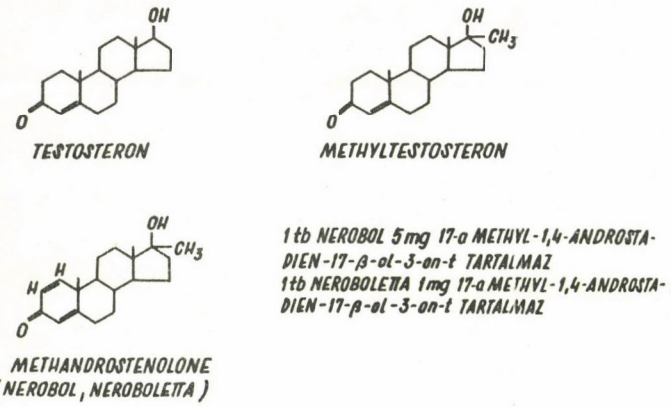
Всасывание и выделение метандростенолона у детей. Параметры радиоиммунологической пробы и контроль качества. РИА измерения дают простой, чувствительный и точный метод определения всасывания и выделения.

Methandrostenolone and Testosterone RIA. Some Problems of the RIA Method and Its Application in Pediatrics
Boyadzhieva, M., Péter, F., Mann, V., Blatniczky, L., Pucsok, J.

The absorption and excretion of methandrostenolone in children. RIA parameters and quality control. Methandrostenolone RIA measurements can provide a simple, sensitive and accurate test of methandrostenolone absorption and excretion.

A metandrosztenolon /17 -α-metil-1,4-androsztadien-17-β-Ol-3-on/ anabolikus - androgén hormon, a Kőbányai Gyógyszerárugyár készitménye. Szerkezete a metil-tesztoszteronéhoz hasonló, az első benzolgyürüben azonban egy kettős kötéssel több van. *Per os* alkalmazható, mivel a C_{17} helyzetben alkilgyököt tartalmaz. Az anabolikus gyermekterápiában 1 mg-os Neroboletta tabletta formájában alkalmazzák, mig felnőtteknél 5 mg-os Nerobol tablettaként.

Az anabolikus szteroidok szerkezeti változása relative fokozza az anabolikus hatást az androgenikus hatással szemben, bár megfigyelhető bizonyos androgénaktivitás is, ezért ezeket a hormonokat anabolikus - androgén hormonoknak helyesebb nevezni[12,5]. Az anabolizáló hatás következménye a fokozott fehérjefelépités, amely testsulygyarapodással jár /pozitiv nitrogénegyensuly jön létre[2, 12]. Emiatt a Neroboletta alkalmazását a gyermekgyógyászatban többen javasolják[21].



1. ábra

Metandrosztenolon /Nerobol, Neroboletta képlete

Gyermekeknél a Neroboletát 3 mg/kg/hó terápiás dózisban alkalmazzák, olyan nanosomiás esetekben, ahol a kis testhossz nem a növekedési hormon hiányának következménye, hanem egyéb okoké, pl. szociális vagy konstitucionális, családi ok, ha a csontkor jobban retardált, mint a hosszkor. A tapasztalatok arra utalnak, hogy az anabolikus szteroidok használhatók azoknál a betegeknél, akiknél a növekedési és fejlődési elmaradás alkati, normál növekedési hormontermelés mellett, és jelentősen elmaradt csontkorral. Az anabolikus szteroidok hatása gyermekeknél sok tekintetben különbözik a felnőttekre gyakorolt hatástól[2,5,13,16,17].

Ismert tény, hogy ezek a hormonok nagymérvü növekedést eredményeznek gyermekeknél, bizonyos esetekben azonban, mint pl. gonád disgenezisnél /Turner-syndroma/ a válaszreakció gyengébb. Attól függetlenül, hogy felgyorsul, vagy egyáltalán nem gyorsul fel a növekedés egyes gyermekeknél, mellékhatás jelentkezhet, pl. virilizmus és korai csontvázérés. Májdiszfunkció is létrejöhet[9]. Ezek a körülmények /káros mellékhatások, gyenge válaszreakciók/ tették szükségessé a Neroboletta szervezetben való felhasználódása, illetve kiürülése mértékének vizsgálatát, figyelembevéve a betegséget, kort, nemet. Közvetlen célunk a metandrosztenolon-anyagcsere ismeretében a kezelésben részesülők rendszeres ellenőrzése, a mellékhatások elkerülésére. A megoldást a metandrosztenolon vizelettel való ürítésének mérésén keresztül közelitettük meg.

MÓDSZERTANI KÉRDÉSEK

Mérési módszerünkről[14] rövid áttekintést az 1. táblázat ad.

A RIA-val kapott adatok legcélszerübb felhasználása és interpretációja ma már azt igényli, hogy a módszer pontosságát és megismételhetőségét ismerjük[4,7,8,11,18-20]. A RIA módszer szteroidok esetében olyan hatás-dózis görbét ad, amely nem egyenes, és a mérési hiba a görbe szakaszain nem egyenletesen oszlik meg[18].

A RIA-értéket

1/ az érzékenység,

2/ a specificitás vagy szelektivitás,

3/ a méréstechnikai pontosság és

4/ az anyag koncentrációmeghatározásának pontossága határozza meg.

1. táblázat

A RIA módszer áttekintése

Jelző	[1,2,4,/n/-3H] Metandrosztenolon 43 Ci/mol ($151,1.10^{10}$ Bq) Amersham 0,01 µCi/0,1 ml ($0,037.10^{7}$ Bq) foszfát pufferben
Standard	Metandrosztenolon /Kőbányai Gyógyszerárugyár/ 0,31; 0,62; 1,25; 2,5; 5; 10; 20; és 40 ng/0,1 ml standard higitás foszfát pufferben
Puffer	1/15 M foszfát puffer, pH 7,4
Inkubációs idő	2 óra 4 ^{o}C-on
Immunszérum	Metandrosztenolon - HSA konjugátum elleni antisavó
Reakciótérfogat	1,3 ml
Elválasztás	szén - dextrán
Radioaktivitás mérése	kötött frakció mérése szcintillációs folyadékban
Teljes aktivitás	3000 - 4000 cpm/minta
/B/T/$_0$	30 - 60% között
Nem specifikus kötés	< 5%
Ábrázolás	B/B$_0$ % féllogaritmikus vagy lineáris mm-papiron

A RIA *érzékenysége* az a legkisebb mérhető anyagmennyiség, amely még megkülönböztethető a "0 értéktől". Minél nagyobb a módszer pontossága, annál jobban tudunk kimutatni kis koncentrációkülönbséget. Azonkivül a legkisebb mérhető szint a "vak" értékektől függ. Ha ezek nagyok és nem állandók, a módszer érzékenysége csökken.

Specifikus, nagy affinitásu antisavók használata nagyfoku RIA-*szelektivitást* /specificitást/ ad.

A módszer méréstechnikai *pontosságát* vagy a párhuzamos meghatározásokból számitjuk ki, vagy a variációs együtthatóból, ami a standard deviáció és a középérték hányadosa. A jellegzetes RIA intraassay variációs együtthatója 5% /max. 10%/, az interassay-é 10% /max. 15%/, és laboratóriumoktól függően /laboratóriumok közötti összehasonlitásban/ 15% vagy nagyobb is lehet[20, 1]. Nagyon pontos standard higitást kis /pg, ng/ koncentrációnál igen nehéz elérni, ezért a módszer pontosságát nem könnyü becsülni. Minden RIA-méréssel párhuzamosan szükségesnek tünik egy már ismert mennyiséget /belső kontroll stan-

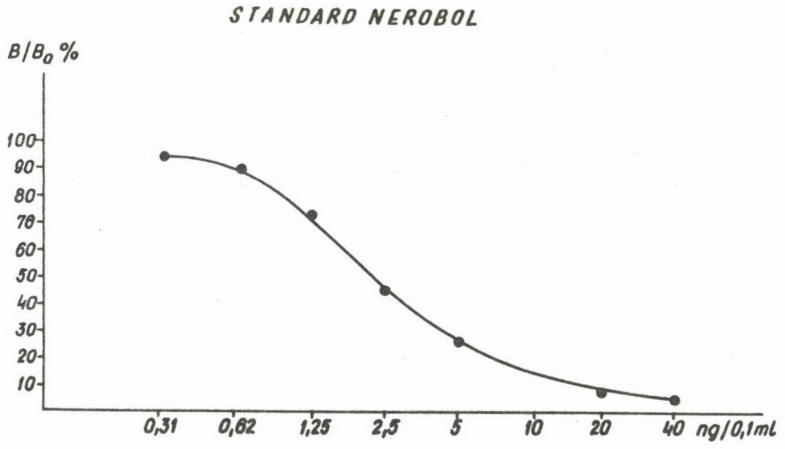
dard/ meghatározni, sőt még célszerübb három referenciamintát /kis, normális és nagy hormontartalmut/ használni[3,18,19].

Amennyiben a módszer pontos és reprodukálható, a belső kontrollra kapott érték standard deviációja és variációs együtthatója a türéshatáron belül lesz. A Byk-Mallinckrodt cég által kidolgozott minőségi ellenőrzési módszer szerint 25 kontroll minta mérése alapján számitják ki a minta átlagértékét, standard deviációját és variációs együtthatóját. A módszer türéshatárának az átlagérték ± 3 SD-t fogadják el, figyelmeztető határnak az átlagérték ± 2 SD-t[3].

A módszer pontossága a különböző tartományokban nem azonos. Nagy és kis koncentrációnál a standard deviáció nagyobb, mint annál, amely az érzékeny tartományokba esik. A RIA-val meghatározott hormonkoncentráció általában nem tükrözi pontosan az anyagban levőt, mivel a biológiailag mért aktivitás és az *in vitro* immunológiai aktivitás általában nem egészen egyezik meg egymással. A RIA módszer mellett összehasonlitó bioassay vagy kémiai analitikai teszt igazolhatja a RIA által meghatározott hormonkoncentráció valódiságát.

Figyelembe véve a RIA jellemzőit, szükségesnek tartottuk a minőségi ellenőrzés bevezetését. Ez lehetővé teszi a rendszer stabilitásának, a pontosság, a reprodukálhatóság határainak folyamatos megfigyelését[4,7,8,11,18-20].

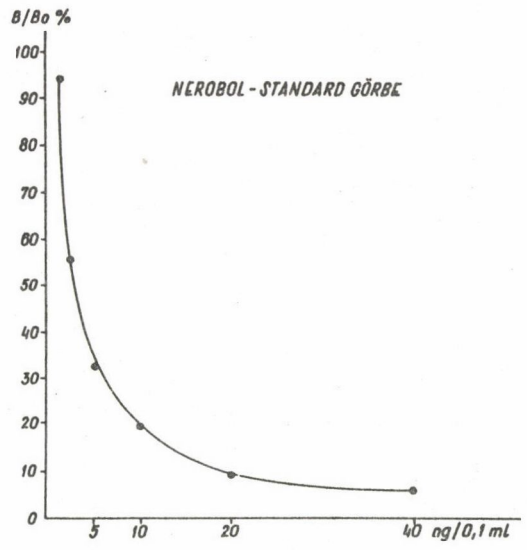
RIA módszerünk érzékenységét alsó mérési határ szabja meg /kb. 300 pg/. A standard görbe optimális tartománya a 0,62 és 20 ng közé esik.



2. ábra
Nerobol standard görbéje

A 2. és 3. ábra a Nerobol standard görbéjét ábrázolja, féllogaritmikus és lineáris léptékben.

Az általunk felhasznált minőségi ellenőrzési módszer a teljes beütésszámot, a nem specifikus kötések N számát, a B/T % - /B/T/ O %-ot, az intra- és interassay variációs együtthatóját, /C.V./, belső kontroll standardot /kontroll mintát/ és az immunszérum-specificitást méri.



3. ábra
Nerobol standard görbéje

Ezekkel állapithatjuk meg a RIA módszer türéstartományát. A pontosságot és reprodukálhatóságot az inter- és intraassay variációs együtthatójával igazoltuk. A három interassay-val kapott értékeket a 2. táblázatban foglaltuk össze. Hét mintában határoztuk meg a RIA-val a neroboltartalmat.

A variációs együttható 1,2 - 9,84% volt.

Minden RIA-meghatározással párhuzamosan ismert neroboltartalmu vizeletmintát is mértünk /belső kontroll standard/[10]. 25 meghatározás alapján határoztuk meg a kontrol minta átlag neroboltartalmát, amely 6,4 ng/0,1 ml volt. Kiszámitottuk standard deviációját /0,7 ng/0,1 ml/ és variációs együtthatóját /10,93%/. A kontroll minták átlagtól való eltérését Byk-Mallinckrodt-módszer szerint ábrázoltuk /4. ábra/

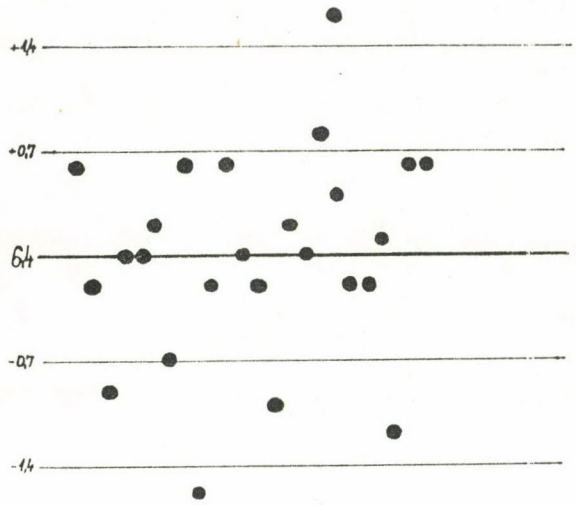
2. táblázat

Az interassay variációs együtthatói

Minták száma	Neroboltartalom ng/ml			ng/ml átlag ± SD	CV %
1	34	34	31	33,0 ± 1,73	5,25
2	39	47	41	42,3 ± 4,16	9,84
3	84	82	83	83,0 ± 1,0	1,2
4	44	38	44	42,0 ± 3,46	8,25
5	19,5	18	18	18,5 ± 0,87	4,68
6	29	29	32	30,0 ± 1,73	5,77
7	13	15	14	14,0 ± 1,0	7,14

Három laboratóriumban /OTKI, I. Belklinika és Budai Gyermekkórház/ végeztek interassay vizsgálatot. RIA-val meghatározták hét minta neroboltartalmát. A variációs együtthatókat a 3. táblázat foglalja össze.

A 4. táblázatból leolvasható az első 7 standard pont 2,47 és 7,81 közötti variációs együtthatója. Ezek az értékek a megengedett határon belül vannak.



4. ábra

A kontroll minták átlagtól való eltérése

A görbe utolsó, 8. pontjánál az együttható 18,94%-ra ugrik; ez arra mutat, hogy ezen a ponton a görbe érzékenysége a türési határ alá esik.

Az intra- és interassay-nél kapott standard deviáció és variációs együttható arra mutat, hogy az általunk használt módszer pontossága megfelelő.

A RIA *specificitással* kapcsolatban a Nerobol, valamint a tesztoszteron, dihidrotesztoszteron, androszteron, androszténdion és dihidroepiandroszteron keresztreakcióját tanulmányoztuk. Meghatároztuk minden szteroid azon mennyiségét, mely az antisavóval történő kötődés helyéről kiszoritja a jelzett antigén 50%-át $/\frac{B}{B_o} = 0,5/$.

3. táblázat

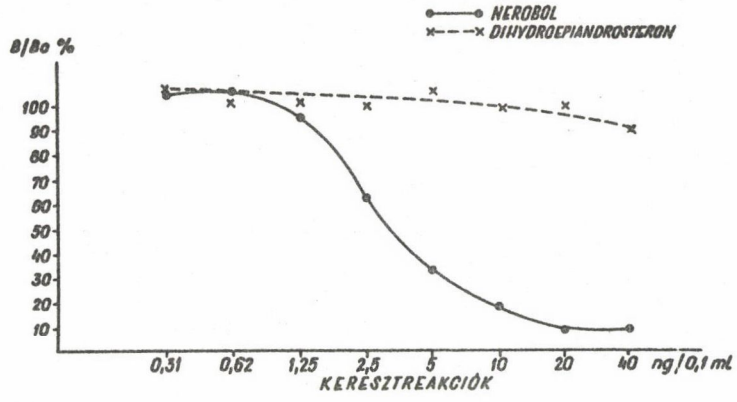
A variációs együttható laboratóriumok közötti értékei

Minták száma	Neroboltartalom ng/ml			ng/ml átlag ± SD	CV %
1	33	35	27	31,67 ± 4,16	13,15
2	42,3	40	34	38,76 ± 4,29	11,05
3	83	70	74	75,67 ± 6,66	8,8
4	42	39	30	37,0 ± 6,24	16,9
5	18,5	19	16,5	18,0 ± 1,32	7,35
6	30	37	30	30,67 ± 1,15	3,77
7	14	11,5	16,5	14,0 ± 2,5	17,9

4. táblázat

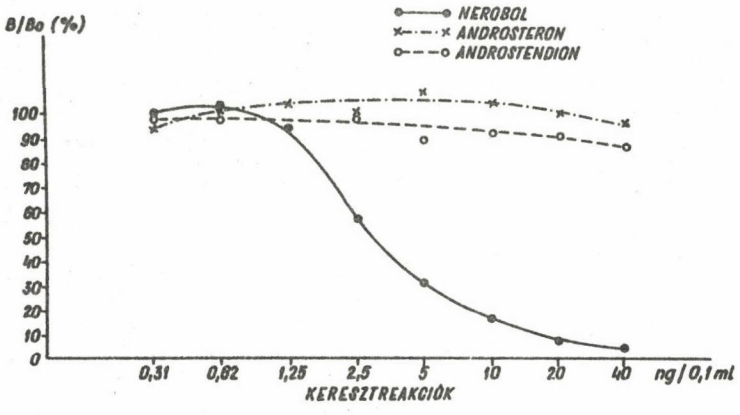
Nerobol standard görbe pontjainak variációs együtthatója

St.mennyisége ng/0,1 ml	$\frac{B - N}{Bo - N}$ %						$\frac{B - N}{B_o - N}$ átlag ± SD %	CV %
0,31	102,2	95,1	100,3	96,2	101,1	101,1	99,33 ± 2,94	2,96
0,62	91,0	93,6	93,6	92,5	100,2	90,5	95,56 ± 3,5	3,73
1,25	80,4	76,2	89,1	73,7	85,5	77,3	80,36 ± 5,9	7,34
2,5	52,8	50,8	56,1	50,6	46,8	46,8	50,65 ± 3,6	7,06
5	26,9	27,3	29,5	25,0	24,1	24,6	26,23 ± 2,05	7,81
10	14,2	13,9	15,5	14,7	14,1	14,0	14,4 ± 0,37	2,55
20	7,7	7,5	7,3	7,6	7,8	7,4	7,55 ± 0,19	2,47
40	5,7	4,3	3,6	4,3	5,8	4,3	4,66 ± 0,88	18,94



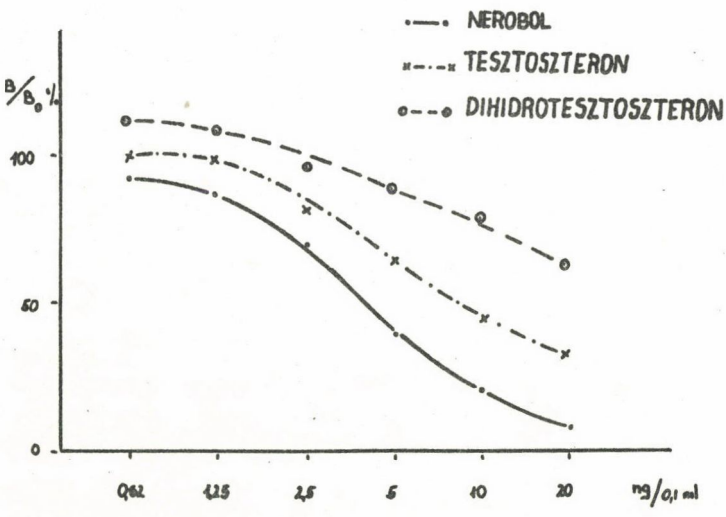
5. ábra

Keresztreakciók



6. ábra

Keresztreakciók



A 7. ábrán látható a Nerobol, a tesztoszteron és a dihidrotesztoszteron keresztreakciója. A tesztoszteron és a Nerobol között a keresztreakció 46,6%-os, a nerobol és a dihidrotesztoszteron között nem olvasható le. Hasonló eredményeket kaptak a Prágai Dopping-ellenőrző Laboratóriumban[6]. Az 5. és 6. ábra pedig azt mutatja, hogy a Nerobol lép keresztreakcióba a dihidroepiandroszteronnal, az androszteronnal és az androszténdionnal. Mivel a Nerobol és tesztoszteron között a keresztreakció jelentős, szükségesnek tartottunk párhuzamos tesztoszteronvizsgálatot vizeletben és szérumban. Több száz tesztoszteron-vizsgálatot CIS kittel végeztünk el. Ellenőriztük ennek a RIA módszernek a pontosságát is.

A 4. táblázat azt mutatja, hogy a tesztoszteron standard pontok standard deviációja és variációs együtthatója a megengedett türési határon belül van.

A 7. ábra a tesztoszteron standard görbéjét ábrázolja. Eredményeink alapján a CIS tesztoszteron kitet megbizhatónak és jónak tartjuk.

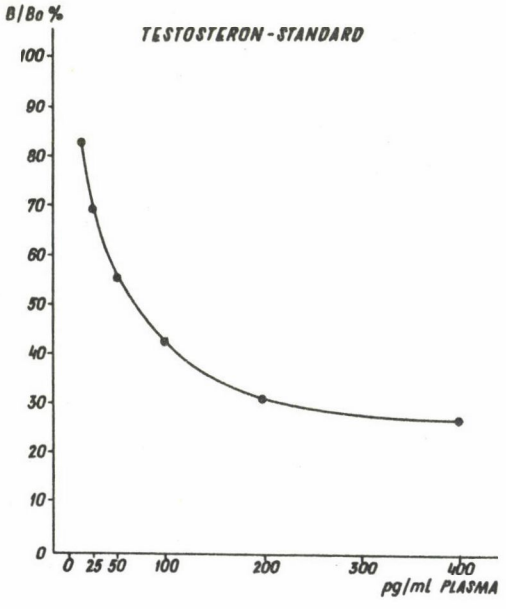
7. ábra

Keresztreakciók

5. táblázat

Tesztoszteron RIA interassay variációs együtthatói

St. mennyisége ng/ml	Tesztoszteron B/B_o %			B/B_o átlag ± SD %	CV %
0,125	83,5	81,8	82,4	82,56 ± 0,86	1,04
0,25	86,6	74,4	69,2	70,73 ± 3,19	4,5
0,5	52,9	57,6	55,0	55,17 ± 2,35	4,27
1,0	37,8	40,9	42,4	40,37 ± 2,34	5,8
2,0	28,8	29,7	30,7	29,73 ± 0,9	3,04
4,0	21,0	23,7	25,9	23,53 ± 2,45	10,43



8. ábra

Tesztoszteron standard görbéje

GYERMEKGYÓGYÁSZATI ALKALMAZÁS

Meghatároztuk a vizelettel 24 óra alatt kiüritett anabolikus szteroid mennyiségét.

A gyógyszerszedés abbahagyása után a kiürités még 2-3 napig tart, és a kiüritett mennyiség fokozatosan a mérhető szint alá esik. Nanosomiás gyermekeknél a tartós nerobolettaszedés abbahagyása után a kiürülés hasonló tendenciát mutat, mint az egészségeseknél. Mivel a kiskoru /9 év alatti/ gyermekeknél a tesztoszteron mennyisége igen kicsi, nem kell számolnunk a mérést zavaró hatásával, viszont a prepubertásos és pubertásos gyermekeknél figyelembe vettük a tesztoszteron kereszt-reakcióját, és ezért párhuzamos tesztoszteron-vizsgálatokat végeztünk.

Vizsgálataink arra utalnak, hogy a Nerobol és a tesztoszteron RIA terápiás ellenőrzésre és diagnosztikai célra egyaránt eredményesen használható.

IRODALOM

1. Beckman Catalogue /*W.W. Miller, J. Quint*/ TR-597, 1974, USA Competitive Binding Assays
2. *R.D. Brooks*, személyes közlés /1975/

3. *L. Raith*, Byk-Mallinckrodt Radiopharmazeutika Diagnostika; Introduction in RIA Methods /1975/ Ed. Kern & Birner, West-Germany, Frankfurt am Main
4. *M.A. Cresswell, P.E. Hall, B.A.L. Hurn*, Quality control in RIA, International Symposium on RIA /1977/, Berlin /West/, IAEA-SM 220/115
5. *W.A. Daniel, D.L. Bennett*, The Use of Anabolic Androgenic Steroids in Childhood and Adolescence, Anabolic-Androgenic Steroids, Ed. C.D. *Kochakian*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1976
6. *R. Hampl*, J. Clin. Chem. Clin. Biochem. 16 /1978/ 79
7. *J. Ingrand*, Étude critique des équipements lourds destinés à l'analyse radioimmunologique, Intern. Symp. RIA, /1977/ Berlin /West/, IAEA-SM 220/203
8. *S.L. Jefferate*, Recent Advances in Steroid RIA, Inter. Symp. RIA, /1977/ Berlin /West/, IAEA-SM 220/205
9. *L.F. Johnson, J.P. O'Shea*, Science 164 /1969/ 957
10. *K.W. Kemp, A.B.J. Nix, D.W. Wilson, K. Griffiths*, Internal Quality Control of Radioimmunassays, J. Endocr. 76 /1978/ 203
11. *Kocsár L., Mann V.*, Izotóptechnika /Budapest/ 20 /1977/ 215
12. *C.D. Kochakian*, Anabolic Androgenic Steroids, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1976
13. *Z. Laron*, J. Clin. Endocr. 22 /1962/ 450
14. *Mann V., Kocsár L., Bojadzsieva M., Árky N.*, Izotóptechnika /Budapest/ 20 /1977/ 12
15. *D.C. Moore* és mások, Studies of Anabolic Steroids, Pediatrics 58 /1976/ 412
16. *A. Prader*, Acta Endocr. 39, Suppl. 63, /1961/ 78-88
17. *A. Prader, R. Illig*, Use of Anabolic Agents in Disorders of Growth, CIBA Foundation, Intern. Symp. /1962/ Leyden 25-29, June, 1962 383-397
18. *D. Rodbard, P.L. Ryaford, J.A. Cooper, G.T. Ross*, Statistical Quality Control of Radioimmunoassays, J. Clin. Endocrinol. 28 /1968/ 1412
19. *D. Rodbard, G.R. Frazier*, Statistical Analysis of Radioligand Assay Data, Methods in Enzymology XXXVII. Hormone Action, Part B/1975/, 3.o.
20. *D. Rodbard, P.J. Munson*, An Elementary Components of Variance Analysis for Multi-center Quality Control, Int. Symp. RIA /1977/, Berlin /West/, IAEA, paper 59
21. *Ujszághy P.*, Durabolin hatása sorvadt csecsemők sulygyarapodására, Gyermekgyógyászat 13 /1962/ 210

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 22-27

PROSZTAGLANDIN-E_2 SZINTETÁZ ENZIMRENDSZER KIMUTATÁSA HUMÁN PLACENTÁBAN

Bagdány S.*, Végh G.**, Rákóczi I.*, Jécsay Gy.***, Gáti I.*, Szakkay K.**, Anda E.**

*Orvostovábbképző Intézet, Szülészeti és Nőgyógyászati Klinika, Budapest

**MTA Izotóp Intézet, Budapest

***Chinoin Gyógyszer- és Vegyészeti Termékek Gyára RT. Nagytétényi Gyáregysége

/Érkezett 1979. márc. 5-én/

A placenta, megfelelő kofaktorok és arachidonsav jelenlétében, képes PGE_2-t szintetizálni. A PG szintetáz enzimrendszer a mitochondriumban dus frakcióban található.

Обнаружение присутствии энзиматической системы синтетаза $ПГЕ_2$ в человеческой плаценте
Багдань, Ш., Вег, Г., Ракоци, И., Йечаи, Дь., Гати, И., Саккаи, К., Анда, Э.

В присутствии подходящих со-факторов и арахидоновой кислоты плацента способна синтетизировать $ПГЕ_2$. Энзиматическая система ПГ синтетаза находится в фракции богатой митохондрией.

Demonstration of Prostaglandin-E_2 Synthetase Enzym System in Human Placenta
Bagdány, S., Végh, G., Rákóczi, I., Jécsay, Gy., Gáti, I., Szakkay, K., Anda, E

In the presence of appropriate cofactors and arachidonic acid the placenta is capable of synthetizing PGE_2. The PG synthetase enzym system is found in the fraction reach in mitochondrium.

Csapó és munkatársai[1] "hintaelmélete" szerint a szervezetben a prosztaglandin és a progeszteron mennyisége egyensulyban van. Amennyiben az egyik anyag szintézise növekszik, az együtt jár a másik mennyiségének növekedésével. Mivel ismeretes, hogy a placenta progeszterontartalma viszonylag nagy, ennek megfelelően tartalmaznia kell jelentős mennyiségü prosztaglandint is, mely esetleg a lepény szöveteiben képződik. Az irodalomban erre vonatkozó adat kevés, és ellentmondásos: Kinoshita és munkatársai[2], valamint Russel[3] a placenta PG-szintetizáló képességét bizonyitják, mig mások[4] humán placentában nem tudnak PG-szintézist kimutatni.

Korábbi vizsgálataink alapján[5] mi is a placenta PG-szintetizáló képessége ellen foglaltunk állást, mivel inaktiv, illetve kis moláris aktivitásu triciummal jelzett arachidonsavval végeztük kisérleteinket, és igy módszerünk ér-

zékenysége a keletkezett PG kimutatását nem tette lehetővé. Ezért nagy moláris aktivitásu triciummal jelzett arachidonsavval olyan kisérletsorozatot terveztünk, amelyben esetleg kis biokonverzió kiértékelése is egyértelmüen lehetséges. Közleményünkben ilyen irányu kisérleteinkről számolunk be.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A következő triciummal jelzett vegyületeket használtuk /MTA Izotóp Intézete termékei/: arachidonsav-5,6,8,9,11,12,14,15-^{3}H/n/ /1,369 TBq/mmól/ 37,01 Ci/mmól/, PGE_2-5,6,8,11,12,14,15-^{3}H/n/ /kb. 7,4 TBq/mmól/, 200 Ci/mmól/, $PGF_{2\alpha}$-5,6,8,11,12,14,15-^{3}H/n/ /kb. 7,4 TBq/mmól/, 200 Ci/mmól/, és 13,14-dihidro-15-keto-PGE_2-5,6,8,11,12,14-^{3}H/n/ /1,117 TBq/mmól/, 30,2 Ci/mmól/.

A kisérletek során használt oldószerek alt. tisztaságuak voltak.

A vékonyréteg/Merck DC-Alufolien Kieselgel 60/ Kieselgur F_{254} volt.

A radiokromatogramokat Berthold LB 2710 tipusu készüléken vettük fel, az aktivitást pedig Packard Tri-Carb 3375 tipusu folyadékszcintillációs spektrométeren mértük.

A PLACENTA ELŐKÉSZÍTÉSE

A vizsgálatainkhoz 60 percnél nem régebbi, normális terhesség utáni zavarmentes szülésből származó placentát használtunk.

A placentát a köldökvénán keresztül 4-5 liter +4°C-os fiziológiás konyhasóoldattal perfundáltuk, majd a burok eltávolitása után centrális és perifériás részéből vett szövetmintákat a fenti fiziológiás konyhasóoldattal öblitettük.

Az igy előkészitett, randomizált szövetdarabokat szürőpapir között kinyomkodva száritottuk, és sulyának megfelelő, előre hütött, 3 rész 0,1 mólos TRIS puffer oldattal /pH 7,5/, hideg szobában, MSE gyártmányu késes homogenizátorral, maximális fordulatszám mellett 5 percig homogenizáltuk.

A szövethomogenizátumot a szövetmaradék eltávolitása céljából +5°C-on 15 percig 2000 g-vel centrifugáltuk. A felüluszót müanyag szürővásznon átszürtük, és a szüredéket /szervhomogenizátumot/ +5°C-on 18 000 g-vel centrifugáltuk. Az igy kapott felüluszót félretettük, a csapadékot pedig 50 ml 0,1 mólos TRIS pufferben /pH 7,5/ a késes homogenizátorral 1 percig homogenizáltuk, majd szürővásznon átszürve, +5°C-on 18 000-g-vel 20 percig ismét centrifugáltuk. Az igy kapott és átmosott sejtfrakciót tekintettük "mitochondriumban dus frakciónak".

A félretett felüluszót +5°C-on 1 órán át 100 000 g-vel centrifugáltuk, és az igy kiülepitett részecskéket "mikroszómában dus frakciónak" neveztük.

A PROSZTAGLANDIN BIOSZINTÉZISE

A PGE_2 bioszintézisét a kosondóhólyagból izolált enzimrendszerre korábban kidolgozott eljárás módositásával végeztük[6].

3,0 mg redukált glutation, 3,7 mg etiléndiamin-tetraecetsav-Na-só /EDTA-Na/ és 1,8 mg adrenalin vizes oldatában a 70 g placentából készitett megfelelő frakciót Potter-féle teflonüveg homogenizátorral homogenizáltuk, desztillált vizzel 10 ml-re feltöltöttük, és 0,5 mólos NaOH-oldattal pH 8-ra állitottuk be.

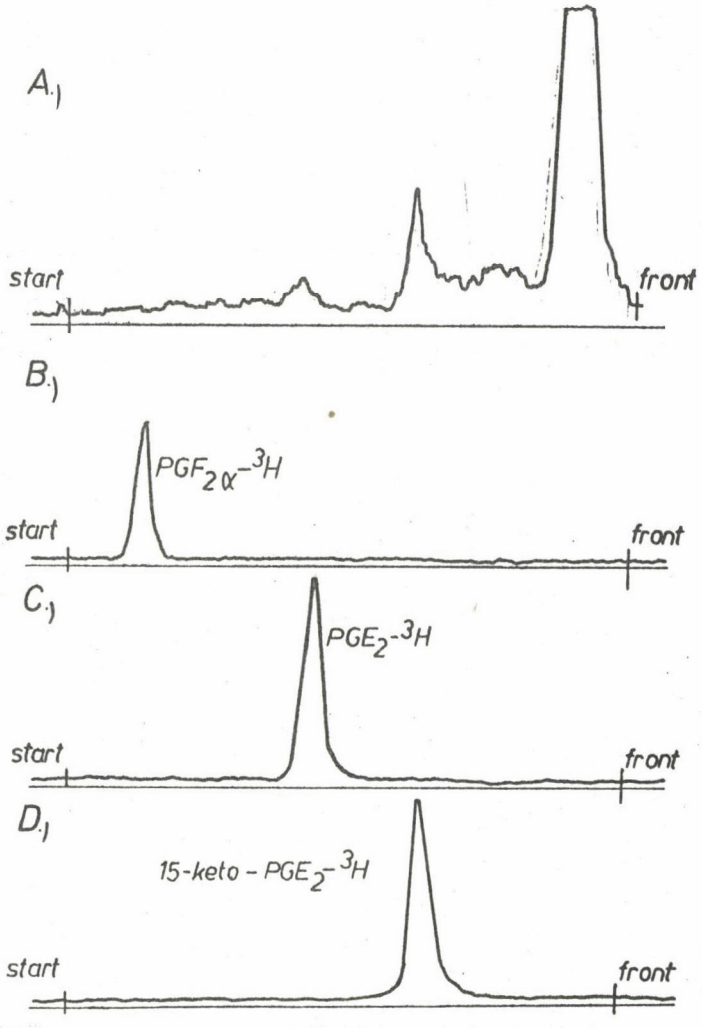
A szintézishez igy előkészitett rendszerünkhöz 7,5 µg /1,0 mCi/ arachidonsav-5,6,8,9,11,12,14,15-^{3}H-t adtunk, és ultratermosztátban 37°C-on, levegő állandó átbuborékoltatása mellett, 1 órán át inkubáltuk.

Az enzimreakciót 2,0 mólos citromsav vizes oldatával /pH 3,0/ állitottuk le. Ez után az elegyet jeges fürdőben 0°C-ra hütöttük, majd a savas karakterü lipoidokat 50 ml peroxidmentes éterbe ráztuk át. Az étert vákuumban ledesztilláltuk, a maradékról száritás céljából 2 x 1 ml abszolut etilalkoholt desztilláltunk le, majd 2 ml spektráltiszta 95%-os etilalkoholban feloldottuk. Az igy előállitott oldatból 10 µl-t szilikagélrétegre cseppentettünk, és kloroform, metanol, jégecet és viz 90:6:1,0:0,75 arányu elegyében triciummal jelzett PGE_2, $PGF_{2\alpha}$ és 13,14-dihidro-15-keto-PGE_2, mint standard mellett kromatografáltuk. Száritás után az egyes sávok radiokromatogramját felvettük, amiből kvalitativ képet kaptunk arról, hogy a placenta szintetizál-e PG-t, és ha igen, akkor E vagy F tipusut. Kvantitativ kiértékelés céljából a vékonyréteget 1 cm-es darabokra vágtuk, és minden darab aktivitását folyadékszcintillációs módszerrel mértük. A sávok összaktivitását 100%-nak vettük, és ebből, valamint az egyes foltoknak megfelelő aktivitásértékből számoltuk a keletkezett termékek százalékos megoszlását. Vizsgálati módszerünkkel az izolálás és az elválasztás során anyagveszteségből adódó hibákat igy kiküszöböltük.

EREDMÉNY

70 g placentából előállitott, mitochondriumban dus frakcióval triciummal jelzett arachidonsav jelenlétében végzett bioszintézis utáni termék radiokromatogramja /1. ábra/ egyértelmüen mutatja, hogy a reakció során PGE_2 képződik. Ezen kivül a kromatogramból kitünik, hogy a 13,14-dihidro-15-keto-PGE_2 is megjelenik, ami azzal magyarázható, hogy a reakció során keletkezett PGE_2-t a placentában jelenlevő 15-hidroxi-dehidrogenáz enzim alakitja át. Az adott kisérleti körülmények között PGF_2 nem képződik.

A folyadékszcintillációs mérés alapján a radioaktiv csucsoknak megfelelően 5,6% PGE_2 és 7,3% 13,14-dehidro-15-keto-PGE_2 keletkezett. Mivel a 13,14-dihidro-15-keto-PGE_2 csak a reakcióelegyben képződött PGE_2-ből származhat, igy megállapitható, hogy az enzimrendszer az arachidonsav 12-19%-át alakitja át PGE_2-vé.



1. ábra

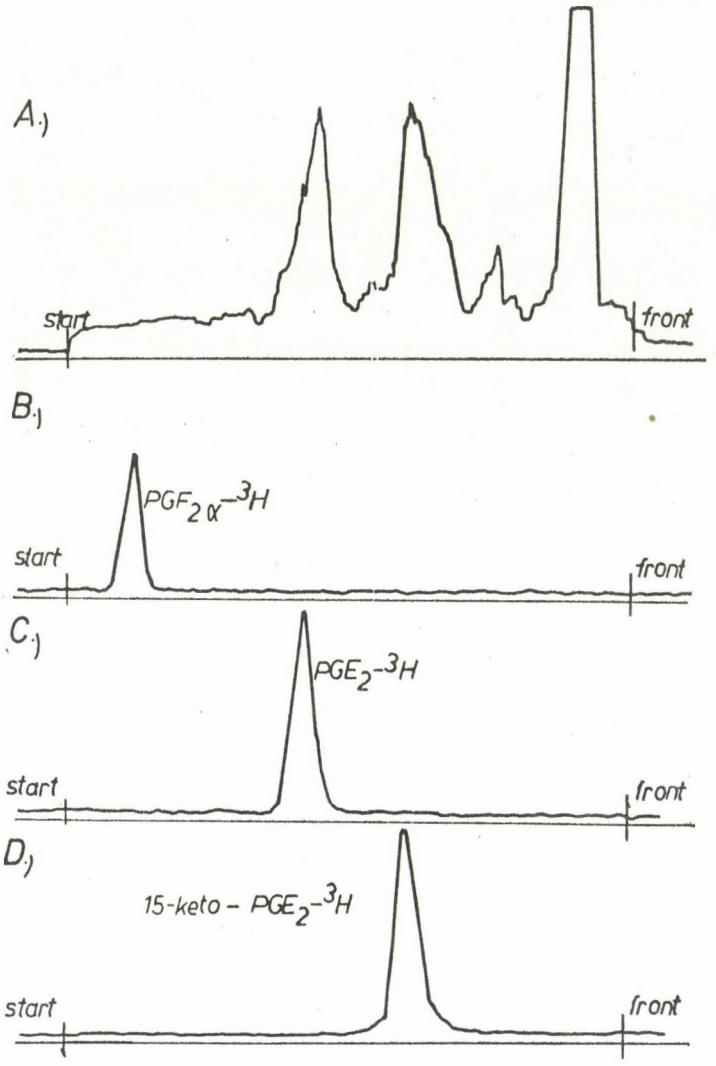
Mitochondriumban dus frakcióval végzett PG-bioszintézis radiokromatogramja

A. reakcióelegy
B. $PGF_{2\alpha}$-^3H
C. PGE_2 -^3H
D. 13,14-dihidro-15--keto-PGE_2-^3H

Hasonló módon elvégeztük a szintézist mikroszomában dus frakcióval is. A radiokromatogram képe /2. ábra/ az előzőhöz hasonló, de a folyadékszcintillációs analizis szerint az összes radioaktivitás 0,3%-a jelentkezik, mint PGE_2, és 1,1%-a, mint 13,14-dihidro-15-keto-PGE_2.

MEGBESZÉLÉS

Karim és munkatársai[7] vizsgálatai óta egyértelmünek látszott, hogy a terhesség alatt a prosztaglandin-szintézis helye a decidua. Kinoshita és munkatársai[8] az elmult években bizonyitották, hogy az amnion membrán is jelentős



2. ábra

Mikroszomában dus frakcióval végzett PG-bioszintézis

A. reakcióelegy
B. $PGF_{2\alpha}$-^3H
C. PGE_2 -^3H
D. 13,14-dihidro-15-keto-PGE_2-^3H

mennyiségü PG szintézisére képes. Feltételezték, hogy a szülés alatti prosztaglandin-szintézisért ezek a szövetek felelősek. A szülés alatt az amnion folyadékban a $PGF_{2\alpha}$ és metabolitjainak mennyiségi növekedése ezeket a feltevéseket támasztotta alá[9-10].

A placenta PG-bioszintézisére vonatkozó irodalmi adat viszonylag kevés és ellentmondó. 1975-ben közölt munkánkban megállapitottuk, hogy a placentában szülés után viszonylag nagy PG-tartalom mérhető[5]. Ennek alapján mertük feltételezni, hogy a placenta tartalmazza a PG-szintézishez szükséges enzimrendszert, tehát lehetséges, hogy a PG a placentában lokálisan képződik, és nem transzport utján kerül oda.

Jelen kisérleti adataink szerint a placenta tekintélyes mennyiségü PG-szintézisre képes, tehát tartalmazza a PG-szintetáz enzimrendszert.

A placenta PG-bioszintézisének irodalmában található ellentmondás is magyarázható eredményeinkkel. A hagyományosnak mondható spektrofotometriás PG-meghatározás, lényegesen kisebb érzékenységénél fogva, nem volt alkalmas a szintézis kimutatására. Innen eredhet a negativ vélemények egy része. A másik jelentős tény, hogy a placentában jelen lévő PG-15-hidroxi-dehidrogenáz enzim, amely a PG-elimináció első lépését katalizálja, a szintézis során keletkező PGE_2-t azonnal oxidálja, és igy a bioszintézis termékeinek analizisekor nagyobb mennyiségü 13,14-dihidro-15-keto-PGE_2-t mérünk, mint PGE_2-t.

Kisérletsorozatunk elsődleges célja a placentában folyó PG-bioszintézis igazolása volt. A munkánk során kapott mennyiségi adatok figyelembe vételével az egész placentára vonatkozó prosztaglandin-szintézist igen jelentősnek kell tartanunk. Véleményünk szerint - a megközelitő mennyiségi meghatározás alapján - a placenta PG-szintézise elegendőnek látszik a prosztaglandin és a progeszteron egyensulyának fenntartásához a terhesség alatt, illetve a szülés megindításához - egyéb tényezőkkel együtt - a terhesség végén.

IRODALOM

1. *Csapo, A.I.*, "Uterine Contraction-Side Effects of Steroidal Contraceptives" Ed. J.B. Josinovich, Wiley-Interscience, New York, 1973, 223
2. *K. Kinoshita, K. Satoh, S. Sakamoto,* Endocrinol. Jap. 24 /1977/ 343
3. *P.T. Russel,* J. Amer. Oil Chem. Soc. 48 /1971/ 94 A
4. *G. Falkay, Gas M.*, M. Anyagcsere és Endocrin. Társ. Kong. Előad. Kivonatok, Budapest, 1977.
5. *Bagdány, S., Tandcs, B., Jécsai, Gy., Végh, G.* Prosztaglandin Szimp. Balatonfüred, 1975.
6. *Jécsai Gy., Koppány Zs., Mucha I.*, Izotóptechnika /Budapest/ 18 /1975/ 14
7. *S.M.M., Karim, M.Sandler, E.D. Williams,* Brit. J. Pharmacol. Chemother. 31 /1967/ 340
8. *K. Kinoshita, K. Satoh, S. Sakamoto,* Endocrinol. Jap. 24 /1977/ 155
9. *J.A. Salmon, J.J. Amy,* Prostaglandins 4 /1973/ 523
10. *K. Green, M. Bygdeman, M. Toppozada, N. Wigvist,* Amer. J. Obst. Gynec. 120 /1974/ 25

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 28-40

ÓLOMTARTALMÚ ÜVEG ÓLOMOXID-KONCENTRÁCIÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSA γ-SUGÁRZÁS GYENGÜLÉSE ALAPJÁN

Bódizs D.*, Végvári I.**, Keömley G.*, Gallyas M.**
*Budapesti Müszaki Egyetem Tanreaktora
**Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest
/Érkezett 1979. március 19-én/

A γ-abszorpciós módszer pontossága ±0,3-0,4% a 20-30%-os PbO-koncentrációtartományban. A müszer egycsatornás analizátor szcintillációs detektorral.

Простой метод измерения концентрации окиси свинца в свинцовых стеклах
Бодиж, Д., Вегвари, И., Кэмлеи, Г., Гайяш, М.

Метод на поглошении γ-излучения имеет точность ±0,3-0,4% в диапазоне концентрации окиси свинца 20-30%.Измерительным прибором служит одноканальный анализатор с сцинтилляционным детектором.

A Simple Method to Measure PbO Concentration in Lead Glass
Bódizs, D., Végvári, I., Keömley, G., Gallyas, M.

The method based upon γ-absorption has the accuracy of ±0.3-0.4% in the range of 20-30% of PbO concentration. The instrument is a single channel analyzer with scintillation detector.

BEVEZETÉS

Ólomtartalmu üveg gyártásánál a nyerskeverék, az olvadék és a végtermék ólomoxid-koncentrációja eltér egymástól. Ennek következtében a minőséget megszabó koncentráció csak közelitőleg állitható be a kivánt értékre. Gyári laboratóriumban az ólomkoncentráció meghatározására alkalmazott hagyományos analitikai módszerek idő- és munkaigényesek. A keverék ólomoxid-tartalma csak hosszabb idő után korrigálható, igy az adott időszak alatt gyártott üveg minősége esetleg nem éri el a kivánt szintet. 24 % PbO koncentrációérték alatt az üveget ólomüvegnek, fölötte a lényegesen értékesebb ólomkristálynak tekintik.

A Magyarországon gyártott ólomtartalmu üvegek jelentős hányadát exportálják. Gazdasági szempontból fontos, hogy az ilyen tipusu üvegek PbO koncentrációja ne legyen kevesebb, mint 24%. Ez teszi szükségessé a gyártás közbeni PbO

mérést, ami lehetőséget ad a technológiai folyamatba való beavatkozásra. Ehhez gyors, megbizható, viszonylag egyszerüen elvégezhető mérési eljárás alkalmazása szükséges, amelynek ipari bevezetése jelentős gazdasági haszonnal jár.

MÓDSZEREK AZ ÓLOMOXID KONCENTRÁCIÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSÁRA

Ipari célra könnyen alkalmazható ólommeghatározási módszerre az irodalomban kevés leirás található. Néhány szerző aktivációs eljárást ismertet. Ennek alkalmazása ipari körülmények között nehezen képzelhető el, mivel drága és bonyolult eszközöket igényel /mint pl. neutrongenerátor vagy nagy intenzitásu neutronforrás/. Problémát jelent még az is, hogy az aktivációs analizis szempontjából az ólom kedvezőtlen tulajdonságu. A következőkben az aktivációs módszerek közül emlitünk néhányat.

Yule[1] reaktor gyorsneutronjaival végzett vizsgálatokat. A $^{204}Pb^{m}$ izotóp alapján /a felezési idő 67 perc/ 48 µg kimutatási határt ért el. A neutronfluxus $3{,}5.10^{12}$ $ncm^{-2}s^{-1}$ volt, a besugárzási időtartam 1 óra.

Neutrongenerátorban a 14 MeV-es gyorsneutronokkal a $^{208}Pb/n, 2n/^{207}Pb$ magreakció játszódik le. Az ólomtartalom a $^{207}Pb^{m}$ izotóp aktivitásából határozható meg[2]. A mérésnél problémát jelent az igen rövid /0,85 s/ felezési idő.

Prompt aktivációs analizissel az ólom kimutatási határának 660 µg adódott[3].

Parsa és Markowits a $^{204}Pb/^{3}He, \gamma/^{207}Pb$ magreakcióval[4], az 5 irodalom szerzői a γ-sugárzás abszorpciójával /^{55}Fe sugárforrás/ történő ólommeghatározásról számolnak be.

Az aktivációs módszert hazai üveggyáraink egyáltalán nem alkalmazzák, és magas költsége, valamint bonyolult berendezés- és müszerszükséglete miatt nem is tervezik bevezetését.

Ólom tartalom mérése elvégezhető - a manapság egyre kiterjedtebben alkalmazott - röntgenfluoreszcenciás módszerrel is. A módszer üvegiparba való bevezetése célmüszer kifejlesztését tenné szükségessé, ami valószinüleg lényegesen nagyobb költséggel járna, mint az általunk alkalmazott eljárás, mely viszonylag egyszerü, kereskedelemben kapható eszközöket használ fel.

Az ólomtartalom meghatározására egyéb analitikai eljárás is alkalmazható, mint pl.:

- a komplexometriás eljárás[6]: a Pb^{2+} ionok pH = 5,6 - 5,8 közegben stabil komplexet képeznek EDTA-val;
- az atomabszorpciós módszer: Fodorné és Träger[7] finomkerámiai, üvegipari nyersanyagok és késztermékek PbO tartalmát határozták meg igy. A vizsgált tartomány 7 - 30%, az analizis relativ hibája 0,7% volt;

- a gravimetriás eljárás: a szilicium/IV/-oxid elválasztása után kapott szürletből kénsavval a minta ólomtartalma ólomszulfát alakjában leválasztható. A leszürt csapadék mennyiségét 500 °C-on végzett izzitás után, gravimetriásan határozzák meg.

Jelenleg az ólomüveg gyártásánál hazánkban a gravimetriás módszert alkalmazzák. Az utóbb emlitett módszerek, időigényességük miatt, gyártásközi ellenőrzésre nem alkalmasak.

A KIDOLGOZOTT MÓDSZER ELMÉLETE

A γ-sugárzás és az anyag között három alapvető kölcsönhatás játszódik le: fotoeffektus, Compton-szórás és párkeltés. A kölcsönhatás következtében az anyagra eső I_o intenzitásu γ-sugárnyaláb, x vastagságu homogén anyagon áthaladva, I intenzitásuvá csökken:

$$I = I_o \exp /-\mu' x/, \qquad /1/$$

ahol μ' az un. lineáris abszorpciós együttható. A kölcsönhatás bekövetkezési valószinüsége függ a γ-sugárzás energiájától és az abszorbeáló anyag rendszámától.

Az /1/ összefüggés a következő alakra hozható[8]:

$$I = I_o \exp \left(- \frac{\mu'}{\rho} \rho x\right) = I_o \exp (-\mu d), \qquad /2/$$

ahol μ - a tömegabszorpciós együttható, $cm^2 g^{-1}$;
d - a felületi sürüség, gcm^{-2} és
ρ - az anyag sürüsége gcm^{-3} .

Abban az esetben, ha az abszorbens különféle anyagok keveréke, a tömeggyengitési együttható a következő összefüggéssel számitható ki:

$$\mu = \sum_{i=1}^{n} w_i \mu_i, \qquad /3/$$

ahol $i = 1,2, \ldots,4$ a komponensek száma, μ_i az i-edik összetevő tömeggyengitési együtthatója, w_i pedig az i-edik összetevő sulytörtje, mely az atom- illetve mólsuly segitségével határozható meg[9].

E megfontolások párhuzamos, monoenergetikus sugárnyalábra érvényesek. Ha ez nem teljesül, akkor az abszorbensben többszörösen szóródott γ-fotonokat is figyelembe kell venni.

A tömeggyengitési együttható erősen függ az abszorbens rendszámától. Ennek megfelelően az ólom - nagy rendszáma következtében - köztudottan jól abszorbeálja a γ-sugárzást. A mérés során ezt a tulajdonságát kivánjuk hasznositani.

Az ólomoxid meghatározására viszonylag nagy, 20-30%-os koncentrációtartományban merült fel igény. Az üveg többi komponensét kis rendszámu /kis μ_i/, illetve kis koncentrációju elemek alkotják, ezért a sugárgyengitési folyamatban - az ólom mellett - elhanyagolható mértékben vesznek részt.

A mérési feladat megoldására relativ módszert alkalmazunk. Ismert ólomoxid koncentrációju üvegmintákból álló "etalonsorozat" felhasználásával az intenzitásgyengülés ólomoxid-koncentrációtól való függését ábrázoló hitelesitő görbét veszünk fel, ezután az ismeretlen minta ólomoxid-tartalma, azonos mérési körülményeket feltételezve, egyszerüen meghatározható.

A MÉRÉS PONTOSSÁGÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A MINTA ÉS AZ ETALON KÉSZITÉSI MÓDJA

Tekintettel arra, hogy a mérést üzemi körülmények között, gyártás közbeni ellenőrzésre is alkalmazni kell, a minta /és etalon/ készitésénél kétfajta minta jöhet szóba: üvegőrlemény és üveglap.

Az őrleményből készült minta készitése során az olvadt üvegből vett mintát megszilárdulás után porrá őrlik, és valamilyen kötőanyag hozzáadásával formába préselik, majd a kötőanyag oldószerét elpárologtatják. Ez az eljárás a következő nehézségeket rejti magában: a /2/ összefüggés szerint az abszorbens által okozott intenzitáscsökkenés a minta összetételén kivül függ a sürüségtől és a vastagságtól. Az igy készitett mintáknál az emlitett paraméterek /szemcsefinomság, sürüség, kellő pontossággal azonos geometria/ nehezen reprodukálhatók, és mivel relativ mérésről van szó, a reprodukálhatóság különösen fontos szempont.

E nehézségek nagy része kiküszöbölhető üveglap formáju minta alkalmazásával. A lap csiszolásával biztositható az azonos vastagság. A sürüség egyenetlensége nem lép fel, arra azonban ügyelni kell, hogy az üvegben zárvány, levegőbuborék ne forduljon elő.

E szempontok mérlegelése után üveglap formáju mintákat alkalmaztunk.

A SUGÁRFORRÁS

A sugárforrás kiválasztása céljából vizsgáltuk a szükséges aktivitást és az érzékenység szempontjából optimális γ-energiát.

Az aktivitás számitása

Tekintsünk egy 24% ólomoxid-koncentrációju mintát, amelynek sürüsége 2,9 gcm^{-3}.

A sugárforrás minimális aktivitásának becsléséhez háromféle vastagságu, 4 cm átmérőjü mintát tételeztünk fel. A térfogatból és sürüségből meghatároztuk az un. "effektiv ólomvastagságot", ami azt jelenti, hogy a mintát ilyen vastagságu ólomlappal lehet helyettesiteni, ha elhanyagoljuk a minta ólom melletti komponenseinek γ-sugárgyengitő hatását. Ez közelitő számitásnál megengedhető, mivel ezeknek az összetevőknek /SiO_2, Al_2O_3, CaO, MgO, K_2O, Na_2O, Fe_2O_3, TiO_2/ kis rendszáma, illetve általában kis koncentrációja az ólom mellett elhanyagolható sugárgyengitést okoz.

Ezekkel a feltételezésekkel a sugárforrás aktivitása a következő összefüggésből becsülhető:

$$A_o = \frac{I}{f\varepsilon\Omega \exp(-\mu\rho x_1)} \qquad /4/$$

ahol I - az abszorbens után elérni kivánt számlálási sebesség, cps :

f - az egy bomlásra jutó γ-kvantumok száma, melyet, amig a sugárforrás fajtáját nem rögzitettük, 1-nek veszünk;

ω - az un. egyesitett hatásfok. Értéke a γ-energia, detektorméret, valamint a sugárforrás és detektor közti távolság függvényében pl. a *10* -ben található;

Ω - a térszögfaktor, mely a kollimátorok okozta hatásfokcsökkenést veszi figyelembe. Értéke a sugárforrás és detektor közti távolság és a kollimátor furatátmérőjének ismeretében meghatározható[10];

x_1 - az effektiv ólomvastagság.

A számitást 100 cps minta utáni számlálási sebességre, 0,5, 1,0, illetve 1,5 cm vastagságu mintára, valamint 60, 300, 600 keV γ-energiára végeztük el. 10 cm-es sugárforrás és detektor közti távolságot és 1 1/4"x 1" méretü szcintillációs detektort, valamint 1 cm vastag, 0,2 cm furatátmérőjü kollimátort tételeztünk fel a detektor előtt 2 cm távolságban. Az eredményt az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A sugárforrás aktivitása

mintavastagság /cm/	E /keV/	60	300	600
	μ^{8} /cm^2/g/	5,12	0,391	0,124
	ε^{10}	6.10^{-3}	3.10^{-3}	$2,6.10^{-3}$
		A_o/MBq/		
0,5		46,3	20,1	21,3
1,0		242	22,8	22,2
1,5		1267	25,9	23,1

ρ_{Pb} = 11,34 g/cm^3 PbO koncentráció: 24 %

Ω = $1,88.10^{-3}$ mintaátmérő : 4 cm

I = 100 cps

A mérésnél alkalmazott sugárforrás aktivitásának várhatóan nagyobbnak kell lennie az 1. táblázat A_o értékénél, mivel általában $f < 1$, továbbá a célszerüen alkalmazott differenciáldiszkriminátor üzemmódnál a számlálási sebesség csökken, amit az elméleti megfontolásoknál figyelmen kivül hagytunk.

γ-energia

A /2/ összefüggés alapján látható, hogy a minta intenzitásgyengitése az x effektiv ólomvastagság mellett exponenciálisan függ a tömeggyengitési együtthatótól. Az ólomra vonatkozó abszorpciós együttható γ-energiától való függését tekintve a legnagyobb gyengités 20 keV körüli γ-energiánál várható. Az abszorpciós együtthatónak kiugró értéke van 88,01 keV-nél /K-él/. Ezek alapján tehát 20-70 keV, illetve 90-150 keV γ-energia alkalmazásánál várható a legnagyobb érzékenység. A sugárforrás kiválasztásánál természetesen bizonyos gyakorlati szempontokra /felezési idő, beszerezhetőség, ár, stb./ is tekintettel kell lenni.

AZ ETALON MINTASOROZAT KONCENTRÁCIÓLÉPTÉKE

A hitelesitő görbét az etalonok intenzitásgyengitésének mérésével veszszük fel. Szemléletesen belátható, hogy ha nagyon ritka a hitelesitő görbe mérési pontjainak száma, csökken a meghatározás pontossága. Másrészről a hitelesitő görbe mérési pontjai statisztikus hibával terheltek. Ennek alapján a mérési pontok sürüségének felső korlátot szabhatunk.

Tekintsünk két etalont, melynek vastagsága egyenlő, de ólomkoncentrációja eltérő. Kollimált sugárnyalábot feltételezve a /4/ egyenletnek megfelelő összefüggés a következő:

$$I_1 = A_o f \varepsilon \Omega \quad \exp(-\mu\rho x_1) \qquad /5/$$

$$I_2 = A_o f \varepsilon \Omega \quad \exp(-\mu\rho x_2). \qquad /6/$$

x_1 feleljen meg a 24% ólomoxid-koncentrációju etalon effektiv ólomvastagságának; t_m másodperc mérési idő esetén a regisztrált impulzusszám, $N_1 = I_1 t_m$, illetve $N_2 = I_2 t_m$. A statisztikus hiba az 1. sz. etalonnál

$$\sigma_{I_1} = \frac{\sqrt{N_1}}{t_m} \left[\text{cps}\right]. \qquad /7/$$

Elegendő az etalonokat olyan koncentrációkülönbséggel készitени, melyre igaz, hogy:

$$I_1 - I_2 \geq 2\sigma_{I_1} \qquad /8/$$

Az /5/, /6/, /7/ és /8/ összefüggés alapján

$$x_2 = \frac{\ln \frac{1}{Z}}{\mu\rho} , \qquad /9/$$

ahol

$$Z = \exp(-\mu\rho x_1) - \frac{2\sigma I_1}{A_o f \varepsilon \Omega} . \qquad /10/$$

A számitásnál egyrészt feltételezzük, hogy olyan kis különbség van az ólomoxid-koncentrációjában, hogy a két szomszédos etalon sulyában elhanyagolható különbséget okoz, másrészt, hogy

$$(\mu\rho)_{Si,\ Na,\ K\ldots} \ll (\mu\rho)_{Pb}.$$

t_m = 100 s-ot és I_1 = 100 cps-t feltételezve a γ-energiától és a mintavastagságtól függő x_2 és a belőle számitott koncentráció értékét a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

Érzékenységi adatok

minta-vastagság cm	E_γ, keV	60	300	600
0,5	x_2/cm/	$2,8836.10^{-2}$	$3,3048.10^{-2}$	$4,2851.10^{-2}$*
	C_{PbO}	24,29	27,84	36.10
1,0	x_2/cm/	$5,7324.10^{-2}$	$6,1538.10^{-2}$	$7,1320.10^{-2}$*
	C_{PbO}/%/	24,15	25,92	30,04
1,5	x_2/cm/	$8,5812.10^{-2}$	$9,0020.10^{-2}$	$9,9813.10^{-2}$*
	C_{PbO}/%/	24,10	25,28	28,03

A 2. táblázat *-gal jelölt értékei gyakorlatilag nem vehetők reálisnak, mivel az x_2 effektiv ólomvastagság olyan nagynak adódott, hogy az etalontömeg nem tekinthető változatlannak.

A 2. táblázat adatai is azt mutatják, hogy a kivánt mérési pontosság /kb. 0,2%/ elfogadható kisérleti feltételek mellett kis γ-energiáju sugárforrás alkalmazásával érhető el. Nagyobb energiánál /300 keV fölött/ a minta vastagságát és a számlálási sebességet kellene lényegesen megnövelni.

Ha a mérésnél 1 cm vastagságu etalon mintákat és 60 keV körüli γ-energiát tételezünk fel, a számitott adatokból az a következtetés vonható le, hogy a hitelesitő görbe felvételéhez az etalon sorozatot 0,1 - 0,2% ólom-oxid-koncentráció léptékváltozásu tagokból kell összeállitani.

Az elméleti megfontolások alapján a mérésnél ^{241}Am sugárforrást alkalmaztuk, melynek felezési ideje 458 év, kibocsátott γ-energiája 59,54 keV, a γ-gyakoriság 0,353[11] és aktivitása 3780 MBq.

KÍSÉRLETI MUNKA

ETALONKÉSZITÉS ÉS -BEMÉRÉS

A méréshez használt etalon üvegminták a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet Üvegtechnológiai Osztályán készültek. A 4 cm átmérőjü és kb. 1 cm vastagságu üvegkorongokat a mérés előtt párhuzamos felületüre csiszoltuk. A bemért PbO tartalom a 20 - 30% koncentrációtartományban 1%-os, a 23,5 - 24,5% PbO koncentrációtartományban pedig 0,1%-os léptékben növekedett. Minden koncentrációértékkel több /4-5/ párhuzamos minta készült.

Az etalonok PbO tartalmának meghatározását a SZIKKTI Szilikátkémiai Osztályán végezték. A hagyományos módszer abszolut hibája ± 0,2%. A kémiai eljárással a PbO koncentrációra kapott érték jól tükrözte az ólomüveggyártás problémáját: a bemért PbO mennyiség és az analizis szolgáltatta koncentrációérték között nincs elég határozott korreláció.

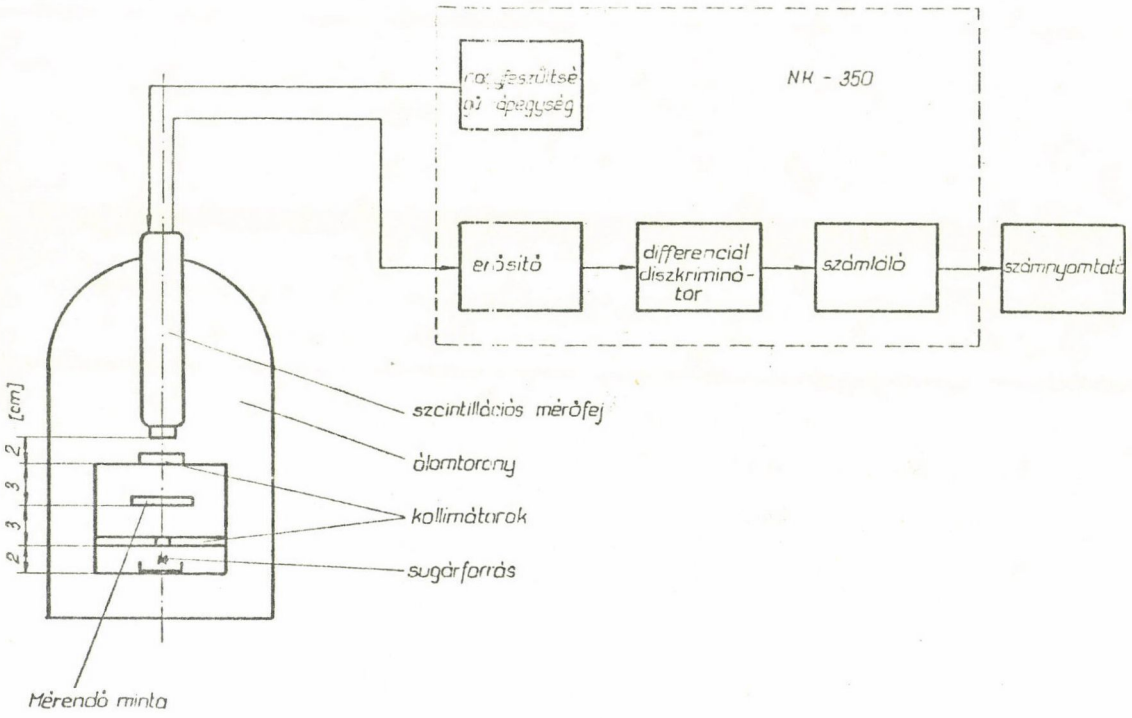
A MÉRŐBERENDEZÉS

A mérőberendezés felépitése a következő volt:

- detektor: Gamma Müvek gyártmányu, ND 131/F tipusu mérőfej, mely a kis energiáju γ-sugárzásra jó hatásfoku, S 1144 tipusu szcintillációs kristályt tartalmazott. A kis kristálytérfogat miatt a háttérérték is csökkent;
- mérőmüszer: Gamma Müvek gyártmányu, NK - 350 tipusu, integrált áramkörös, egycsatornás, energiaszelektiv számláló, mely differenciális üzemmódban dolgozott;
- adatrögzités: Gamma Müvek gyártmányu, GNP - 516 tipusu számnyomtató.

A szcintillációs mérőfej, a minta, a sugárforrás és az un. "jó geometriát" biztositó ólomkollimátorok ólomtartományban helyezkedtek el.

A sugárforrás és detektor közti távolság 10 cm volt. A sugárforrás fölött és a detektor előtt 10 mm vastagságu, 2 mm átmérőjü furattal ellátott ólomkollimátor helyezkedett el. A mérendő üvegmintát a két kollimátor közé helyeztük /1. ábra/.



1. ábra
A mérőberendezés felépitése

A sugárforrás viszonylag nagy aktivitása lehetővé tette, hogy keskeny nyalábot és differenciális üzemmódot /szük energiaablakkal/ alkalmazzunk, igy a detektorba jutó szóródott γ-fotonok száma és a háttér jelentősen csökkenthető volt.

MÉRÉSI EREDMÉNYEK

A mérés során γ-sugárzásnak az etalon üvegminták ólomoxid-koncentrációja által okozott intenzitáscsökkenését határoztuk meg /un. hitelesitő görbe/.

Adott geometriai elrendezés és müszerbeállitás mellett jelölje I_o minta nélkül, I_x pedig a minta behelyezése után mérhető számlálási sebességet. Mivel az etalonsorozat mintái különböző vastagságuak voltak /7 - 14 mm/, a mért I_x értéket azonos vastagságu mintára kellett normálni, hogy az adatok összehasonlithatók legyenek. Ezt a normálást a következő, egyszerüen levezethető kifejezés alapján végeztük:

$$I = \frac{I_o}{\exp\left(\frac{d_1}{d_x} \ln \frac{I_o}{I_x}\right)} , \qquad /11/$$

ahol I jelenti az adott ólomoxid-koncentrációju, 1,00 cm vastagságu minta után mérhető számlálási sebességet /cps/, d_x a minta vastagságát /cm/ és d_1 = 1,00 cm.

I ismeretében egyszerüen számitható az

$$ABS = \frac{I}{I_o} \qquad /12/$$

keresett hányados. Az I_o és I számlálási sebesség a háttérrel csökkentett értéket jelöli.

A mérési geometria kialakitásánál és az üzemmód paramétereinek megválasztásánál ügyelni kellett arra, hogy I_o értéke még ne okozzon számitásba veendő holtidőveszteséget, ugyanakkor I_x értéke ne legyen tul kicsi. Néhány jellegzetes kerekitett számlálási sebességérték a következő volt:

háttér:		50 impulzus/100s	
I_o	: 370000	"	
I_x	10000	"	/PbO kb. 20 %/
	5500	"	/PbO kb. 24 %/
	2000	"	/PbO kb. 20 %/

A 3. táblázat növekvő ólomoxid-koncentráció szerint tartalmazza az $\overline{ABS}$ értékét. Ezeket az átlagértékeket az egyes koncentrációkhoz tartozó párhuzamos minták /általában 4-5/ alapján határoztuk meg. A táblázatban a relativ százalékos statisztikus hibát is feltüntettük.

A mérési adatokra a következő alaku exponenciális görbét illesztettük:

$$y = a.e^{bx} , \qquad /13/$$

ahol y = $\overline{ABS}$, x az ólomoxid-koncentráció /%/, a = 1,8023 és b = -0,19644. A build-up faktor elhagyásával, a mérésnél alkalmazott keskeny sugárnyaláb és a kis energiaablakos differenciáldiszkriminátor üzemmód miatt, számottevő hibát nem követtünk el. A 3. táblázat utolsó oszlopa az y értékeit tartalmazza.

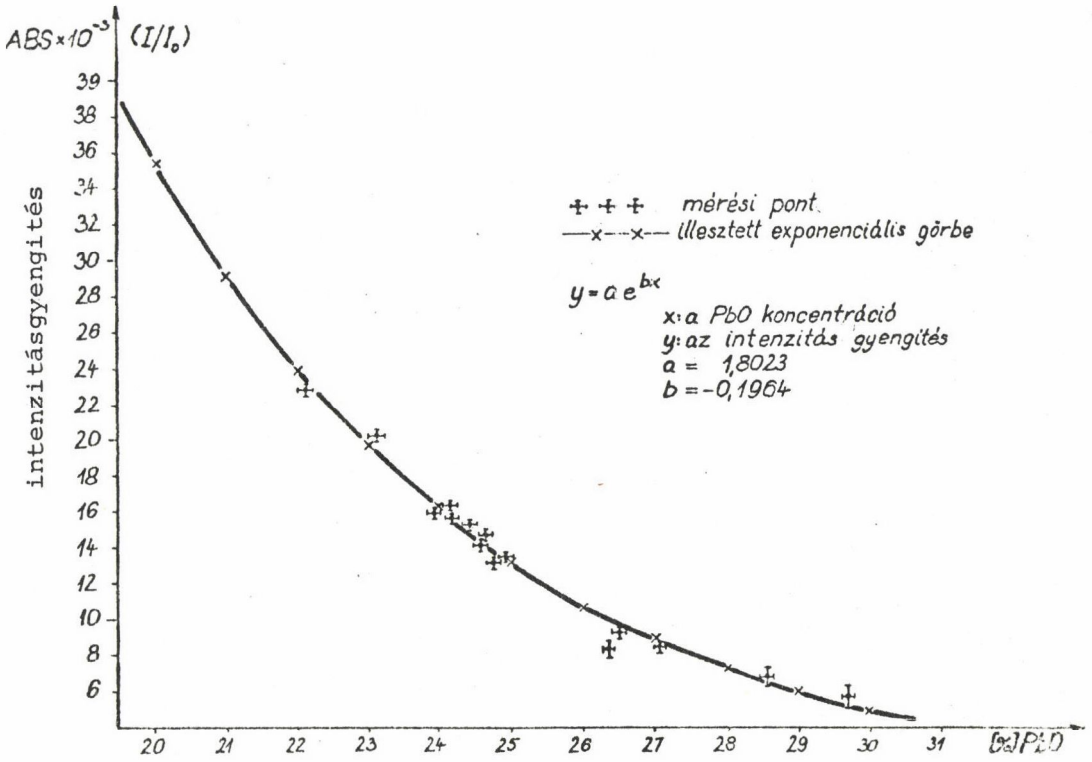
A 2. ábrán rajzoltuk fel a hitelesitő görbét: az ólomoxid koncentrációjának függvényében a mért $\overline{ABS}$ értékeket a statisztikus hibával és az illesztett görbe számitott pontjait. Az egyezés, egy érték /26,28%/ kivételével, jó. Ezen koncentrációértéknél az eltérést a minták inhomogenitása magyarázza. A 3. ábra az intenzitás-gyengités logaritmusának koncentrációtól való függését szemlélteti.

3. táblázat

A PbO koncentráció mért és számitott értékei

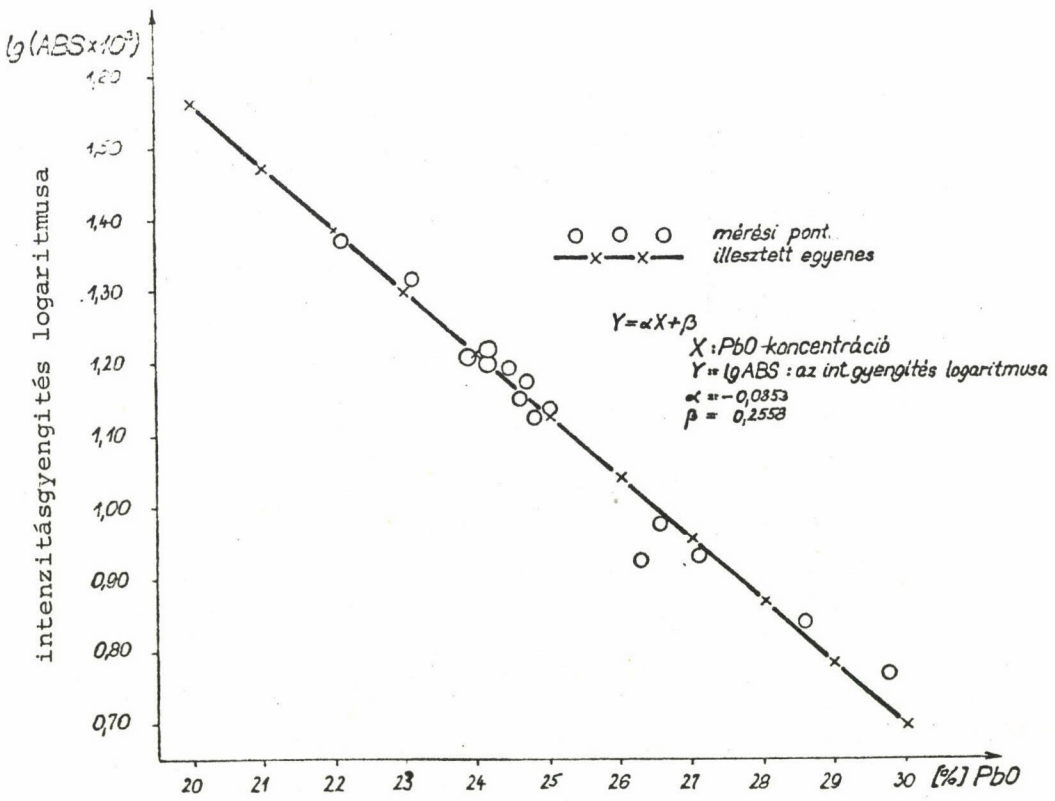
PbO koncentráció /%/	$\overline{ABS}.10^3$	$y.10^3$
20,00		35,46
21,00		29,13
22,00		23,94
22,07	22,853 ± 0,8 %	23,61
23,00		19,67
23,09	20,185 ± 1,0 %	19,32
23,90	15,946 ± 0,9 %	16,48
24,00		16,16
24,09	16,319 ± 1,1 %	15,88
24,17	15,732 ± 1,1 %	15,63
24,43	15,387 ± 1,2 %	14,85
24,50		14,68
24,57	14,147 ± 1,1 %	14,45
24,63	14,857 ± 1,2 %	14,28
24,74	13,239 ± 1,1 %	13,97
24,94	13,540 ± 1,2 %	13,44
25,00		13,28
26,00		10,91
26,28	8,346 ± 1,4 %	10,33
26,54	9,383 ± 1,6 %	9,81
27,00		8,96
27,03	8,453 ± 1,7 %	8,91
28,00		7,37
28,50	6,936 ± 1,9 %	6,68
29,00		6,05
29,67	5,849 ± 2,1 %	4,31
30,00		4,98

A végeredmény hibáját a következőképpen becsülhetjük meg. Az I/I_o mérésénél elkövetett statisztikus hiba kb. 1% a 24%-os PbO koncentráció környezetében. Az etalon üvegminták készitésénél két hibaforrással kell számolni: a koncentráció kb. 1%-os relativ hibával határozható meg a hagyományos eljárással, a vastagság mérésénél pedig kb 0,1%-os relativ hiba keletkezik. A hibák egymástól független volta miatt, a hibaterjedés törvénye alapján, a koncentráció relativ hibája kb. 1,4%-nak adódik. Ez azt jelenti, hogy pl. 24%-os ólomoxid-koncentráció 24 ± 0,34% pontossággal adható meg.



2. ábra

Ólomüveg intenzitásgyengitése a PbO koncentráció függvényében



3. ábra

Ólomüveg intenzitásgyengitésének logaritmusa a PbO koncentráció függvényében

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elméleti megfontolások és a mérési eredmények birtokában megállapitható, hogy az ólomkoncentráció meghatározására leirt módszer egyszerü, tehát ipari körülmények között könnyen megvalósitható, gyors, ezért lehetővé teszi a gyártás közbeni ellenőrzést és - szükség esetén - a technológiai folyamatba való beavatkozást. Viszonylag könnyen beszerezhető, magyar gyártmányu müszereket alkalmaz. A méréshez olyan "etalon" üvegminta-sorozatot szükséges készitenl, melyben az ólomkoncentrációt kellő pontossággal ismerjük. Az etalonnak és a mérendő üvegmintáknak homogén, buborék- és zárványmentes darabokból kell állniok. A meghatározás időtartama kb. 60 perc, hibája a 20-30% PbO koncentráció-tartományban ± 0,4%.

IRODALOM

1. *H.P. Yule*, és mások, Utilization of Reactor Fast Neutrons for Activation Analysis, 33 /1965/ 277
2. Magkémiai és izotóptechnikai gyakorlatok, Tankönyvkiadó, Budapest, 1972, 144
3. *Szabó E., Simonits A.*, Aktivációs analizis, Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973
4. *B. Pars, S.S. Markowits*, Anal. Chem. 46 /1974/ 186
5. *Földiák G.*, Az izotópok ipari alkalmazása, Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972
6. *Tamás F.* /szerk./, Szilikátipari laboratóriumi vizsgálatok, Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970
7. *Fodor P.-né, Träger T.*, Épitőanyag 30 /1978/ 66
8. *K. Siegbahn*, Alpha-, Beta-, and Gamma-Ray Spectroscopy, Vol.I. North-Holland, Amsterdam, 1965
9. *R.D. Meager*, /ed./, Engineering Compendium on Radiation Shielding Vol. I. Shielding Fundamentals and Method, Springer, Berlin, 1968
10. *Keszthelyi L.*, Szcintillációs számlálók, Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1972
11. *R.H. Filby* és mások, Gamma Ray Energy Tables, Nuclear Radiation Centre, Pullman, Washington 1970 WSUNRC - 97/2/

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 41-47

A NÖVÉNY MAKRO- ÉS MIKROELEM-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA RÖNTGENFLUORESZCENCIA-MÓDSZERREL

Pázsit Á.*, Nagy P.**

*Kossuth Lajos Tudományegyetem, Kisérleti Fizikai Tanszék, Debrecen

**Agrártudományi Egyetem, Matematika-Fizika Tanszék, Keszthely

/Érkezett 1979. április 13-án/

Meghatározták a K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Zr és Mo koncentrációját. Gerjesztő forrásként ^{125}I és ^{55}Fe izotópot használtak.

Определение концентрации макро- и микроэлементов в растении методом рентгенофлуоресцентного анализа
Пажит, А., Надь, П.

Определялись концентрации K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Zr и Mo. Возбуждающим источником пользовались ^{125}I и ^{55}Fe.

Determination of Macro- and Microelements in Plants by X-Ray Fluorescence
Pázsit, Á., Nagy, P.

Determination of K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Zr and Mo concentration carried out by XRF. The exciting sources are ^{125}I and ^{55}Fe.

A mezőgazdasági termelés fokozásában nagy szerepe van a foszfor, kálium és nitrogén mütrágya alkalmazásán kivül a megfelelő mikroelem-koncentrációnak. A mezőgazdasági szakértők véleménye szerint[1] a mezőgazdasági termelést legalább 5%-kal lehetne növelni a mikroelem-szükséglet helyes beállitásával.

Mivel a különböző növényfajták mikroelem-szükséglete más és más, az optimális értéket feltétlenül ismernünk kell. Olyan mérési módszert kell kidol-

gozni, amellyel a különböző fejlettségi fokon álló növények gyors analizise megbizhatóan elvégezhető. Az eddig alkalmazott módszerek - erre a célra nem kielégitő érzékenységük és a meghatározás nagy időigénye miatt - a követelményeknek /nagy számu, gyors meghatározás/ nem felelnek meg[1-4].

Az utóbbi években egyre szélesebb körben alkalmazzák a gyors és automatizálható röntgenfluoreszcencia-módszert /REA/ analitikai célra. Számos cikk és kézikönyv foglalkozik a módszer elvével[5-10].

A jelen munkában különböző helyről származó kukoricalevél-minták makro- és mikroelem tartalmának REA módszerrel végzett meghatározását ismertetjük.

Méréseinket radioizotópos gerjesztésü Si/Li/ röntgenspektrométerrel végeztük. A vizsgálandó mintákat 25-30 kukoricalevélből készitettük ugy, hogy 95-100 ^{o}C hőmérsékleten légszárazra száritottuk, majd ledaráltuk. Az őrleményt 0,09 mm lyukátmérőjü szitán átszitáltuk. A finom por felét porceláncégelyben elhamvasztottuk. A hamvasztás során az őrlemény sulya kb. tizedrészére csökkent, ami az ásványi elemekben kb. tizszeres dusitásnak felel meg. Vizsgálataink során egymástól független analizáltuk a növényi száraz anyagot és hamuját. Mindkét anyagból standard sorozatot készitettünk. A hamuhoz $33{,}3 \cdot 10^{-6}$, $166{,}6 \cdot 10^{-6}$ és $333 \cdot 10^{-6}$ kg/kg (33,3, 166,6 és 333 ppm) molibdént, a növényi mintákhoz ugyanennyi molibdént, valamint $333 \cdot 10^{-6}$, $666{,}6 \cdot 10^{-6}$ és $1000 \cdot 10^{-6}$ kg/kg (333, 666 és 1000 ppm) rezet adagoltunk. Az igy kapott porból, hidraulikus préssel, 354,6 MPa (3500 atm) nyomáson, 10 mm átmérőjü, 2-2,5 mm vastagságu tablettát készitettünk. A tablettázáshoz nem kellett kötőanyagot használnunk, a minták mechanikai szilárdsága megfelelt a mérési feltételeknek.

Az 1. táblázat a minták gyüjtési helyét, hamvasztási hőmérsékletét, hamvasztási idejét és dusitását tartalmazza.

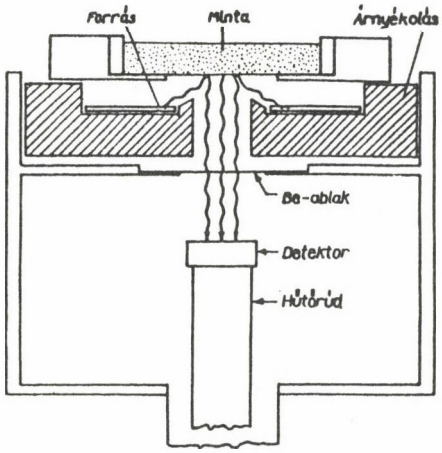
A mintákat ^{125}I és ^{55}Fe forrással gerjesztettük. A források kezdeti aktivitása 2,22 MBq (60 μCi), illetve 370 MBq, (10 mCi) volt. Bomlásukat korrekcióba vettük.

1. táblázat

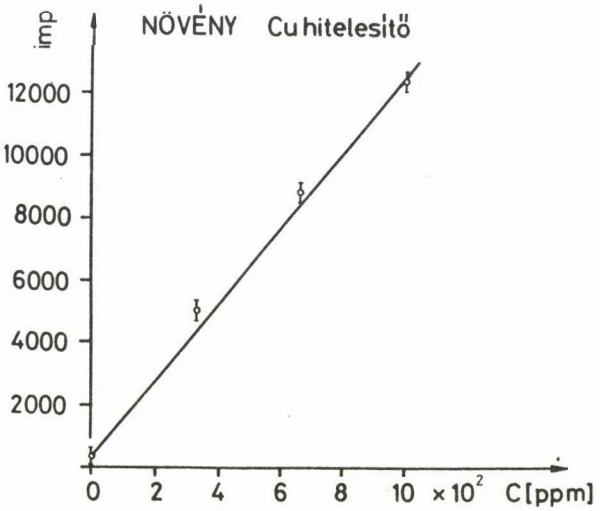
A minták adatai

A minta		Hamvasztási		Dusitási tényező
gyüjtési helye	jele	hőmérséklet ^{o}C	idő óra	
Nagykanizsa	1	500	13	13,34
Csengőd	2	450	15	10,37
Keszthely	3	450	15	10,77

A vizsgálat K vonal alapján, a $19 < Z < 25$ rendszámtartományban ^{55}Fe, a $25 < Z < 47$ rendszámtartományban ^{125}I forrással, $Z < 47$ felett L vonal alapján történhet. A forrás, minta és detektor elrendezése az 1. ábrán látható. A Si/Li/ detektor felerősitett és formált jelei MULTI-20 tipusu /Intertechnique/, 16 K központi memóriáju kisszámitógépre kerültek, melyet 1024-csatornás amplitudóanalizátorként is használtunk.



1. ábra
A forrás, minta és a detektor elrendezése



2a. ábra
Hitelesitő egyenes rézoldattal kezelt növényi mintához

Méréseinket kétféle kollimátorral végeztük, hogy biztosan ne számitsuk be a detektorra a kollimátorról szóródó röntgensugárzást. Igy vas meghatározásához ólmot a többi elemhez vas kollimátort használtunk.

A molibdén és réz koncentrációját a 2. ábrán látható hitelesitő egyenesek alapján közvetlenül, a többi elemet pedig a $G_{iE} = T_i \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i^{-1} \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{iE} K_i \omega_i R_i$ relativ intenzitásváltozást meghatározó gerjesztési függvény alapján határoztuk meg[11]. Az összefüggésben szereplő jelek jelentése a következő:

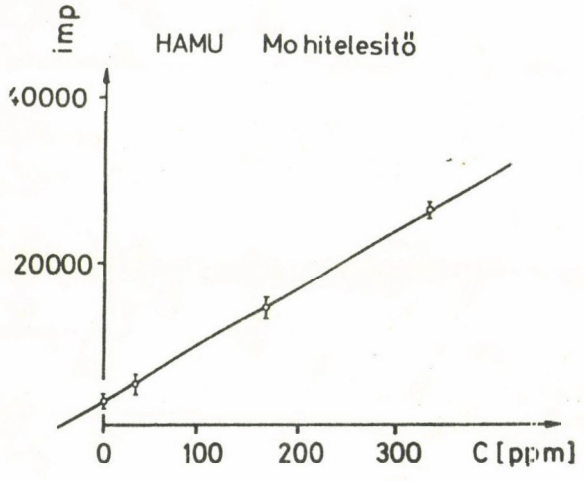
T_i a minta és a detektor közötti levegőnek, illetve a 25 μ vastagságu berillium ablaknak az i. elemre vonatkozó abszorpciója;

K_i az i. elem ionizációs valószinüsége; ($K_i = 1 - \frac{1}{r_i}$, az r_i az abszorpciós él nagy energiáju és kis energiáju oldalához tartozó abszorpciós együttható hányadosa);

ε_i a fluoreszcencia-hatásfok az i. elemre;

R_i a megfigyelt K vonal és az összes K vonal relativ intenzitásának aránya;

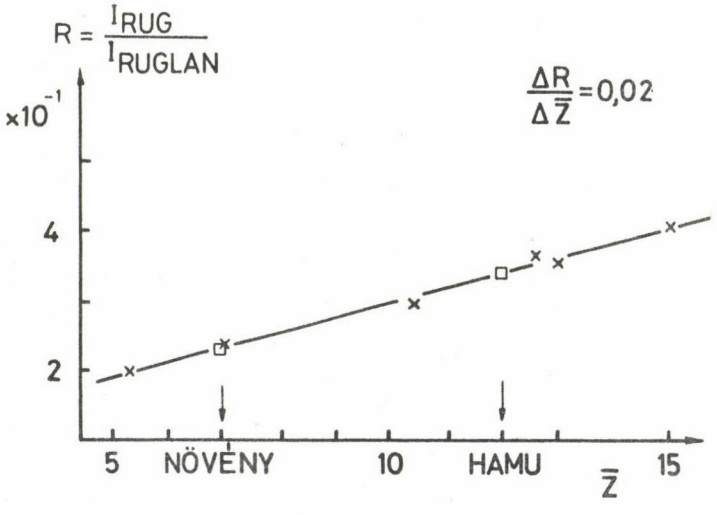
$\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{iE}; \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i$ a matrix abszorpciós együtthatója a gerjesztő sugárzásra, illetve az i. elem sugárzására vonatkozóan.



2b. ábra

Hitelesitő egyenes molibdén oldattal kezelt hamumintához

A G_{iE} összefüggésből kapott függvény csak akkor használható koncentráció meghatározására, ha elég jól ismert a vizsgálandó minta matrixának átlagrendszáma. Az átlagrendszám a mintáról rugalmasan és rugalmatlanul visszaszórt gerjesztő sugárzás intenzitásának hányadosával arányos. A 3. ábrán különböző átlagrendszámu szóróanyaggal felvett, rugalmas és rugalmatlan szórási viszony van ábrázolva. Megállapitható, hogy adott rendszámtartományban a függvény lineáris, és a növényi szárazanyag átlagrendszáma 7, a hamué 12. A 4. ábrán a 7, illetve 12 átlagrendszámu matrixra vonatkozó relativ intenzitásértékek láthatók a rendszám függvényében, 27,4 keV gerjesztő energiánál.

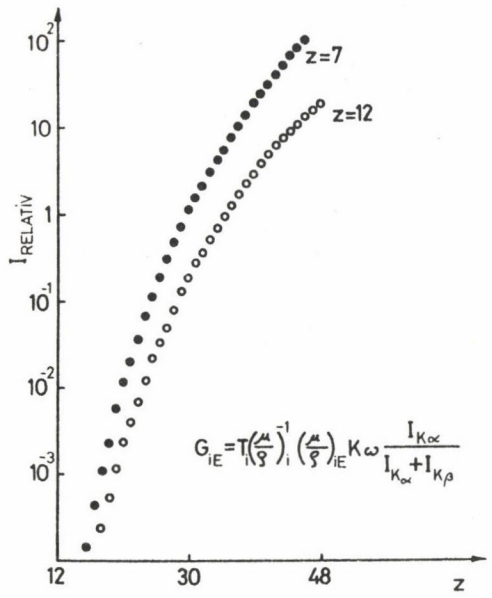


3. ábra

Növényi szárazanyag és hamu átlagrendszámának meghatározásához felvett hitelesitő egyenes

Az 5. ábrán növényi és hamumintával felvett röntgenspektrum látható. A vizsgálandó minta komplexitása miatt az egyes elemektől eredő csucsok intenzitását kétféleképen határoztuk meg: 1. stripping módszerrel, M-20 kisszámitógéppel lebontottuk a spektrumot standard spektrumok felhasználásával; 2. a K_α és K_β csucs intenzitásarányának ismeretében grafikusan bontottuk le a spektrumot. A két módszerrel kapott intenzitásértékek jól egyeztek /10%-on belül/.

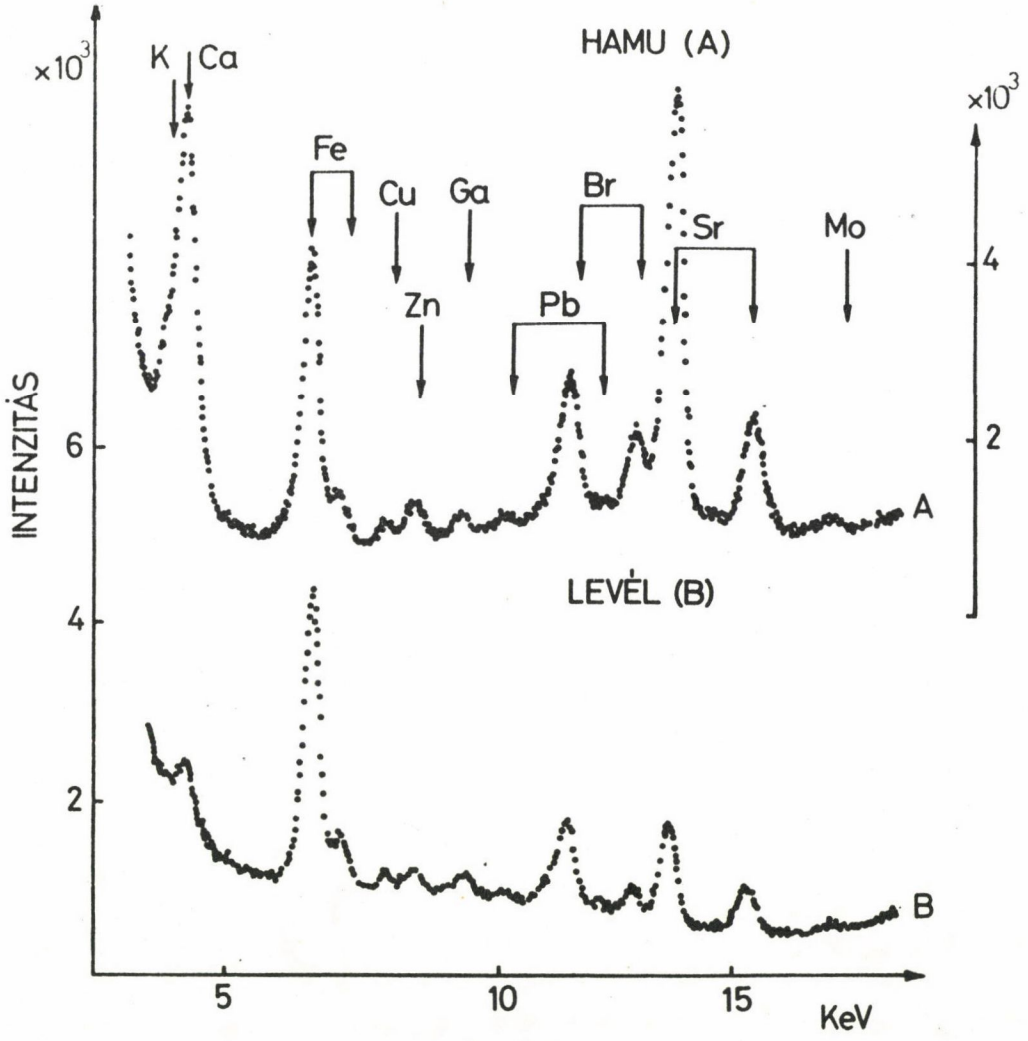
A növényi mintához készitett molibdén és réz standard lehetőséget biztositott arra, hogy a molibdén hitelesitő egyenesét felhasználva, a relativ intenzitásváltozás ismeretében, meghatározzuk a többi elem koncentrációját, beleértve a rezet is; és forditva, a réz hitelesitő egyenesét felhasználva. Ilyen módon minden elemre két módon határoztuk meg a koncentráció értékét. A kétféle érték eltérése a 2. táblázatban megadott hibánál kisebb,



ami azt igazolja, hogy egyetlen standard sorozat készitésével, a matrix átlagrendszámával kiszámolt relativ intenzitásváltozás ismeretében, a mintában lévő mindegyik gerjesztett elem koncentrációja meghatározható. /Az átlagrendszám meghatározásánál alkalmazott lineáris R-$\overline{Z}$ függvény csak $\overline{Z}<20$ tartományban használható./

4. ábra

$\overline{Z}$ = 7 és $\overline{Z}$ = 12 átlagrendszámhoz tartozó gerjesztési függvények



5. ábra

Kukoricalevélből készitett hamu- és levélminták REA spektruma

2. táblázat

Vas kollimátor

Elem	Hamuban mért koncentráció C+ΔC ppm	Növényre átszámított koncentráció C+ΔC ppm	Növényben mért koncentráció C+ΔC ppm	Átlagos koncentráció C+ΔC ppm
		1*		
Ni	515±150	39±12		39±12
Cu	429± 82	32± 6	39±12	35±12
Zn	420±143	32±11	60±22	46±22
Ga	66± 20	5± 1,5		5± 1,5
As	76± 27	6± 2		6± 2
Se	39± 16	3± 1		3± 1
Br	31± 6	2,3± 0,5	3± 1,5	2,7± 1,5
Rb	47± 5	3,5± 0,3	5± 1,5	4± 1,5
Sr	490± 20	37± 1,5	38± 4	37± 4
Zr	24± 4	1,8± 0,5	3± 1	2± 1
Mo	41± 2	3± 0,2	4± 0,5	3,5± 0,5
		2*		
K	504300±55500	48630±5300	-	48630±5300
Ca	322900±19375	31140±2000	-	31140±2000
Cu	593± 41	57± 4	50± 9	53± 9
Zn	538± 21	52± 2	42±10	47±10
Br	152± 8	15± 1	16± 1	15± 1
Rb	47± 3	4,5± 0,5	7± 2	6± 2
Sr	461± 19	44± 2	52±12	48±12
Zr	19± 4	2± 0,5	2± 2	2± 2
Mo	2± 2	0,2± 0,2	0,5± 0,5	0,3± 0,3
		3*		
K	436420±17460	40522±1620	-	40522±1620
Ca	702385±42140	65220±3913	-	65220±3913
Cu	426± 38	39± 4	46±14	43±13
Zn	453± 59	42± 6	62±11	52±11
Br	260± 26	25± 2	43± 7	33± 5
Rb	61± 16	6± 3	6± 3	6± 3
Sr	345± 14	32± 1	30± 1	31± 1
Zr	54± 6	5± 0,5	10± 3	7,5± 2
Mo	2± 2	0,2± 0,2	1± 1	0,6± 0,6
		Pb kollimátor 1*		
Mn	1690± 510	127± 38		
Fe	6670±1730	503±130		
		2*		
Mn	3610± 114	348± 14		
Fe	9190±1100	886±105		
		3*		
Mn	4635±1020	430± 95		
Fe	6826± 478	634± 44		

*1,2,3: Különböző helyről begyüjtött kukoricalevél minták

Megjegyzés: Az 1. mintánál csak 28-nál nagyobb rendszámu elemeket határoztunk meg.

A 2. táblázatban feltüntetett mérési eredmények alapján, összefoglalásként, a következőket lehet megállapitani.

1. A REA módszer alkalmas növény makro- és mikroelem-tartalmának gyors meghatározására.

2. Attól függően, hogy a mérés pontosságával szemben milyen a követelmény, szükséges a hamvasztás, vagy elegendő a növényi szárazanyagból készitett minta vizsgálata.

3. A mérés sokcsatornás, azaz egyetlen mérésből a táblázatban feltüntetett minden elem egyidejüleg meghatározható, de szükség esetén a mérés megismételhető.

4. A kiértékelés automatizálható, igy a növény ásványanyag-tartalma folyamatosan ellenőrizhető, ami a nagyüzemi mezőgazdasági termelésben egyre lényegesebb.

A jelen munkában a mérési eredmények metodikai értékelése volt a cél, mezőgazdasági következtetések levonása nélkül.

IRODALOM

1. *Tölgyesi Gy.*, A növények mikroelem tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1969.
2. *E.E. Cary, O.E. Olson*, J. Ass. Anal. Chem. 58 /1975/ 433
3. *A. Meklich, S.S. Bowling*, Comm. Soil. Sci. Ph. Anal. 6 /1975/ 113
4. Г.А. Селевцого и др, Хим. Сельскохоз. 10 /1975/ 35
5. *Bacsó J., Berényi D.*, Izotóptechnika /Budapest/ 17 /1974/ 33
6. *R.D. Gianque, F.S. Goulding, J.M. Jaklevic, R.H. Pehl*, Anal. Chem. 45 /1973/ 671
7. *C.G. Clayton, T.W. Packer, J.C. Fisher*, Nucl. Techn. Basic Metal Ind. IAEA, Vienna, 1973, 319
8. *R.P. Gardner, L. Wielopolski, K. Verghese*, Atomic Energy Review 15 /1977/ 701
9. *E.P. Bertin*, Principles and Practice of X-ray Spectrometric Analysis, Plenum Press, New York - London, 1975
10. *N.A. Dyson*, X-rays in Atomic and Nuclear Physics, Langman, 1975
11. *T. Shiraiwa, N. Fujino*, Japan J. Appl. Phys. 5 /1966/ 886

RENDEZVÉNYEK

1979

International Symposium on the Underground Disposal of Radioactive Wastes
Otaniemi /Finnország/, julius 2-6
Conference Service Section, IAEA, P.O.B. 590, A-1011, Vienna, Austria

10th International Conference on Solid State Nuclear Track Detectors
Lyon, julius 2-7
Prof. R. Schmitt, Université Lyon I, Rayonnement Cosmique, 43 Boulevard du 11 Novembre, F-69621 Villeurbanne Cedex, France

10th International Radiocarbon Conference
Bern és Heidelberg, augusztus 19-26
Prof. H. Oeschger, Physikalisches Institut der Universität Bern, Sidlerstrasse 5, CH-3012, Bern, Switzerland

Congress of the European Association of Radiology
Hamburg, szeptember 2-9
Hamburg Messe und Kongress GmbH, Jungiusstrasse, Posfach 302360, D-2000 Hamburg 36, F.R.G.

6th European Colloquium on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology
Lillehammer /Norvégia/, szeptember 3-6
Ms. Anne M. Rista, ECOG-VI, Norges geologiske underskelse Box 3006 7001 Trondheim, Norway

Executive Conference on International Safeguards
Bécs, október
Mr. J.F. Gray, President, International Associations, 2600 Virginia Avenue, NW, Washington, DC 20037, USA

3rd Symposium on Reactor Dosimetry
Ispra, október 1-5
Prof. U. Farinelle, CNEN-CSN Casaccia, I-0060 Santa Maria di Galeria, Roma, Italy

International Conference on Nuclear Cross Sections and Technology
Dr. J.L. Fowler, Oak Ridge National Laboratory, P.O.B. X, Oak Ridge, IN 37 830 USA

1980

6th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis and Exhibition

?

Prof. J.M.A. Lenihan, Department of Clinical Physics and Bio-Engineering, 11 West Graham Street, Glasgow G4 9LF Scotland, UK

14th International Symposium on Radioactive Isotopes in Clinical Medicine and Research

Bad Gastein, január 7-10

Prof. Dr. R. Höfer, Nulearmedizinische Abteilung, 2. Med. Univ. Klinik, Garnisongasse 13, A-1090 Vienna, Astria

5th International Congress of the International Radiation Protection Association

Jeruzsálem, március 9-14

Dr. T. Schlesinger, Israel Health Physics Society, c/o Soreq Nuclear Research Institute, Yavne 70600, Israel

A XV. Nemzetközi Radiológiai Kongresszust és a vele kapcsolatos kiállitást 1981 junius 24-től - julius 1-ig rendezik meg a Brüsszeli Kiállitó Központban. Az ideiglenes program:

junius 23, kedd: a diagnosztikai szekció részvevőinek regisztrálása
junius 24-27. a radiodiagnosztikai szekció ülései
junius 28 a radioterápiás szekció részvevőinek regisztrálása
junius 29 - julius 1: a radioterápiás szekció ülései

A kongresszus elnöke: Prof. L. Jeanmart
A radiodiagnosztikai szekció elnöke: Prof. E. Van de Velde
A radioterápiás szekció elnöke: Prof. J. Henry
Főtitkár: Mr. G. Chantren

A titkárság cime: Secretariat ICR-81
Ave. Winston Churchill 234B - Box 16
B-1180 Brussels
Belgium

NEM GENERÁTOR! JELENLEG MÉG CSAK BUDAPESTEN!

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

Tc-RA-1 és Tc-RA-2

A készitmény leirása:		Szintelen, tiszta, steril, pirogénmentes, izotóniás oldat. pH: 5-7 NaCl-tartalma: 7-10 mg/ml
Fajlagos aktivitása:		Hordozómentes
Radioaktiv koncentráció:	RA-1	2-10 mCi/ml
	RA-2	20-100 mCi/ml
Radioizotópos tisztaság:		99,99%; /max. 0,01% ^{99}Mo-szennyeződés/
Radiokémiai tisztaság:		Parenterálisan adható A készitmény steril, 0,9%-os NaCl oldattal higitható.

* * *

A készitmény ára:	Alapár: 100,-Ft RA-1+10 Ft/mCi RA-2+12 Ft/mCi
Szállitás:	Havonta 15-20 alkalommal, negyedéves szállitási ütemezés szerint.
Rendelés:	A szállitás kivánt időpontja előtt legalább hét nappal.

SZÁLLÍTÁSI PROGRAM

	Junius	Julius	Augusztus
Hétfő	11 18	2	
Kedd	12 19	3	
Szerda	13 20	4	Reaktorszünet
Csütörtök	7 14 21 28	5	
Péntek	1 8 15 22 29	6	

Cimünk: MTA Izotóp Intézete, Izotópforgalmi Osztály, 1525 Budapest, Pf. 77
Telefon: 166-485
Telex: 22-5360

IZOTOP BUDAPEST

IZOTOP BUDAPEST

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

309.024

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

22. ÉVFOLYAM 2. SZÁM (1979)

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTÓP BUDAPEST

IZOTÓPTECHNIKA

22. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

BUDAPEST 1979. MÁRCIUS

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 cime: MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf.77, 1525

Számunk irói:

Krasznai István, az orvostudományok kandidátusa
Semmelweis Orvostudományi Egyetem I. Belgyógyászati Klinikája, Budapest, Korányi S. u. 2/a, 1083

Kanyár Béla; Szilvási Lajosné
Semmelweis Orvostudományi Egyetem Számitástechnikai Csoportja, Budapest, Pf.91, 1450

Erbeszkorn Lajos
Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest, Pf.19, 1531

Elekes Erzsébet; Bertók Loránt, az orvostudományok kandidátusa
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Maleczki Emil, a kémiai tudományok kandidátusa; Méray László; Varga István
Veszprémi Vegyipari Egyetem Radiokémiai Tanszéke, Veszprém, Pf.28, 8201

Ódor Gyula
Magyaróvári Timföld- és Mükorundgyár, Mosonmagyaróvár, Pf.47, 9201

Tóth Géza, a kémiai tudományok kandidátusa
MTA Izotópintézete, Budapest, Pf.77, 1525

Ilyés István; Péter Ferenc, az orvostudományok kandidátusa
Budai Gyermekkórház - Rendelőintézet Pf.14, 1272

Kovács László
Debreceni Orvostudományi Egyetem I. Belgyógyászati Klinikája, Debrecen, Pf.19, 4012

Felelős kiadó: Veres Árpád, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója
Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézete házi sokszorositójában
F.v.: Nagy Károly
Engedélyszám: III/SZI/299/1976 Indexszám: 25.399
1979. 2. szám Törzsszám: KFKI-1979-461

Tejeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalban, a kézbesitőnél, a Posta hirlapüzleteiben és a Posta Központi Hirlapirodájánál /KHI, Budapest V., József nádor tér 1, távbeszélő: 180-850, postacim: A Posta Központi Hirlapirodája, Budapest, 1900/ a 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámlára.

Előfizetési dija: 240,- Ft Egyes szám ára: 40,- Ft
Példányszám: 300 Kettős szám ára: 80,- Ft

Megjelent 1979. julius 1.

TARTALOM

Szcintigráfiás készülékek teljesitőképességének vizsgálata, II. 51
Krasznai I., Kanyár B., Szilvási L-né

О способностях сцинтиграфов, II.

On the Performance of Scanners, II.

A nukleáris összbeütésszám-mérés megbizhatósági határai 63
Erbeszkorn L.

Границы надежности для измерения интегральной скорости счета

Limits of Reliability for the Measurement of Integral Count

Sugárzással csökkentett toxicitásu endotoxin /LPS/ készitmények hatása ép és besugárzott patkány immunválaszára 73
Elekes E., Bertók L.

Изучение влияния сниженной облучением токсичности эндотоксиновых препаратов на иммуноответ нормальных и облученных крыс

Effect of Endotoxin Preparations /LPS/ with Irradiation Decreased Toxicity on the Immune Response of Normal and Irradiated Rats

Áramlási paraméterek nyomjelzéses meghatározása timföldgyári kaszkádrendszerben, I. 79
Maleczki E., Méray L., Varga I., Ódor Gy.

Определение параметров потока методом меченых атомов в каскадной системе глиноземных заводов, I.

Determination of Flow Parameters of Cascade Systems in Alum Earth Plants, I.

Az Európai Radioizotóp-termelők 6. Konferenciája 92
Tóth G.

6. конференция европейских производителей радиоизотопов

6th Conference of European Radioisotope Producers

A szérum össztiroxin-/T_4/-tartalmának meghatározása radioimmunoassay-vel, I. Vizsgálatok a módszer kidolgozása céljából 95
Ilyés I., Kovács L., Péter E.

Определение содержания тироксина /T_4/ в сыворотке радиоиммунологическим анализом, I. Исследования по разработке метода

Determination of Thyroxin /T_4/ Content in the Serum by Radioimmunoassay, I. Investigations to Develop the Method

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 21 /1978/ 51-62

SZCINTIGRÁFIÁS KÉSZÜLÉKEK TELJESÍTŐKÉPESSÉGÉNEK VIZSGÁLATA II.

Krasznai I., Kanyár B., Szilvási L.-né
Semmelweis Orvostudományi Egyetem I. Belgyógyászati Klinikája és Számítástechnikai Csoportja, Budapest

/Érkezett 1978. november 17-én/

A Gamma gyártmányu, MB-8100 tipusu, szines dot scanner kollimátorainak teljesitőképessége. A relativ sikérzékenység és a modulációs átviteli függvény levegőben, anszorbens jelenlétében, aszimmetrikus csatornabefogással stb. valamint számitógépes adatfeldolgozás után. A képjavitó matematikai eljárás hatásosságát a modulációs átviteli függvény változásával mérték. Javaslat a kollimátorok alkalmazására.

О способностях сцинтиграфов, II.
Краснаи, И., Каньяр, Б, Силваши Л.

Способность коллиматоров светного скеннера типа МВ-8100 Гамма. Относительная чувствительность к плоским источникам и модулярная функция переноса в воздухе, в присутствии абсордента, при симметрическим охватом канала и т.д. а также после обработки на ЭВМ. Определение эффективности математического метода улучшения снимок изменением модулярной функции переноса. Предложение на применение коллиматоров.

On the Performance of Scanners, II.
Krasznai, I., Kanyár, B., Szilvási L-né

Performance of the collimators of colour dot scanner type MB-8100 Gamma, its plane sensitivity and modulation transfer function in air, in the presence of absorbent, with asymmetric window etc, and after data handling by computer. Efficiency of mathematical image improvement measured by varying the modulation transfer function. Suggestion on the application of collimators.

Dolgozatunk első felében láttuk, hogy a scannerek teljesitőképessége két paraméterrel jól jellemezhető: a mérőeszköz modulációs átviteli függvényével /MÁF/ν/ és a siksugárforrás iránti érzékenységgel /S_a/. Mindkét jellemző meghatározható a vonaleloszlási függvény /$S_L/x,z//$ ismeretében[2]:

$$MÁF/\nu/ = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} S_L(x,z)\cos 2\pi\nu x \, dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} S_L(x,z)dx}, \qquad /1/$$

$$S_a = \int_x S_L(x,z)\, dx. \qquad /2/$$

Mint emlitettük, az $S_L/x,z/$ helyett használható a vele arányosan változó és könnyen mérhető $N_L/x,z/$ beütésszám-eloszlás is.

Feladatunknak tekintettük az uj magyar szines dot scanner /Gamma Müvek MB-8100 tipus/ kollimátorainak modulációs átviteli függvényeit és a siksugárforrás érzékenységét meghatározni, valamint azt, hogy a kvantitativ képkiértékelő módszerek milyen hatékonyak, mennyire javitják a MÁF/ν/ értékét. Primér adatnak vettük a scanner eredeti - gyári - beállitásában mért jellemzőket /MÁF/ν/, S_a/ és ezek ismeretében, hozzájuk viszonyitottuk a speciális beállitással kapható értékeket, illetve a számitógépes képkiértékelő eljárások hatásosságát. A mérési eredmény alapján javaslatot teszünk a kollimátorok különböző vizsgálatokra történő alkalmazására.

VIZSGÁLATI ESZKÖZÖK, MÓDSZEREK ÉS EREDMÉNYEK

Sugárforrásunk 25 cm hosszu, 1,5 mm átmérőjü üvegcsőbe /pipetta!/ töltött ^{131}I és $^{99}Tc^{m}$ izotópot tartalmazó radioaktiv folyadékból állt, amelynek radioaktiv koncentrációja 7,4-25,9 MBq/ml (0,2 - 0,7 mCi/ml) között változott. A sugárforrást különleges tartó szerkezetre helyeztük, amely lehetővé tette, hogy a 2 mm-es forrást reprodukálhatóan továbbitsuk. A vonalforrással a beütésszám-eloszlási függvényt /N_L/x,z//, a kollimátor felszinétől számitott 5 - 20 cm közötti, tengely menti távolságban, 2,5 cm-es lépésekben határoztuk meg.

A *spektrális analizist* a scanner eredeti elektronikája végezte, az analizált impulzusokat NK-350/B számlálón olvastuk le. A mérési időt minden esetben ugy állapitottuk meg, hogy a fókuszsikban, a kollimátor tengelyében mért beütésszám relativ statisztikus hibája kisebb legyen 0,5%-nál.

A *beütésszám-eloszlási függvényt* először levegőben /alapérték/, majd 5 cm vastagságu plexi abszorbens jelenlétében is meghatároztuk. Ez utóbbi esetben a spektrométert kétféleképpen állitottuk be:

1. a scanneren lévő izotópelőválasztásnak megfelelően /a fotocsucsra nézve szimmetrikus csatornabefogásban/;
2. aszimmetrikus energiabefogást alkalmaztunk, csak a fotocsucsnál nagyobb amplitudóju impulzusokat számoltuk.

A vizsgált négy kollimátor jellemző adatát az 1. táblázatban foglaltuk össze, mig a mérések eredményeiből számitott modulációs átviteli függvényeket /lásd I. rész/ az 1. - 4. ábra mutatja.

A siksugárforrás iránti érzékenységet nem a /2/ képletből számitottuk, hanem relativ értékét kisérleti uton határoztuk meg. Vonatkoztatási alapnak tekintettük az a53-as kollimátor érzékenységét /1,00/. Az érzékenység méréséhez 15x15 cm nagyságu, négyzet alaku szürőpapirra megfelelő aktivitásu radioaktiv oldatot itattunk fel egyenletesen. E siksugárforrást a kollimátor fókuszsikjába helyeztük, és a négyzet átlóinak metszéspontja fölé helyezett de-

tektorral meghatároztuk a beütésszámot. /Az érzékenység meghatározását csak az eredeti gyári spektrumbeállitással végeztük el./ A különféle kolimátorokkal mért beütésszámátlagok hányadosa a relativ sikérzékenység. Eredményeinket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A relativ sikérérzékenység

kollimátor tipusa	fókusztávolság /mm/	furatok száma	érzékenység	energia /keV/
F 272 a53	80	91	1,00	400
F 272 a54	125	61	1,83	400
F 272 a61	90	37	5,33	150
F 272 a62	130	163	0,83	400

A primér kollimátorjellemzők meghatározása mellett - mint már emlitettük - vizsgáltuk a számitógépes adatfeldolgozás modulációs átviteli függvényt javitó hatását is. A képjavitó eljárások közül[1,3,4,6] Iinuma, Nagai és Fukuda[4] differenciáloperátoros módszerét /gradiensmódszer/ alkalmaztuk, mivel korábbi munkánkban megállapitottuk[5], hogy e módszer teljesitőképessége - a gyakorlatban felmerülő képkiértékelési problémákban - nem marad el az iterációs módszerétől, ugyanekkor nagymértékben csökkenti az értékeléshez szükséges gépidőt.

A gradiensmódszer elsőfoku közelitésénél a mért G/x,y/ képfüggvényből az F/x,y/ javitott képfüggvény az

$$F/x,y/ = G/x,y/ - a \left\{ \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 G}{\partial y^2} \right\} \qquad /3/$$

összefüggésből kapható[4], ahol az a a kollimátor karakterisztikájára jellemző tényező. Az /x,y/ sikban szimmetrikus R/x,y/ kollimátorkarakterisztika-függvény esetén

$$a = \frac{M_{20}}{2\,M_{00}} = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} R(x,y)x^2\,dx\,dy}{\int_{-\infty}^{+\infty}\int_{-\infty}^{+\infty} R(x,y)\,dx\,dy} \cdot \qquad /4/$$

A bevezetett M_{oo} és M_{20} szimbólumok nulladrendü, illetve másodrendü momentumokat jelölnek.

A módszerhez - a többi képjavitó eljáráshoz hasonlóan - először tehát pontszerü sugárforrás esetén kell a lehető legpontosabban felvenni a mérhető beütésszám-eloszlást, az R/x,y/ kollimátorkarakterisztika-függvényt. Ennek felhasználásával /4/-ből számolható az a értéke. Körszimmetrikus kollimátor esetén belátható, hogy a /4/ kifejezés numerikusan könnyebben kezelhető

$$a = \frac{\int_{0}^{\infty} R(r)r^3\,dr}{4\int_{0}^{\infty} R(r)r\,dr} \qquad /5/$$

integrálok hányadosához vezet. Az /5/ egyenletben r a pontszerü sugárforrás és a kollimátor tengelyének távolsága.

A mért szcintigramkép, a G/x,y/ függvény javitásához még minden pontban ki kell számolni a képfüggvény x és y irányu második deriváltját, majd az a tényező ismeretében a javitott kép /3/-ból számitható.

Mivel az R/r/ kollimátorkarakterisztika-függvény, s ezért az a tényező a kollimátor konstrukcióján kivül függ a mért sugárzás energiájától is, az egyes kollimátorok a értékét különböző energiáju izotópok esetén is meghatároztuk. Méréseink eredményét a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat

a értéke /5/ egyenlet/, különböző kollimátorok esetén /$\Delta x = \Delta y = 2$ mm/

Izotóp* / Kollimátor	$^{99}Tc^m$	^{131}I
F 272-a53	2,16 ± 0,12	2,62 ± 0,09
F 272-a54	4,43 ± 0,12	5,11 ± 0,03
F 272-a61	5,17 ± 0,04	6,39 ± 0,05
F 272-a62	2,52 ± 0,07	2,84 ± 0,04

*A $^{99}Tc^m$ izotóp mérésekor aszimmetrikus fotocsucsbefogást alkalmaztunk /csatornaszélesség 140 - 200 keV/.

A ^{131}I vizsgálatát a scanner fotocsucs eredeti gyári beállitásában végeztük /csatornaszélesség 316 - 416 keV/.

Az a érték meghatározását mindkét izotóp esetében 5 cm vastagságu plexi szóró-elnyelő közeg jelenlétében végeztük el.

A képjavitó eljárásnak a modulációs átviteli függvényre gyakorolt hatását az alábbiak szerint vizsgáltuk: a már ismertetett vonalforrásról szcintigrammot készitettünk ugy, hogy az MB 8100 tipusu scanner jeleit, F-289-K tipusu számitógépes adapteren keresztül, NZ-326 tipusu perforátorral lyukszalagra rögzitettük. Ezen adatokból a SOTE R-20-as számitógépe elvégezte a képjavitást, majd kiirta mind az eredeti, mind a korrigált beütésszámokat. A képjavitáshoz először simitottuk az eredeti képet, majd a $\frac{\partial^2 G}{\partial x^2}$ és $\frac{\partial^2 G}{\partial y^2}$ értékeket minden egyes x és y pontban, összesen 5 környezeti pont alapján numerikusan közelitettük /egy központi és két-két x, illetve y tengelymenti mérési érték felhasználásával/. A képszéli hatás miatt a kép első és utolsó öt sorát figyelmen kivül hagyva az átlagos beütésszám-eloszlásból határoztuk meg a modulációs átviteli függvényt mind az eredeti, mind a korrigált adatokból. Eredményeinket az ábrák mutatják. A szemléletes összehasonlitás kedvéért a 3. táblázatban a vizsgált két térfrekvenciánál /0,2 és 0,5 cm^{-1}/ feltüntettük a fókuszsikra vonatkoztatott primér /eredeti/ és a számitógéppel javitott modulációs átviteli függvényértékeket.

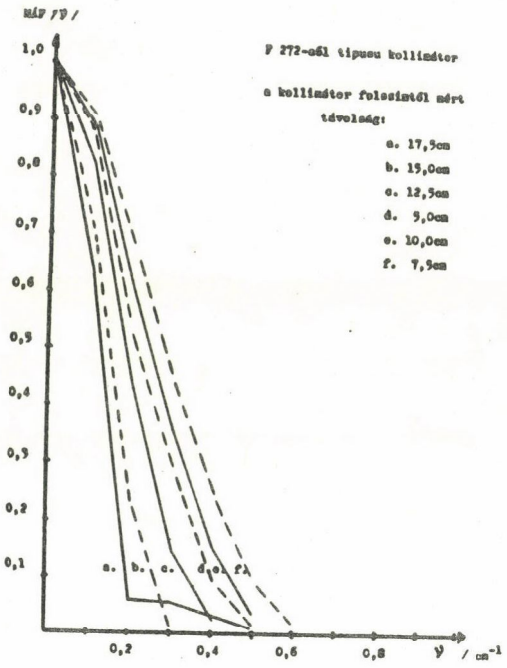
3. táblázat

^{131}I sugárforrással meghatározott modulációs átviteli függvényértékek

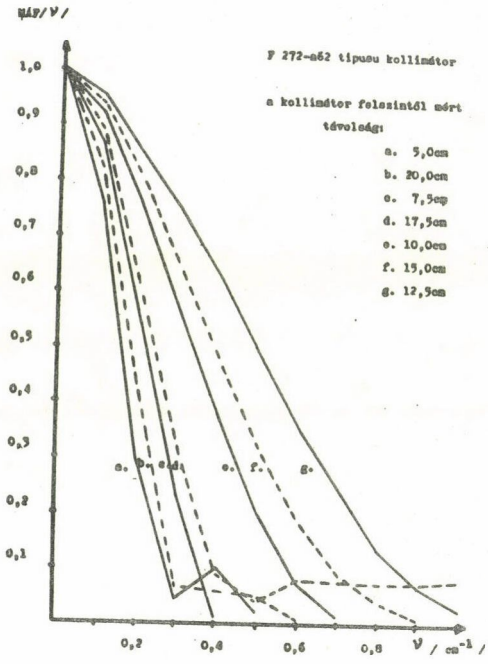
Kollimátor	Modulációs átviteli függvény		Térfrekvencia
	Eredeti	Számitógéppel javitott	
F 272-a53	0,70	0,77	0,2 cm^{-1}
F 272-a54	0,64	0,74	
F 272-a61	0,65	0,74	
F 272-a62	0,65	0,72	
F 272-a53	0,45	0,65	0,5 cm^{-1}
F 272-a54	0,13	0,35	
F 272-a61	0,10	0,20	
F 272-a62	0,41	0,58	

MEGBESZÉLÉS

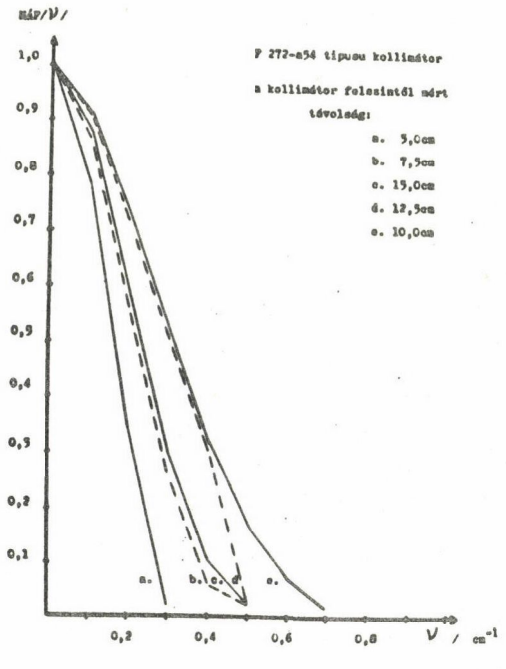
A kollimátorok teljesitőképességének összevetéséhez önkényesen két térfrekvenciát választottunk: 0,2 cm^{-1}-t és 0,5 cm^{-1}-. E két térfrekvencia közelitéssel megfelel 2,5 és 1,0 cm átmérőjü hideg terület kimutathatóságának. A modulációs átviteli függvények azt mutatják /2.,3. ábra/, hogy 0,2 cm^{-1} térfrekvenciánál mindegyik kollimátor alkalmas az inaktiv terület kimutatására, a 0,5 cm^{-1} térfrekvenciánál azonban a kimutatáshoz már csak a 91 és 163 furatu kollimátor teljesitőképessége megfelelő. A jó átviteli tulajdonság azonban csak a fókuszsik közvetlen közelére korlátozódik, e siktól bármely irányban eltérve a felbontóképesség rohamosan romlik /1.a/, 1.d/, 2., 3. ábra/.



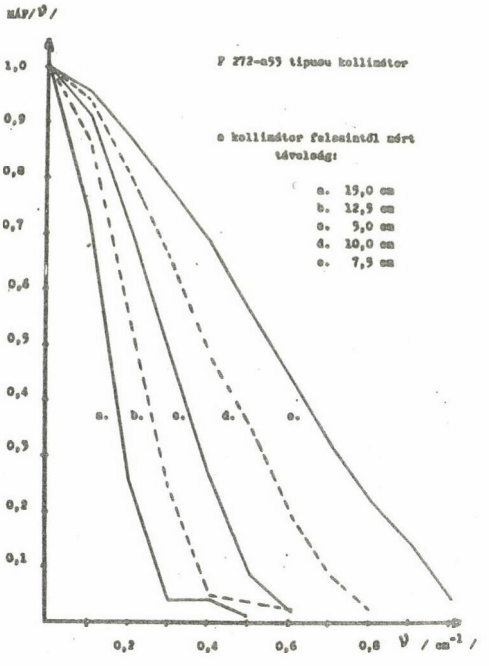
a /



b /



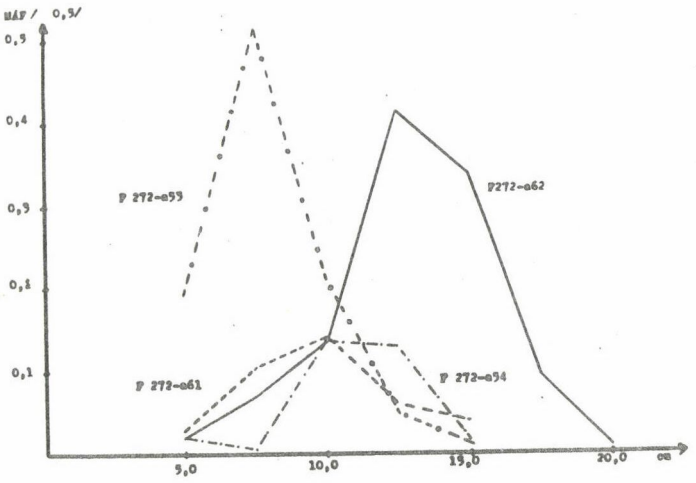
c /



d /

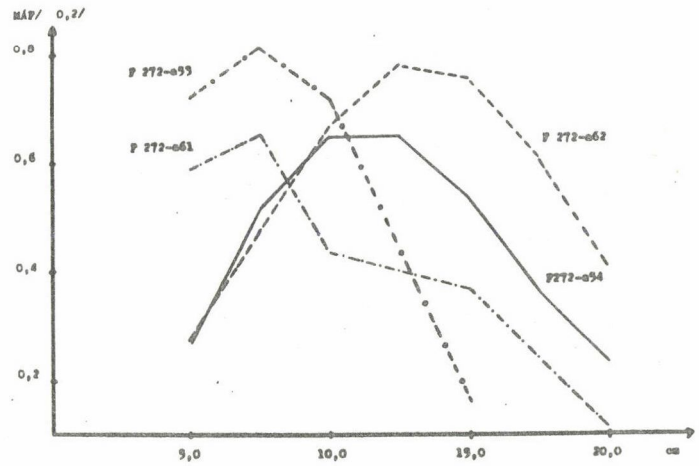
1. ábra

A vizsgált kollimátorok modulációs átviteli függvénye, a kollimátor felszínétől vett különböző távolságban /sugárforrás: $^{99}Tc^{m}$ levegőben/



2. ábra

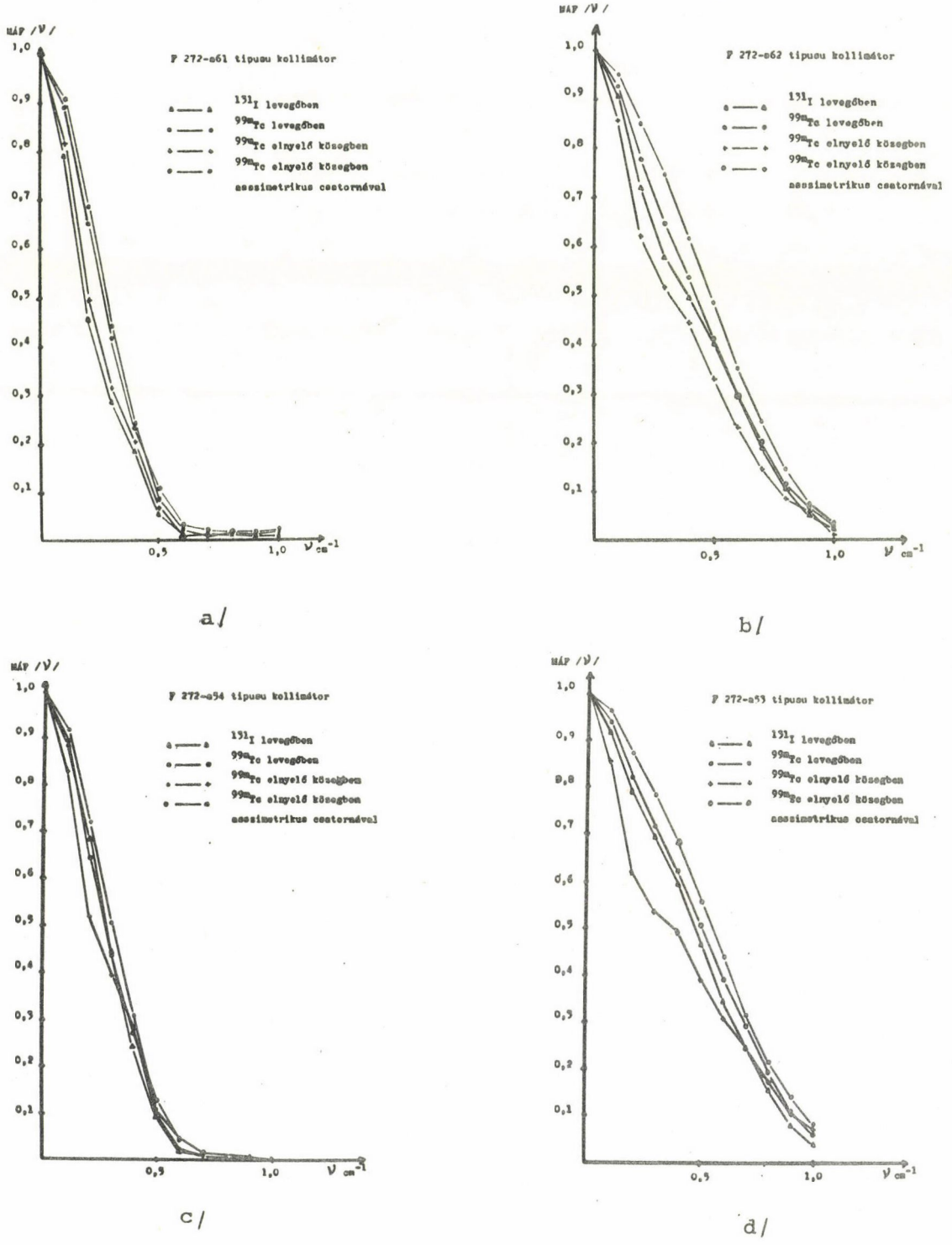
A modulációs átviteli függvény változása a kollimátor felszínétől mért távolsággal, 0,5 cm^{-1} térfrekvenciánál



3. ábra

A modulációs átviteli függvény változása a kollimátor felszínétől mért távolsággal, 0,2 cm^{-1} térfrekvenciánál

A 4. ábra alapján megállapithatjuk, hogy abszorbens jelenlétében a kollimátorok átviteli tulajdonsága romlik a levegőben mért értékhez képest. A modulációs átviteli képesség romlása elnyelő közeg jelenlétében a spektrumanalizis függvénye. Aszimmetrikus energiabefogással, ami lényegében kiküszöböli a szórt sugárzás felhasználását, jó közelitéssel elérhető a levegőben mért érték. A sugárzási energiának az információátvitelre gyakorolt hatását szintén ezeken az ábrákon követhetjük nyomon. A ^{131}I és $^{99}Tc^{m}$ izotóppal levegőben meghatározott görbék különbségét a kollimátor fali penetrációja okozza. Ennek következménye, hogy az átviteli képesség $^{99}Tc^{m}$-nél jobb, mint ^{131}I-nél.



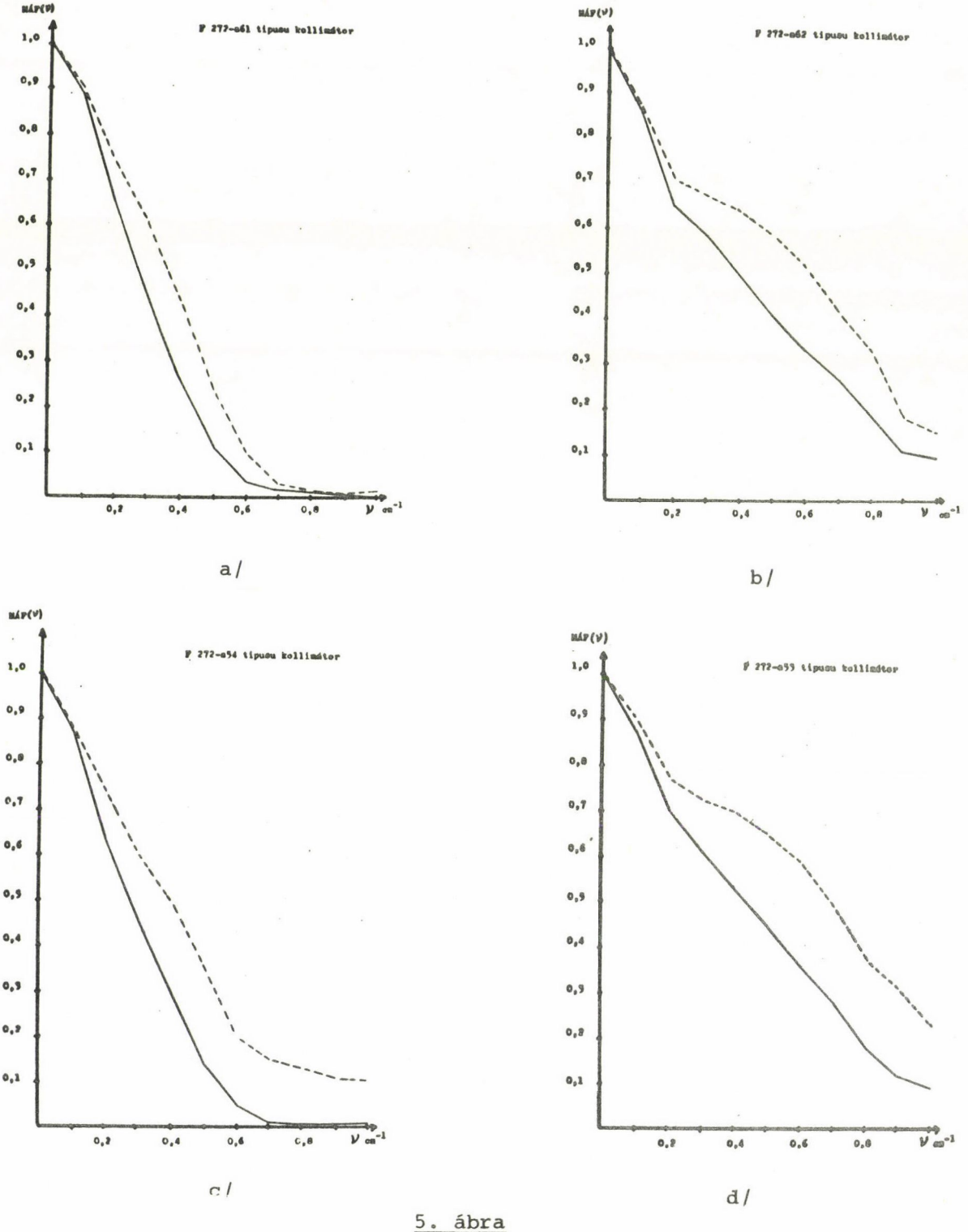
4. ábra

A vizsgált kollimátorok modulációs átviteli függvénye a fókuszsikban elhelyezett ^{131}I és $^{99}Tc^{m}$ izotópokkal meghatározva. $^{99}Tc^{m}$-nál a mérést 5 cm vastag plexi abszorbens jelenlétében és aszimmetrikus csatornabeállitással is elvégeztük.

A mélyben lévő, vastag szervek vizsgálatához szükséges "mélységélessége" csak a 61 furatu kollimátornak van. Érdemes megjegyezni azonban, hogy $^{99}Tc^{m}$-ot használva a vastag szervek vizsgálatára /pl. májszcintigráfia/ a 163 furatu kollimátornak jobb effektiv paraméterei vannak, mint a 61 furatunak. Összehasonlítva ugyanis a MÁF/ν/ értékének változását a mélységi paraméterrel /3. ábra/ azt látjuk, hogy aszimmetrikus csatornabefogást alkalmazva, 5 - 15 cm távolságon belül a 163-as kollimátor nem rosszabb, mint a 61-es. /Az összehasonlitást 0,2 cm^{-1} térfrekvenciánál végeztük el, ami megfelel kb. 2,5 cm-es inaktiv terület kimutatási lehetőségének/. Amennyiben az izotópot nem tartalmazó /hideg/ terület az 5 - 15 cm-es rétegen belül helyezkedik el, különösen a fókuszsik közelében, akkor a 163 furatu kollimátorral nagyobb valószinüséggel mutatható ki, mint a 61-essel. Hangsulyozzuk azonban, hogy ez az összehasonlitás csak rövid felezési idejü izotópnál /$^{99}Tc^{m}$, ^{113}In, stb./ helytálló, amikor a vizsgálathoz olyan izotópmennyiség adható veszélytelenül, amely ellensulyozhatja a 163 furatu kollimátor érzéketlenségét és a fotocsucs aszimmetrikus beállitásából adódó hatásfokcsökkenést.

A számitógépes adatfeldolgozás jelentőségét az 5. ábra és a 3. táblázat mutatja. 0,2 cm^{-1} térfrekvenciáig a kollimátorok átviteli tulajdonsága közel azonosan jó, s a javitott paraméterekben sincs lényeges különbség. A kisebb objektumok kimutatásánál /növekvő ν értéknél/ azonban egyre szembetünőbb az adatfeldolgozás információnövelő hatása. Tekintsünk példaképpen a 0,5 cm^{-1} térfrekvenciánál a 61 és a 163 furatu kollimátort. Amig a primér adatokban lényeges különbség van a két kollimátor teljesitőképessége között, addig a 61-es kollimátor javitott paramétere megközeliti a 163-as primér teljesitőképességét. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy a számitógépes javitással a 61 furatu kollimátor használatával elérhetjük a 163 furatu teljesitőképességét. Előny ebben az esetben a mintegy kétszeres érzékenységnövekedés. A nagyobb érzékenység lehetővé teszi a vizsgálati idő leröviditését vagy /és!/ a beteg sugárterhelésének csökkentését. Számitógépes értékeléssel természetesen a 163 furatu kollimátor teljesitőképessége még tovább fokozható. A kollimátorok közötti összevetés hasznos a teljesitőképesség felső határának becsléséhez is. 0,5 cm^{-1} térfrekvenciánál a 37 furatu kollimátorral maximálisan 0,2 modulációs átviteli érték érhető el. Amennyiben ennél jobb információátvitelre van szükség, akkor feltétlenül kollimátort kell cserélni, hogy a feladatot megoldhassuk.

A 4. táblázatban foglaltuk össze, hogy az MB-8100 tipusu scanner kollimátorait milyen vizsgálatokra tartjuk alkalmasnak. E besorolást a primér jellemzők alapján tettük meg. Az alkalmazási terület kibővitésére a számitógépes képjavitó eljárások adnak lehetőséget, melynek megitéléséhez a 3. táblázat adatai nyujtanak segitséget.



5. ábra

Az MB-8100 tipusu scanner kollimátorainak modulációs átviteli függvénye, levegőben elhelyezett ^{131}I sugárforrással meghatározva /folytonos görbe/. A szaggatott görbék a számitógépes képjavitó eljárás után mért modulációs átviteli függvényt mutatják. A görbék közötti különbség arányos a számitógépes eljárás információnövelő hatásával.

4. táblázat

Az MB 8100 tipusu scanner kollimátorainak felhasználhatósága

Kollimátor /furatszám/	Alkalmazási terület	Megjegyzés
F 272-a53 /91/	pajzsmirigy-szcintigráfia	bármely izotóppal használható
	veseszcintigráfia	főleg gyermekeknél
F 272-a54 /61/	májszcintigráfia tüdőszcintigráfia agyszcintigráfia hasnyálmirigy-szcintigráfia veseszcintigráfia	mind közepes, mind lágy γ-sugárzó izotópokhoz használható
F 272-a61 /37/	tumordiagnosztika	izotópot dusitó /pozitiv/ tumor kimutatására
F 272-a62 /163/	májszcintigráfia+ tüdőszcintigráfia+ veseszcintigráfia agyszcintigráfia pajzsmirigy-szcintigráfia	általában tomográfiás feladatokra alkalmas. +csak rövid felezési idejü izotópokkal /Tc, In/

A scanner kollimátorkészletét értékelve lényeges fejlődést állapithatunk meg a korábbi magyar scannerek kollimátoraihoz képest. A választékot - ugy gondoljuk - két ujabb kolimátorral lenne célszerü bőviteni: egy nagy érzékenységü, mély fókuszu kollimátorral és egy $^{99}Tc^{m}$ detektálására szerkesztett, nagy érzékenységü, mély fókuszu kollimátorral. Ez utóbbi felbontóképessége a jelenlegi 61 és 163 furatu kollimátorok teljesitőképessége közé essék. Kifejlesztését lényegesnek tartjuk sugárvédelmi szempontok alapján is, hogy rövid vizsgálati idővel a jelenlegihez viszonyitva kisebb sugárterheléssel lehessen a vizsgálatot elvégezni.

*

Köszönetet mondunk a mérésben és számitásban nyujtott gondos és lelkiismeretes munkáért Török Anna asszisztensnek és Gaszt Istvánné programozónak.

Köszönetünket fejezzük ki a Gamma Müveknek is, hogy az F-289-K tipusu számitógépes adapter kisérleti példányának rendelkezésünkre bocsátásával vizsgálatainkat lehetővé tették.

IRODALOM

1. *Csernay L., Csirik J.*, Iterációs eljárás a számitógépes szcintigráfiában. Orvos és Technika 10 /1972/ 65
2. *W.J. MacIntyre, S.O. Federuck, C.C. Harris, D.E. Kuhl, J.R. Mallard*, Sensitivity and Resolution in Radioisotope Scanning /A Report to the International Commission on Radiation Units and Measurements/, Nucl. Med. 8 /1969/ 99
3. *T.A. Iinuma, T. Nagai*, Repetitive Correction for a Finite Resolving Power of the Collimator in Scintiscanning, Int. J. Appl. Rad. Isotopes 18 /1967/ 325
4. *T.A. Iinuma, T. Nagai, N. Fukuda*, Digital Data Processing and Display in Radioisotope Imaging, Medical Radioisotope Scintigraphy I., IAEA, Vienna, 1969, 715
5. *Kanyár B., Krasznai I., Szilvási L.-né, Bános Cs.*, Különböző szcintigráfiás kollimátorok felbontóképességének javitása. "Számitástechnikai és kibernetikai módszerek alkalmazása az orvostudományban és a biológiában" c. kollokvium, Szeged, 1976, 547
6. *T. Nagai, T.A. Iinuma, S. Koda*, Computer Focusing for Area Scans, J. Nucl. Med. 9 /1968/ 507

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 63-72

A NUKLEÁRIS ÖSSZBEÜTÉSSZÁM-MÉRÉS MEGBÍZHATÓSÁGI HATÁRAI

Erbeszkorn L.
Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest

/Érkezett 1979. január 8-án/

Közelitő összefüggés 90, 95, 98 és 99%-is megbizhatósági szinten számitógéppel meghatározott értékek alapján.

Границы надежности для измерения интегральной скорости счета.
Эрбескорн, Л.

Приблизительные соотношения с надежностью в 90, 95, 98 и 99%, полученные из данных, определенных ЭВМ.

Limits of Reliability for the Measurement of Integral Count
Erbeszkorn, L.

Approximate relationships with 90, 95, 98 and 99% reliability from data given by computer.

BEVEZETÉS

Az atommag-átalakulás időbeli eloszlását a Poisson - összefüggéssel jellemezhetjük abban az esetben,

- ha a mérés időtartama a vizsgált izotóp felezési idejének ezredrészénél kisebb;
- ha a mérőrendszer holtideje a mérési eredményt csak ezreléknél kisebb mértékben befolyásolja;
- ha az időmérés bizonytalansága jelentősen kisebb, mint a beütésszám-mérés statisztikus hibája.

Az utóbbi két feltétel összevontan ugy is mondható, hogy az élőidőmérés bizonytalansága a mérési időtartamra vonatkoztatva elhanyagolható.

A fenti feltételek mellett az észlelt atommagátalakulásokra /beütésszámra/ érvényes a Poisson-összefüggés két alapvető jellemzője:

- az észlelt események egymástól függetlenek;
- a dt időintervallumban a bomlás észlelésének a valószínüsége $dt \cdot n_o$, ahol n_o az időegységre eső átlagos beütésszám, amelyet a statisztikus hiba miatt rendkivül hosszu mérésekkel is csak bizonyos hibakorláttal tudunk meghatározni.

Az irodalomban a Poisson-eloszlás megbizhatósági határait különböző megbizhatósági szinteken /.99,.95/, szimmetrikus módon /$\alpha_A = \alpha_F$/ és viszonylag kis számokig /30,50/ adták meg, táblázat vagy diagramm formájában[1-2].

A FELADAT

A nukleáris összbeütésszám-mérés bizonytalanságának megállapitásakor - különféle igényeknek megfelelően - három alapvető kérdés tehető fel:

1. adott megbizhatósági szinten milyen két megbizhatósági határ között van az észlelt beütésszám?
2. Adott megbizhatósági szinten milyen megbizhatósági határ felett van a mért beütésszám? Nem kisebb-e a megadott értéknél?
3. Adott megbizhatósági szinten milyen megbizhatósági határ alatt van a mért beütésszám? Nem nagyobb-e a megadott értéknél?

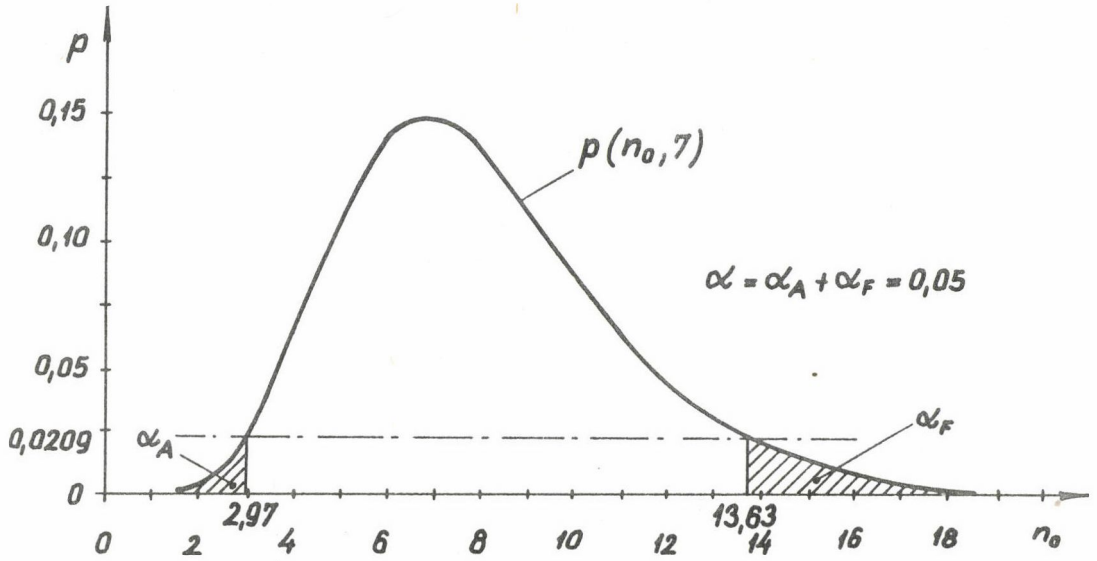
E kérdésekre a megfelelő válasz matematikai megfogalmazásban az alábbi:

1. keressük n_o függvényében a megfelelő Poisson-összefüggésnek azokat az értékeit, amelyeknél az eloszlás valószinüségi értékei azonosak, és az általuk az eloszlásból kizárt terület éppen megegyezik α-val, a konfidenciaparaméterrel /1. ábra/:

$$\alpha = \alpha_A + \alpha_F \ . \qquad /1/$$

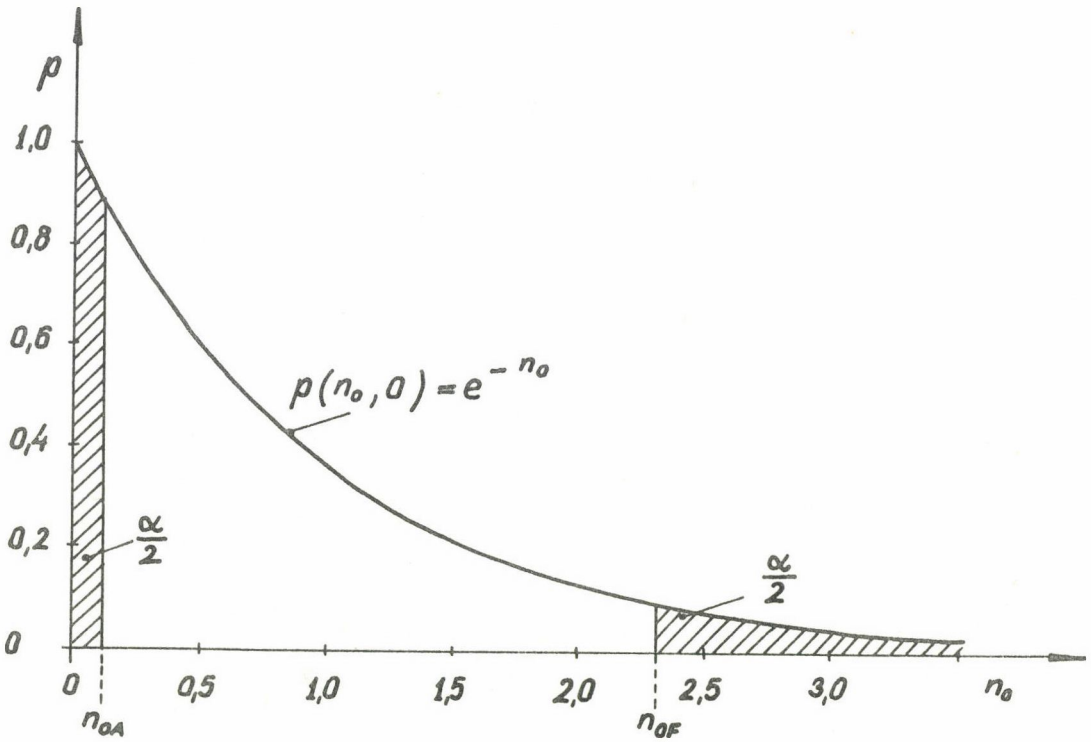
Az eloszlás azonos valószinüségi értékeinek a megkeresése másképpen fogalmazva azt jelenti, hogy a teljes eseményrendszerből azokat az eseményeket zárjuk ki, amelyek a legkisebb valószinüségüek. Ez a megfogalmazás általános érvényünek látszik, mert mind a többdimenziós eloszlások megbizhatósági tartományainak[3], mind speciális eloszlások /pl. a O beütésszámhoz tartozó várhatóérték sürüségfüggvénye/ megbizhatósági határainak meghatározásakor problémamentesen alkalmazható. Ha ugyanis egy időintervallumban O beütésszámot mérünk, és az alsó és felső megbizhatósági határt az alsó és felső kizárt terület azonossága alapján határoznánk meg /2. ábra/, akkor, furcsa módon, az alsó határra O mért érték mellett O-nál nagyobb számot kapnánk, és a sürüségfüggvényből éppen a legnagyobb valószinüségü eseményeket zárnánk ki.

2. Keressük n_o függvényében a megfelelő Poisson-összefüggésnek azt a határértékét, amely alatt az eloszlásból kizárt terület éppen megegyezik a konfidenciaparaméter értékével /3. ábra/.



1. ábra

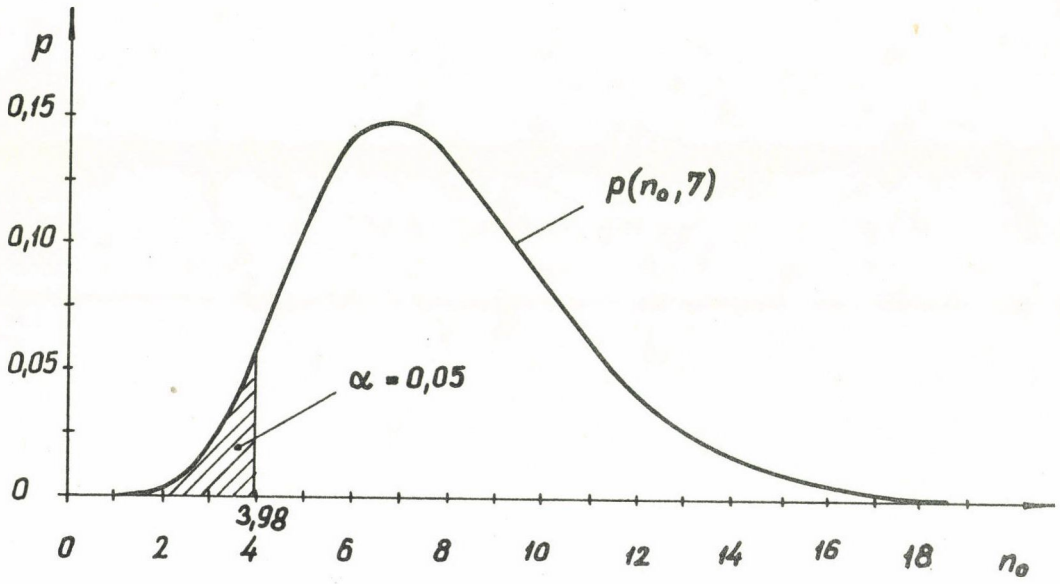
Az 1. feladatnak megfelelő kétoldali megbizhatósági határok /1. táblázat/



2. ábra

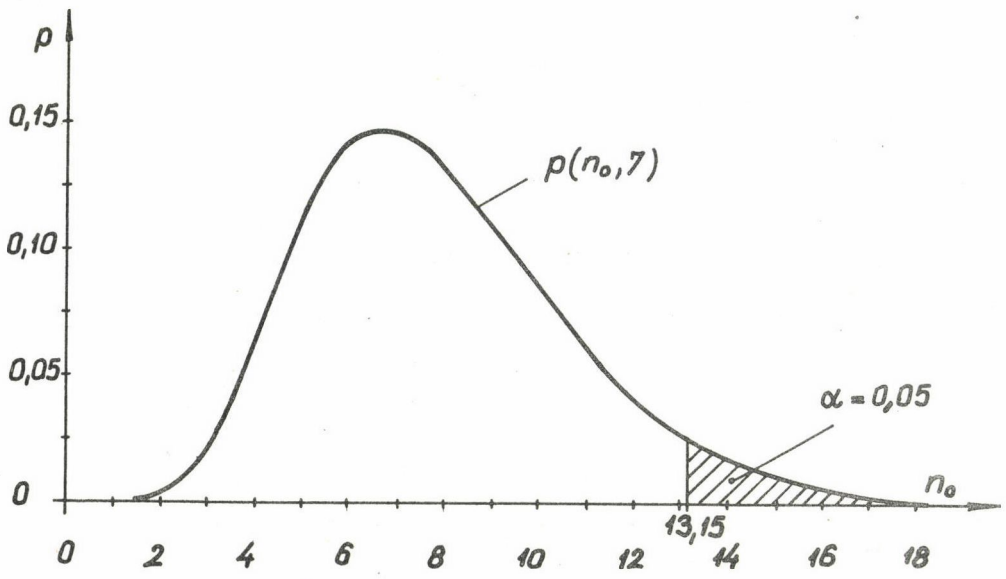
Példa a helytelen megbizhatósági határ számitására

3. Keressük n_o függvényében a megfelelő Poisson-összefüggésnek azt a határértékét, amely felett az eloszlásból kizárt terület éppen megegyezik a konfidenciaparaméter értékével /4. ábra/.



3. ábra

A 2. feladatnak megfelelő egyoldali alsó megbizhatósági határ



4. ábra

A 3. feladatnak megfelelő egyoldali felső megbizhatósági határ

A MEGBÍZHATÓSÁGI HATÁROK KISZÁMÍTÁSA

A megbizhatósági határok kiszámitásánál a méréstechnikai és a mérnöki gyakorlatnak megfelelő végeredmény elérését tüztem ki célul lehetőleg minimális időráforditással. Ezért a matematikai összefüggések levezetése, kiszámitása egyszerübben és célszerübben is végrehajtható, sőt, az adott feltételek mellett, az egzakt végeredmény matematikai uton való meghatározása sem elképzelhetetlen. Ezek előrebocsátása után röviden ismertetem a megoldást.

Tételezzük fel, hogy a méréskor a mérési idő alatt, amelyet az egyszerüség kedvéért egységnyinek veszünk, n_M eseményt észlelünk. Nem ismerjük viszont n_o-át, az átlagos eseményszámot, amelynek értékét szeretnénk meghatározni a fent részletezett feltételek mellett. Matematikai megfogalmazásban a Poisson-összefüggés:

$$p/n_o,\ n_M/ = \frac{n_o^{n_m}}{n_M!}\, e^{-n_o} . \qquad /2/$$

Az 1. esetet tekintve /2. oldal/, az alsó határ:

$$\int_o^{n_{oA}} p/n_o,\ n_M/\ dn_o = \alpha_A, \qquad /3/$$

a felső határ :

$$\int_o^{n_{oF}} p/n_o,\ n_M/\ dn_o = 1-\alpha_F . \qquad /4/$$

Mivel a két határértéknél a valószinüségnek azonosnak kell lennie, további megkötés:

$$\frac{n_{oA}^{n_M}}{n_M!} = e^{-n_{oA}} = \frac{n_{oF}^{n_M}}{n_M!}\, e^{-n_{oF}} . \qquad /5/$$

Az integrálást külön-külön az $n_M = 1,2,3,\ldots$ rögzitett érték mellett elvégezve[4] következtethetünk az általános n_M értékre, és megállapithatjuk az alapösszefüggéseket a számitáshoz:

$$e^{-n_{oA}} = \frac{1-\alpha_A}{1 + n_{oA} + \frac{n_{oA}^2}{2!} + \frac{n_{oA}^3}{3!} + \ldots + \frac{n_{oA}^{n_M}}{n_M!}} , \qquad /6/$$

illetve

$$e^{-n_{oF}} = \frac{\alpha_F}{1 + n_{oF} + \frac{n_{oF}^2}{2!} + \frac{n_{oF}^3}{3!} + \ldots + \frac{n_{oF}^{n_M}}{n_M!}} , \qquad /7/$$

ahol a /6/ és /7/ összefüggés nevezőjében jól felismerhetően e $^{n_{oA}}$, illetve e $^{n_{oF}}$ hatványsorának n_M-edrendü tagja szerepel.

A 2. és 3. esetben értelemszerüen a /6/ és /7/ összefüggés önálló megoldása adja a feladat végeredményét $\alpha_A = \alpha$ és $\alpha_F = \alpha$ helyettesitéssel.

Az 1. esetben az /1/, /5/, /6/ és /7/ egyenlet együttes figyelembevétele szolgáltatja a keresett határértéket.

A feladat megoldását RX-01 tipusu, kettős flopy diszkkel kiegészitett, PDP 11/05 DEC /Digital Eqipment Corporation/, 16 kword kapacitásu számitógéppel végeztem el, FORTRAN IV nyelven, kettőzött pontossággal.

Az összefüggéseket kielégitő értékeket interpolációs és extrapolációs módszerrel kerestem meg[5]. A programba épitett hibakorlátokat ugy választottam meg, hogy eltérő induló értékekből kiindulva a program három tizedesre megegyező értéket szolgáltasson eredményül.

A megfelelő megbizhatósági határok rendelkezésre állnak 90, 95, 98 és 99%-os megbizhatósági szinten, egészen a 300-as értékig, a program képes azonban még 30 000-es értékek számitására is.

Példaképpen az 1. táblázat tartalmazza a kétoldali megbizhatósági határokat n_M = 0-tól 80-ig, 99%-os megbizhatósági szinten.

Mivel a táblázatok[5] kezelése nehézkes, a gyakorlat számára célszerübb közelitő összefüggéseket keresni. Egy kis ügyeskedéssel az 1. esetre, a kétoldali megbizhatósági határokra, az alábbi közelitő összefüggés irható fel:

$$n_{oF/A} = \left[n_M + A + \frac{0{,}055}{\sqrt{n_M} - 0{,}55} + B \cdot 10^{-4 n_M} \right] \pm \left[D \sqrt{n_M} + \frac{E}{\sqrt{n_M} - 0{,}087} + F \cdot 10^{-4 n_M} \right], \qquad /8/$$

mig a 2. és 3. esetre, az egyoldali megbizhatósági határokra, összevontan a következő összefüggés érvényes:

$$n_{oF/A} = \left[n_M + a + \frac{b}{n_M + c} \right] \pm \left[d \sqrt{n_M} + \frac{e}{\sqrt{n_M} + f} \right] . \qquad /9/$$

A közelitő összefüggésekből számolt megbizhatósági határok eltérése a ténylegestől kisebb, mint 0,07, ami a gyakorlat számára elegendő.

A /8/ és /9/ egyenletben szereplő állandók értékét a 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A kétoldali megbizhatósági határok 99%-os megbizhatósági szinten, 0-tól a 80-as mért értékig

n_{oA}	n_M	n_{oF}	n_{oA}	n_M	n_{oF}
0,00	0	4,61			
0,01	1	6,64	26,62	41	59,82
0,13	2	8,45	27,42	42	61,02
0,39	3	10,15	28,22	43	62,21
0,75	4	11,77	29,03	44	63,41
1,17	5	13,33	29,83	45	64,60
1,65	6	14,84	30,64	46	65,79
2,16	7	16,32	31,46	47	66,98
2,70	8	17,77	32,27	48	68,16
3,27	9	19,20	33,09	49	69,35
3,86	10	20,60	33,90	50	70,53
4,48	11	21,98	34,72	51	71,71
5,10	12	23,35	35,55	52	72,89
5,75	13	24,71	36,37	53	74,06
6,40	14	26,05	37,19	54	75,24
7,07	15	27,38	38,02	55	76,41
7,75	16	28,70	38,85	56	77,58
8,43	17	30,01	39,68	57	78,75
9,13	18	31,32	40,51	58	79,92
9,84	19	32,61	41,34	59	81,09
10,55	20	33,90	42,17	60	82,26
11,27	21	35,18	43,01	61	83,42
11,99	22	36,45	43,85	62	84,59
12,72	23	37,72	44,68	63	85,75
13,46	24	38,98	45,52	64	86,91
14,20	25	40,24	46,36	65	88,07
14,95	26	41,49	47,20	66	89,23
15,70	27	42,74	48,05	67	90,38
16,46	28	43,98	48,89	68	91,54
17,22	29	45,22	49,74	69	92,69
17,98	30	46,45	50,58	70	93,85
18,75	31	47,68	51,43	71	95,00
19,52	32	48,91	52,28	72	96,15
20,30	33	50,14	53,13	73	97,30
21,08	34	51,36	53,98	74	98,45
21,86	35	52,57	54,83	75	99,60
22,65	36	53,79	55,68	76	100,75
23,44	37	55,00	56,53	77	101,90
24,23	38	56,21	57,39	78	103,04
25,02	39	57,41	58,24	79	104,19
25,82	40	58,62	59,10	80	105,33

ÖSSZEFOGLALÁS

A mért nukleáris beütésszám megbizhatósági határainak meghatározására szolgáló /8/ és /9/ közelitő összefüggés lehetővé teszi az összbeütésszám-mérés megbizhatósági határainak pontos és gyors számitását akár zsebszámológéppel is.

2. táblázat

A megbizhatósági határok számitására szolgáló közelitő összefüggések együtthatói 90, 95, 98 és 99%-os megbizhatósági szinten

Együtthatók a /8/ egyenlethez	A	B	D	E	F
90%	0,89	0,36	1,645	0,255	4,08
95%	1,28	0,32	1,960	0,366	5,70
98%	1,80	0,26	2,326	0,536	8,12
99%	2,21	0,19	2,576	0,677	10,08

Együtthatók a /9/ egyenlethez	a	b	c	d	e	f
90%	1,214	-0,0037	0,059	1,282	0,566	0,492
95%	1,569	-0,026	0,373	1,645	0,806	0,538
98%	2,073	-0,085	0,724	2,054	1,137	0,581
99%	2,471	-0,140	0,836	2,326	1,413	0,614

Az alkalmazáskor ügyelni kell, hogy a megbizhatósági határok csak a kiindulási feltételeknek megfelelő körülmények között érvényesek, azaz egy időintervallumban /vagy különböző időintervallumok összegzett ideje alatt/ észlelt összbeütésszám /vagy összegzett beütésszám/ értékére vonatkoznak.

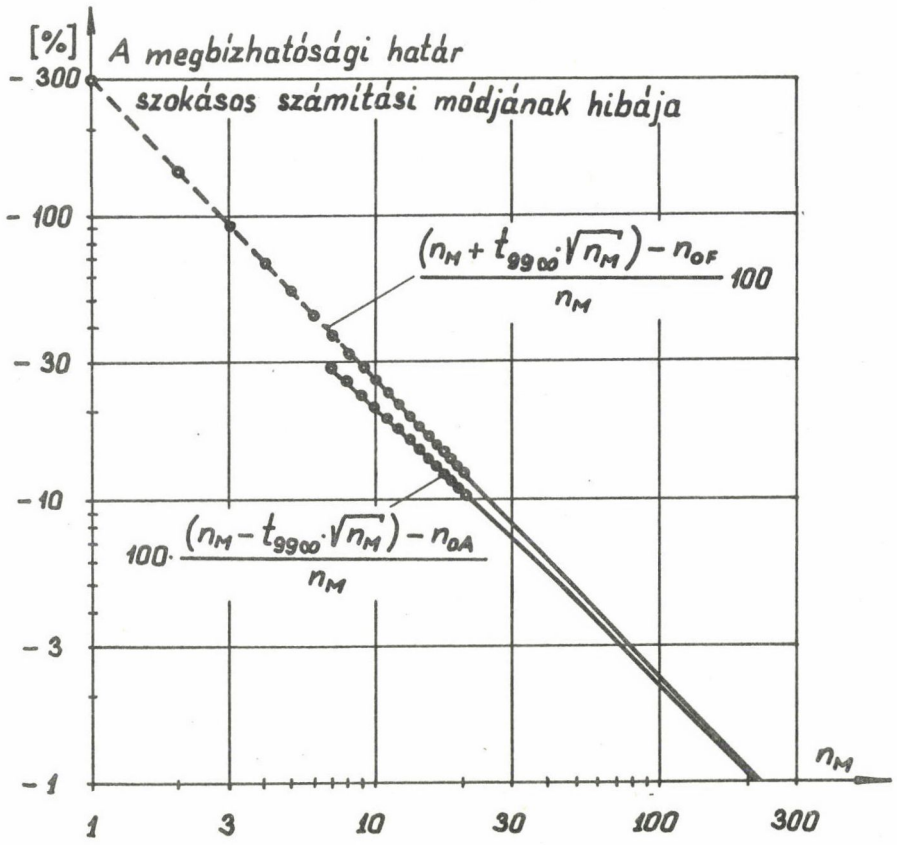
Például legyen:

	t /mérési idő; s/	n_M /beütésszám/
	10	3
	10	10
	10	5
	10	5
	20	18
	20	11
Σ	80	52

Az 1. táblázatból az alsó határ 36, a felső határ 73 az 52-es összbeütésszámra, azaz 0,45 és 0,91 beütésszám/s érték között van az átlagbeütésszám, 99%-os megbizhatósági szinten. Beütésszám-különbség megbizhatósági határainak számitására a módszer nem alkalmazható. Ha a háttér-beütésszámot egyéb módszerekkel /árnyékolás, stb./ nem sikerül elhanyagolhatóvá tenni, akkor az adott megbizhatósági határok a háttér és a hasznos beütésszám együttes értékére vonatkoznak.

Az 5. ábrán láthatjuk, hogy a zárójelben szereplő, szokásos megbizhatósági határ és a tényleges, Poisson-összefüggés alapján meghatározott határ között hány százalék eltérés van a mért értékre vonatkoztatva. Az alsó görbe $n_M = 7$ érték alatt megszakad, mert a szokásos számitási mód már értelmetlen negativ határokat eredményez. Megállapitható, hogy különösen kicsi beütésszámnál az eltérés egyre jelentősebbé válik, ezért, ha a mért beütésszám 250 alatt van, akkor át kell térni a fent megadott közelitő összefüggésekre.

A /8/ és /9/ összefüggésből levonható az a következtetés, hogy a Poisson- és a Gauss-eloszlás alapján számolt megbizhatósági határok közötti eltérés n_M növekedésével állandó értékhez tart /A, illetve a/. D és d értéke a Gauss-eloszlásra vonatkozó, $n_M = \infty$-hez tartozó, adott megbizhatósági szintü két-, illetve egyoldali Student-faktor.



5. ábra

A megbizhatósági határ szokásos számitási módjának az eltérése a tényleges értékektől, 99%-os megbizhatósági szinten, a mért beütésszámra vonatkoztatva, a mért beütésszám függvényében.

IRODALOM

1. *W.H. Beyer* /Szerk./, Handbook of Tables for Probability and Statistics, The Chemical Rubber Co., 1966
2. *E.S. Pearson, Hartley*, Biometrical Tables for Statisticians, Cambridge University Press, 1954. 1.k.
3. *Erbeszkorn L.*, Confidence Regions of the Multivariate Normal Distributions, Problems of Control and Information Theory, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1978 7.k. 103.o.
4. *I.N. Bronstein, K.A. Szemengyajev*, Matematikai Zsebkönyv, Müszaki Könyvkiadó, Budapest , 1975
5. *Erbeszkorn L.*, A nukleáris beütésszám megbizhatósági határainak számitása, OMH Közlemény, 7804

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 73-78

SUGÁRZÁSSAL CSÖKKENTETT TOXICITÁSÚ ENDOTOXIN /LPS/ KÉSZÍTMÉNYEK HATÁSA ÉP ÉS BESUGÁRZOTT PATKÁNY IMMUNVÁLASZÁRA

Elekes E., Bertók L.
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest

/Érkezett 1979. március 16-án/

Összehasonlitották a toxikus LPS humorális immunválaszt serkentő hatását az 50, 100, 150, 200 kGy /5, 10, 15, 20 Mrad/ sugárdózissal detoxifikált LPS készitmény adjuváns hatásával ép és szubletálisan besugárzott patkányban. A sugárdózis növelésével csökken a készitmények immunstimuláló hatása, de besugárzott állatban még a legnagyobb dózissal /200 kGy/ detoxifikált készitmény is kifejezetten adjuváns hatású.

Изучение влияния сниженной облучением токсичности эндотоксиновых препаратов на иммуноответ нормальных и облученных крыс
Элекеш, Э., Берток, Л.

Сравнение действия токсичного и радиодетоксифицированного с помощью ^{60}Co γ-облучения эндотоксинов на нормальных и облученных дозами 50, 100, 150 и 200 кГя /5, 10, 15 и 20 Мрад/ крысах. При увеличении дозы облучения иммуностимулирующий эффект эндотоксина снижается. Однако, детоксифицированный даже при самой высокой дозе эндотоксин /200 кГя/ еще способен проявить адъювантный эффект в облученных крысах.

Effect of Endotoxin Preparations /LPS/ with Irradiation Decreased Toxicity on the Immune Response of Normal and Irradiated Rats
Elekes, E., Bertók, L.

Comparison of the immunostimulating effect of parent and radiodetoxified with 50, 100, 150 and 200 kGy /5, 10, 15 and 20 Mrad/ ^{60}Co γ-rays endotoxin preparations in normal and irradiated rats. By increasing the dose of irradiation the immunostimulating effect decreased. The preparations detoxified even with the highest /200 kGy/ dose had got pronounced adjuvant effect in irradiated animals.

A bakteriális endotoxinok immunválaszt serkentő hatása már régóta ismert. Ennek a felismerésnek a gyakorlatban való felhasználhatóságát azonban nagy mértékben csökkentette az a tény, hogy az endotoxin e kedvező hatása mellett sok hátrányos tulajdonsággal is rendelkezik. Ezek közül a legjelentősebb az endotoxin toxikus és lázkeltő volta. Igy érthető, hogy számos kisérlet történt a toxicitás csökkentésére. E kisérletek egy részében a méregtelenitett endotoxin származék megőrizte immunológiai adjuváns hatásának legnagyobb részét[1,8], mig más detoxifikálási módok a toxicitás csökkenésével egyidőben az antigenitás és immunválaszt serkentő hatás csökkenéséhez is vezettek[9,10]. Korábbi kisérleteinkben[4] összehasonlitottuk a toxikus endotoxin /LPS/ hatását a kálium-metiláttal és az 5 Mrad ^{60}Co γ-besugárzással detoxifikált készitményével. Megállapitottuk, hogy amig a kálium-metiláttal detoxifikált készitmény adjuváns hatása jelentősen csökkent, addig a sugárdetoxifikált készitményé csaknem változatlan maradt.

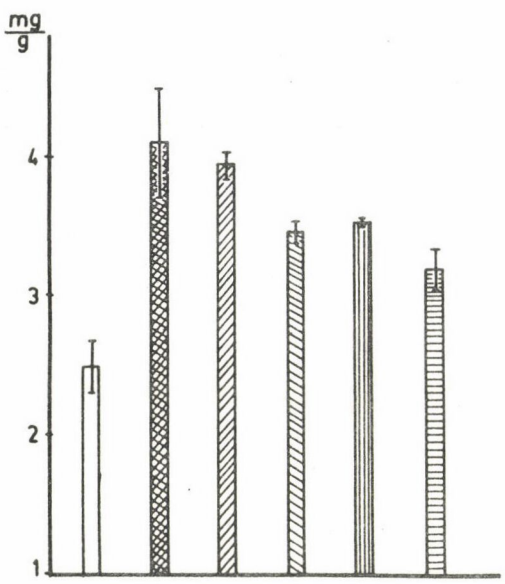
Jelen munkánknak az volt a célja, hogy megvizsgáljuk, vajon a sugárdózis növelésével csökken-e, s ha igen, milyen mértékben az LPS készitmények immunstimuláló hatása.

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Kisérleteinkhez 96 db 165-200 g sulyu, R/AxLE/H F_1 hibrid /LATI, Gödöllő/ nőstény patkányt használtunk. Az állatok granulált patkánytápot /LATI, Gödöllő/ és vizet ad libitum fogyaszthattak. Besugárzásuk ^{60}Co γ-sugárforrásban 7,01 Gy /701 rad/ dózissal történt, 21 nappal az immunizálás előtt. Az LPS-t E.coli 089 törzs fermentor tenyészetéből Westphal és munkatársai[11] meleg fenolvizes módszerével állitottuk elő. Az endotoxin készitményt Bertók és munkatársai[2] módszere szerint ^{60}Co γ-sugárforrásban /NORATOM 3500/ detoxifikáltuk, 50, 100, 150, 200 kGy /5,10,15,20 Mrad/ dózissal. A detoxifikálás mértékét az LD_{50} érték patkányon történő meghatározásával állapitottuk meg[5]. A patkányokat 4.10^8 birka vörösvértesttel /bvvt/ intravénásan /i.v./ immunizáltuk. Adjuvánsként ugyancsak i.v. a toxikus vagy detoxifikált készitmény 100 µg-ját adtuk. Az immunizálást követő 5. napon véreztettük el állatainkat. Meghatároztuk a relativ lépsulyt /nedves lépsuly mg/testsuly g/, a lép hemolizintermelő sejtjeinek számát Jerne és munkatársai[7], illetve Dresser és Wortis[3] módszerével. A szérumok hemolizinszintjét mikromódszerrel határoztuk meg, 2-merkaptoetanollal /ME/ való kezelés előtt és után[6].

EREDMÉNYEK

Kisérleteink első részében ép immunrendszerü patkányban határoztuk meg a detoxifikált készitmények hatását. Mint az 1. ábrából látható, a relativ lépsuly az LPS besugárzási dózisának növelésével csökken, de még a 200 kGy-jel /20 Mraddal/ besugárzott készitménynek is volt relativlépsuly-növelő hatása.



1. ábra

A relativ lépsuly változása ép immunrendszerü, 4.10^8 birkavörösvértesttel immunizált, 100-100 µg toxikus vagy sugárdetoxifikált endotoxin készitménnyel kezelt patkányokban.
Az ordinátán a relativ lépsulyt /lépsuly/mg testsuly g/ ábrázoltuk. Minden oszlopon 6-6 patkány átlagát és az SE értékeket tüntettük fel.

= birkavörösvértest /bvvt/

= endotoxin /LPS/+bvvt

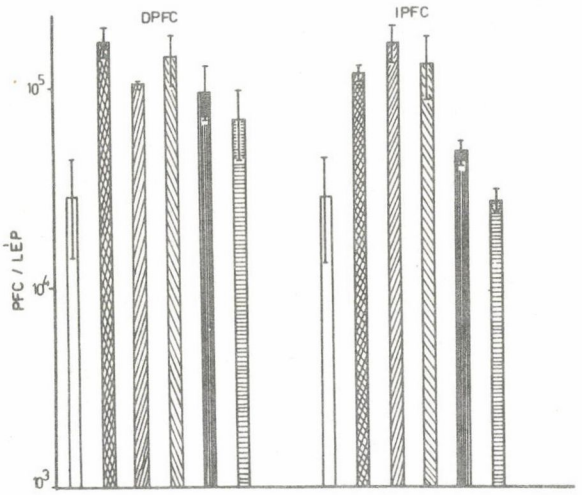
= 50 kGy /5 Mrad/ sugárdózissal detoxifikált LPS+bvvt

= 100 kGy /10 Mrad/ sugárdózissal detoxifikált LPS+bvvt

= 150 kGy /15 Mrad/ sugárdózissal detoxifikált LPS+bvvt

= 200 kGy /20 Mrad/ sugárdózissal detoxifikált LPS+bvvt

A lép hemolizintermelő sejtjeinek számára a kisebb sugárdózissal detoxifikált készitmények kifejezettebb, a toxikustól kevésbé eltérő hatást gyakoroltak, amint azt a 2. ábra mutatja. A 150 és 200 kGy /15 és 20 Mrad/ sugárdózissal méregtelenitett készitménynek különösen az indirekt hemolizintermelő sejtekre gyakorolt hatása csökkent jelentősen. A 200 kGy-jel /20 Mraddal/ méregtelenitett készitmény pedig ebben a paraméterben már nem is mutatott adjuváns hatást. Ugyanakkor a szérum hemolizinszintjére gyakorolt serkentő hatás /3. ábra/ a merkaptoetanol-rezisztens /MER/ hemolizinszintben jut kifejezésre. Ez esetben, a lépre gyakorolt hatástól eltérően, a 200 kGy-jel /20 Mraddal/ besugárzott készitménynek is kimutatható volt az immunstimuláló hatása.



2. ábra

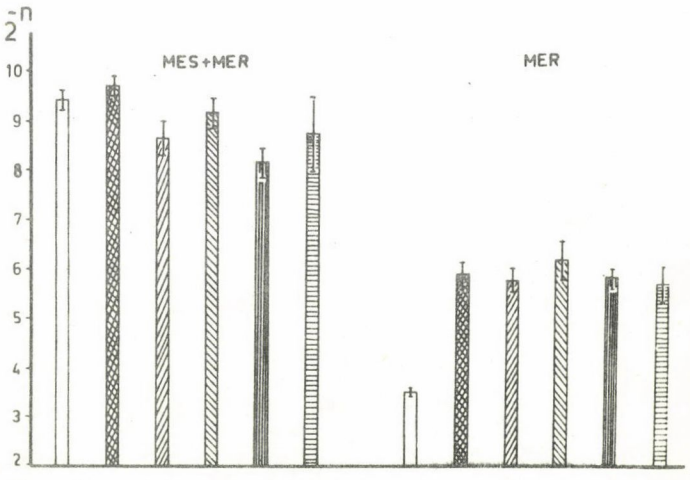
A lép direkt /DPFC/ és indirekt /IPFC/ hemolizintermelő sejtjei számának változása ép immunrendszerü patkányban, toxikus vagy sugárdetoxifikált LPS preparátumok hatására, bvvt-re kialakuló immunválaszban.

Az ordinátán a teljes lépben található hemolizintermelő sejtszámot tüntettük fel. Minden oszlop 6-6 patkány átlagát és az SE értéket tükrözi. Az egyes csoportok jelölése megegyezik az 1. ábráéval.

3. ábra

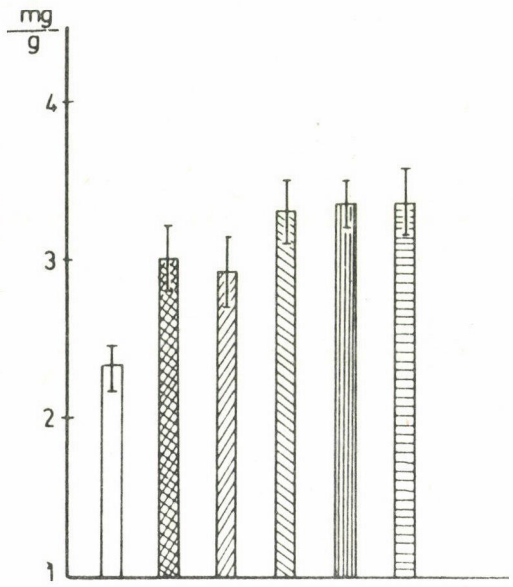
A bvvt-vel történt immunizálás után kialakuló szérumhemolizin-szintre gyakorolt toxikus vagy sugárdetoxifikált LPS hatás ép immunrendszerü patkányban.

Az ordinátán a 2-es alapu logaritmusban kifejezett hemolizin titerértéket tüntettük fel. A merkaptoetanol szenzitiv+merkaptoetanol rezisztens /MES+MER/ hemolizinszint a teljes értéket jelenti. A MER érték a kezelés utáni szintet tükrözi. Minden oszlop 6-6 állat átlagát és az SE értéket tünteti fel. Az egyes csoportok jelölése megegyezik az 1. ábráéval.



Kisérletünk második részében a besugárzott és már regenerálódó szervezet immunválaszának adjuválhatóságát követtük nyomon. Az állatok besugárzása utáni 21. napon mindegyik endotoxin készitmény kifejezetten növelte a relativ lép-

sulyt /4. ábra/. A lép ellenanyagtermelő sejtjeire gyakorolt hatás mind a direkt, mind az indirekt hemolizintermelő sejtek számának kifejezett növelésében nyilvánul meg. A 200 kGy-jel /20 Mrad-dal/ detoxifikált készitmény hatása is nagyon kifejezett. A besugárzás utáni 21. napon az immunrendszer regenerációja még nem érte el azt a szintet, hogy adjuváns kezeléssel a szérumban a MER hemolizin kimutathatóvá váljék. A szérum teljes hemolizinszintjét azonban, mint azt a 6. ábrán láthatjuk, mindegyik készitmény /50, 100, 150 és 200 kGy-jel detoxifikált/ kifejezetten emelte, bár a sugárdózis növelésével mérsékelt hatáscsökkenést figyelhettünk meg.



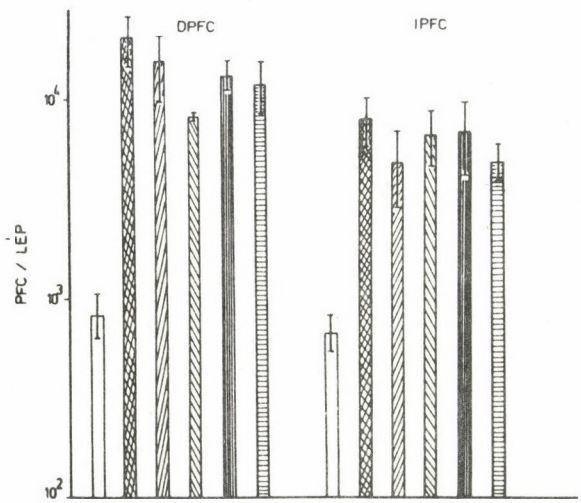
4. ábra

A relativ lépsuly változása szubletálisan besugárzott 7,01 Gy /701 rad/ patkányokban, a besugárzást 21 nappal követő bvvt /4.10^8/ és toxikus vagy sugárdetoxifikált endotoxin-/100-100 µg/ kezelést követően.

Az ordinátán a lépsuly/testsuly értéket tüntettük fel. Minden oszlop 10-10 patkány átlagát és az SE értékeket tükrözi. A besugárzást követően az egyes csoportok jelölése megegyezik az 1. ábráéval.

MEGBESZÉLÉS

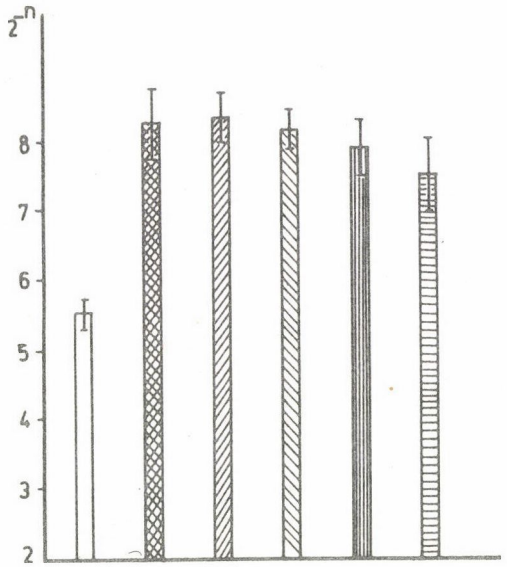
Kisérleteink célja az volt, hogy nyomon kövessük, milyen mértékben változik a sugárdózis növelésével az endotoxin preparátumok adjuváns hatása. Megállapithattuk, hogy ép immunrendszerü patkányainkban kifejezettebben csökken a készitmények hatása, mint besugárzott állatokban. A 200 kGy /20 Mrad/ sugárdózissal méregtelenitett



5. ábra

A lép direkt /DPFC/ és indirekt /IPFC/ hemolizintermelő sejtjei számának változása szubletális besugárzás után 21. nappal végzett bvvt és toxikus vagy sugárdetoxifikált LPS kezelést követően.

Az ordinátán a teljes lépben található hemolizintermelő sejtszámot tüntettük fel. Minden oszlop 10-10 patkány átlagát és az SE értéket tükrözi. Az egyes csoportok immunizálási sémája megegyezik az 1. ábráéval.



6. ábra

A szérum hemolizinszintjének változása szubletális besugárzás után 21 nappal, bvvt-vel és toxikus vagy sugárdetoxifikált LPS-sel immunizált patkányokban.

Az ordinátán a 2-es alapu logaritmusban kifejezett hemolizin titerértéket tüntettük fel. A MES+MER hemolizinszint a teljes értéket, a MER érték a kezelés utáni szintet tükrözi. Minden oszlop 10-10 patkány átlagát és az SE értéket tünteti fel. Az egyes csoportok jelölése megegyezik az 1. ábráéval.

LPS ugyanis ép immunrendszerü patkányban csak a paraméterek egy részét tudta mérsékelten befolyásolni, besugárzott állatban azonban a lép direkt és indirekt hemolizintermelő sejtjeinek számát, valamint a szérum teljes /19S/ hemolizinszintjét is emelte. Mindezek az eredmények arra utalnak, hogy az endotoxin adjuváns hatása a sugárdózis növelésével, hasonlóan a toxicitáshoz[5], csökken. Ez a csökkenés azonban csak a 150 és 200 kGy-es /15 és 20 Mrados/ sugárdózis hatására válik kifejezetté. Üteme lassubbnak tünik, mint a toxicitáscsökkenésé. Ezek a kisérletek nem adnak végleges választ arra a kérdésre, hogy az adjuváns hatásért vajon a még megmaradt toxicitás vagy más tényező a felelős, de a toxicitás gyorsabb csökkenése alapján feltételezhető, hogy nem a toxikus tényezőké az elsődleges szerep.

IRODALOM

1. *U.H. Behling, A. Nowotny,* Immune Adjuvancy of Lipopolysaccharide and a Nontoxic Hydrolytic Product Demonstrating Oscillating Effects with Time, J. Immunol. 102 /1977/ 1905
2. *Bertók L., Kocsár L.,* Ionizáló sugárzással detoxifikált bakteriális endotoxin preparátum előállitása és a természetes ellenállóképességet fokozó hatásának vizsgálata, Izotóptechnika /Budapest/ 11 /1972/ 543
3. *D.W. Dresser, H.H. Wortis,* Use of an Antiglobulin Serum to Detect Cells Producing Antibody with Low Haemolitic Efficiency, Nature 208 /1965/ 859
4. *Elekes E., Bertók L., Merétey K.,* Különféle endotoxin preparátumok immunológiai adjuváns hatásának vizsgálata normál és besugárzott patkányokban, Izotóptechnika /Budapest/ 19 /1976/ 382
5. *Füst Gy., Bertók L., Juhász-Nagy S.,* Interactions of Radiodetoxified Escherichia coli Endotoxin Preparations with the Complement System, Infect. Immunity 16 /1977/ 26

6. *J.S. Hege, L.J. Cole,* Antibody Plaque Forming Cells: Kinetics of Primary and Secondary Responses, J. Immunol. 95 /1965/ 559
7. *N.K. Jerne, A.A. Nordin, C. Henry,* The Agar Plaque Technique for Recognizing Antibody-Producing Cells; Cell-Bound Antibodies, Wistar Inst. Press., Philadelphia, 1963, 109
8. *A.G. Johnson, A. Nowotny,* Relationship to Function in Bacterial O Antigens. III. Biological Properties of Endotoxoids, J.Bact. 87 /1964/ 809
9. *A. Nowotny,* Endotoxoid Preparation, Nature 179 /1963/ 721
10. *J.R. Schenk, M.P. Hargie, M.S. Brown, D.S. Ebert, A.L. Yoo, F.C. McIntire,* The Enhancement of Antibody Formation by Escherichia coli Lipopolysaccharide and Detoxified Derivatives J. Immunol. 102 /1969/ 1411
11. *O. Westphal, O. Lüderitz, F. Bister,* Über die Extraktion der Bakterien mit Phenol-Wasser, Z. Naturforsch. 7b /1952/ 148

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 79-91

ÁRAMLÁSI PARAMÉTEREK NYOMJELZÉSES MEGHATÁROZÁSA TIMFÖLDGYÁRI KASZKÁDRENDSZERBEN, I.

Maleczki E.*, Méray L.*, Varga I.*, Ódor Gy.**
*Veszprémi Vegyipari Egyetem, Radiokémiai Tanszék, Veszprém
**Magyaróvári Timföld- és Mükorundgyár, Mosonmagyaróvár

/Érkezett 1979. március 9-én/

Három sorosan kapcsolt tartály áramlási paramétereit ^{24}Na izotópos nyomjelzéssel határozták meg. Az első tartályba belépő zagy pillanatszerü jelzése után mindhárom tartály kilépő anyagából időközönként vett minta radioaktiv koncentrációjának meghatározásával állapitották meg az indikátor eloszlását. Számitógépes programmal határozták meg az átlagos tartózkodási időt, standard deviációt, az anyagvisszatartási számot és a valódi térfogatot.

Определение параметров потока методом меченых атомов в каскадной системе глиноземных заводов, I.
Малецки, Э., Мераи, Л., Варга, И., Одор, Дь.

Параметры течения в серкесных резервуарах были измерены мечением изотопом ^{24}Na. Пульп был мечен у входа в первом резервуаре мгновенно, потом распределение индикатора было определено измерением радиоактивной концентрации в пробах, взятых у выхода из всех трех резервуаров. Среднее время прибытия, стандартное отклонение, число задержки материала и действительный объем были вычислены ЭВМ.

Determination of Flow Parameters of Cascade Systems in Alum Earth Plants, I.
Maleczki, E., Méray, L., Varga, I., Ódor, Gy.

The flow characteristics of three recipients connected in series were determined by flash tracing with ^{24}Na. The slurry entering the first was traced then the distribution of indicator was determined by measuring the radioactive concentration of samples taken from all the three recipients at their outlet. The mean residence time, standard deviation, retention number and the real volume was calculated by computer.

BEVEZETÉS

A timföldgyári technológiai folyamatok hatásfokának növeléséhez ismerni kell a bauxitzagy előrehaladását, azaz a tartályokban a tartózkodási időt. A tartózkodási idő E/t/ sürüségfüggvénye radioaktiv izotópos jelzéssel olyan müveleti egységre vonatkozóan határozható meg, melyben folyadék vagy zagy áramlik keresztül időben állandó mennyiségben, és a betáplálás, illetve elvétel helye ismert. Ilyen esetben pillanatszerü jelzést alkalmaznak a betáplálás helyén, az elvételnél pedig meghatározzák a távozó anyag radioaktiv koncentrációját[1-4]. Az igy kapott y/t/ értékeket a $2^{t/\tau}$ bomlásfaktorral szorozva /τ az alkalmazott radioaktiv izotóp felezési ideje/ az időeloszlás E/t sürüségfüggvényének konstansszorosát kapjuk, amelyből E/t/ normálással kapható:

$$E/t/ = \frac{y/t/\ 2^{t/\tau}}{\int_0^\infty y/t/\ 2^{t/\tau} dt} . \qquad /1/$$

Mivel a radioaktiv koncentrációt véges időközönként határozzák meg, a nevezőben lévő integrálnak összegzés felel meg; a tagok száma a gyakorlatban véges.

Egymás után /sorosan/ kapcsolt müveleti egységek vizsgálatánál egy jelzéssel az első, az első két, első három stb. tartály tartózkodási időeloszlás-sürüségfüggvénye /következőkben sürüségfüggvény/ határozható meg közvetlenül. Amennyiben csak a tartózkodási idő várható értékére van szükségünk az egyes tartályoknál, ez nem okoz problémát, hiszen egymás után kapcsolt, recirkuláció nélküli egységeknél ezek a várható értékek összeadódnak, igy egy-egy tartályra a több tartályra vonatkozó értékek különbségeként számithatjuk. A tartózkodási idő szórása és az anyagvisszatartási szám[4] meghatározásánál a helyzet már nem ilyen egyszerü, pedig ezek a paraméterek lényeges információt jelentenek, jellemzik a keveredés mértékét. Meghatározásukra az egyes tartályok külön-külön végzett jelzése jelent megoldást. Ebben az esetben az alkalmazott radioaktiv izotóp mennyisége a tartályok számával szorzódik. Ennél is jelentősebb hátrány az, hogy a meghatározott tartály után a következőt csak a jelzőanyag lebomlása után lehet ismét jelezni, ezzel jelentősen nő a meghatározás időtartama, még rövid felezési idejü radioaktiv izotóp alkalmazása esetén is. Természetesen a sugárterhelés növekedése sem lényegtelen tényező. Végül fontos az, hogy egy jelzés esetén a gyári technológiai folyamat paraméterei nagy valószinüséggel azonosak a meghatározás ideje alatt, mig külön-külön végzett jelzésnél ez nehezebben valósitható meg. Az eltérés figyelembe vétele esetén is bizonytalan az elkövetett hiba, ezért tartunk szükségesnek olyan eljárást, melynek segitségével valamennyi egység sürüségfüggvénye egyetlen jelzéssel meghatározható.

LABORATÓRIUMI ÉS ÜZEMI KISÉRLETEK

A timföldgyári technológiai folyamatban vizsgáltuk három, sorosan kapcsolt kovasavtalanitó tartály áramlási paraméterét. A zagy a lugbeállitó tartálysorból előmelegitő berendezésen keresztül jut be az első, majd a második és harmadik kovasavtalanitó tartályba. A lugbeállitó tartályokban a technológiai előirásnak megfelelően őrölt bauxit és nátronlug van. Az üzemi kisérleti munkánál jelzőanyagnak ^{24}Na izotópot választottunk, mivel igy a folyadékfázis egyértelmüen jelezhető. A pillanatszerü jelzést a csővezetékből egyenletesen áramló zagyhoz közvetlenül elegyitett jelzőanyaggal végeztük. A tartályokból eltávozó zagyból mintát vettünk külön e célra kiképzett helyeken, és meghatároztuk az időközönként vett minták radioaktiv koncentrációját.

Az üzemi munka előtt laboratóriumi kisérlettel két kérdésre kerestünk választ: az őrölt bauxit adszorbeálja-e olyan mértékben a ^{24}Na izotópot, amely a radioaktiv koncentráció mérését bizonytalanná teszi, és a zagy technológiailag megengedett sürüségváltozása befolyással van-e a radioaktiv koncentráció mérésére.

A radioaktivitás mérésénél energiaszelektiv számlálót használtunk, melyhez NaI/Tl/ kristállyal ellátott szcintillációs mérőfejet csatoltunk. A detektort 5 cm falvastagságu ólomárnyékolás védte a háttérsugárzástól. Az ólomköpeny kiképzése olyan, hogy 150 cm^3 mintát tartalmazó müanyag pohár pontosan illeszkedett a falhoz.

Az adszorpciós hatás kisérleti vizsgálatát két különböző radioaktiv koncentrációju zagynál végeztük el; 0,37 MBq dm^{-3} és 0,333 MBq.dm^{-3} értéknél. A zagyok 150 - 150 cm^3-ét 26 órai ülepedés közben mértük, igy nemcsak az adszorpció esetleges zavaró hatására, hanem a preparátum radionuklidos tisztaságára és a mérés hibájára is egy kisérletsorozaton belül kaptunk választ. A mérési eredmények alapján megállapitottuk, hogy a t=0 időre korrigált radioaktiv koncentráció változásában nincsen tendencia. Az alkalmazott mérőberendezéssel a zagy ülepedése nem okoz észlelhető változást a radioaktiv koncentrációban. A meghatározott felezési idő 15,48 és 15,46 óra volt, tehát a készitmény radionuklidos szennyezést gyakorlatilag nem tartalmaz.

Az előzetes tájékozódás szerint a sürüség ingadozása $\pm$0,03 kg dm^{-3}. Ebben a tartományban 12 különböző sürüségü, de azonos radioaktiv koncentrációju zagyot készitettünk, és azonos körülmények között mértük a relativ aktivitást. Nem kaptunk eltérő eredményt, igy megállapitottuk, hogy a mérőberendezés az üzemi kisérleteknél alkalmazható.

A tartályok névleges térfogatának és az előzetes laboratóriumi mérési eredményeknek ismeretében az üzemi kisérlethez 11,1 GBq ^{24}Na izotópot használtunk. Az összesen 12 cm^3 radioaktiv anyag öt ampullában volt. A szállitásra alkalmazott konténerből egyenként vettük ki az ampullákat, és a kisérlet helyszinén 1,5 dm^3 beállitó nátronlughoz adtuk. A dózisterhelés csökkentése érdekében a müveletet 5 cm vastag ólomfal mögött végeztük.

A SOROSAN KAPCSOLT TARTÁLYOK MATEMATIKAI MODELLJE

Az egyes tartályokat az időeloszlási viszonyok szempontjából az E/t/ függvény egyértelmüen jellemzi. Ehhez a függvényhez - és igy egy tartályhoz is - kölcsönösen egy $\hat{T}$ operátor rendelhető, az

$$E/t/ = \hat{T}\delta/t-0/ \qquad /2/$$

összefüggés alapján. Az ebben szereplő δ a Dirac által bevezetett eloszlás, melyre érvényes, hogy

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta/t-0/\, dt = 1 \qquad /3/$$

és

$$\delta/t/ = 0, \text{ ha } t \neq 0. \qquad /4/$$

A T operátor tehát ugyanolyan függvénybe viszi át a Dirac-eloszlást, mint az E/t/ sürüségfüggvénnyel jellemzett tartály az aktivitás időfüggvényét pillanatszerü jelzés esetén. Ekkor ugyanis a beömlésnél az aktivitásfüggvény - melyet az /1/ normálás után belépőfüggvénynek nevezünk, és a/t/-vel jelölünk - a /3/ és /4/ összefüggésnek tesz eleget, a kiömlésnél pedig - kilépőfüggvény, jele b/t/ - E/t/-vel egyezik meg. Például dugattyuszerü áramlás esetén a $\hat{T}$ operátor alkalmazása időbeli eltolást eredményez:

$$\hat{T}\ \delta\ /t-0/ = \delta\ /t - T/$$

/T a teljes zagymennyiségre azonos tartózkodási idő/.

Ha az áramlás nem dugattyuszerü, a $\hat{T}$ operátor az a/t/ belépőfüggvényt olyan b/t/ függvénybe viszi át, amilyen kilépőfüggvényt kapnánk, ha a tartály beömlőnyilásánál a/t/ időeloszlásu jelzést alkalmaznánk:

$$b/t/ = \hat{T}\ a/t/ = \int_0^t \hat{T}\ \delta\ /t-t'/\ a/t'/dt' =$$

$$= \int_0^t E/t-t'/\ a/t'/dt' \ . \qquad /5/$$

Két, egymást követő tartály esetén a/t'/ helyére $\hat{T}_1\ a/t'/$ irandó, mivel ilyenkor a második tartály belépőfüggvénye az első kilépőfüggvényével azonos /feltéve, természetesen, hogy az összekötő csővezeték térfogata elhanyagolható/:

$$b/t/ = \int_0^t E_2/t-t'/\ \hat{T}_1\ a/t'/dt' \ .$$

Ha az első tartálynál pillanatszerü jelzést feltételezünk, azaz $a/t'/ = \delta/t'-0/$, akkor b/t/ a két tartály közös sürüségfüggvényével lesz azonos, $\hat{T}_1\ a/t'/$ helyett pedig /2/ szerint $E_1/t'/-t$ irhatunk:

$$E/t/ = \int_0^t E_2/t-t'/E_1/t'/dt' \ . \qquad /6/$$

Ez az összefüggés a $\hat{T}$ operátorok szorzási szabályát is megszabja, amennyiben két sorbakapcsolt tartálynak megfelelő $\hat{T}_{1,2}$ operátort az egyes tartályokhoz rendelt $\hat{T}_1$ és $\hat{T}_2$ operátor szorzatának tekintünk:

$$\hat{T}_{1,2} = \hat{T}_1\hat{T}_2 \ .$$

Ekkor /6/ és /2/ szerint

$$\hat{T}_1\hat{T}_2\ \delta/t-0/ = \int_0^t \hat{T}_1\ \delta/t-t'/\hat{T}_2\ \delta/t'/dt' \ . \qquad /7/$$

A fenti egyenlet kommutativ operatorszorzást értelmez, hiszen tetszőleges f_1, f_2 függvény esetén

$$\int_0^t f_1/t-t'/f_2/t'/dt' = \int_0^t f_2/t-t'/f_1/t'/dt' \ .$$

A kommutativitás most azt jelenti, hogy a két tartály sorrendjének nincs hatása a közös sürüségfüggvényre, feltéve, hogy felcserélésük nem jár együtt az egyes sürüségfüggvények /áramlási viszonyok átalakulásából származó/ megváltozásával.

Mivel a /0,∞/ intervallumon értelmezett E/t/ sürüségfüggvények - jelentésüknél fogva - negativ értéket nem vehetnek fel, a $\hat{T}$ operátorok szorzása nem invertálható. /Az invertálhatóság ugyanis azt jelentené, hogy bármely $\hat{T}$ operátornak lehetne inverze, azaz lehetne olyan müveleti egységet konstruálni, amelyből az összes jelzőanyag - függetlenül a belépőfüggvénytől, tehát a jelzés módjától - a t=0 pillanatban távoznék./

Mivel számitásaink alapja a /6/ egyenlet, vizsgáljuk meg annak néhány következményét.

A tartózkodási idő várható értéke E/t/ sürüségfüggvény esetén[2]:

$$\langle t \rangle = \int_0^\infty t\, E/t/dt \ .$$

Két tartályra /6/ szerint

$$\langle t \rangle = \int_0^\infty t \int_0^t E_2/t-t'/E_1/t'/dt' =$$

$$= \int_0^\infty t\, E_2/t/dt + \int_0^\infty t' E_1/t'/dt' = \langle t_1 \rangle + \langle t_2 \rangle \ . \qquad /8/$$

A várható érték sorbakapcsolt tartályoknál tehát /6/ szerint is additiv.

Ha a két sorbakapcsolt müveleti egység egyikében az áramlás dugattyuszerü, ez az egység a /6/ egyenlet szerint a másik egység sürüségfüggvényét időben eltolja:

$$E_{1,2}/t/ = \int_0^t E_1/t-t'/\ \delta/t'-T/dt' = E_1/t-T/ \ .$$

Ha a sorbakapcsolt tartályokban tökéletes keveredést tételezünk fel, azaz

$$E_1/t/ = \frac{1}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} \quad \text{és} \quad E_2/t/ = \frac{1}{T_2} e^{-\frac{t}{T_2}} \ ,$$

$$T_1 = \langle t \rangle_1, \quad T_2 = \langle t \rangle_2 \quad \text{és} \quad T_1 \neq T_2,$$

akkor /6/ alapján

$$E/t/ = \frac{1}{T_1 - T_2} /e^{-\frac{t}{T_1}} - e^{-\frac{t}{T_2}} /. \qquad /9/$$

$T_1 = T_2$ esetben, két tartályra:

$$E^{/2/}/t/ = \frac{1}{T^2} \int_0^t e^{-\frac{t'}{T}} e^{\frac{t'-t}{T}} dt' = \frac{t}{T^2} e^{-\frac{t}{T}} .$$

Három tartálynál, $T_1 = T_2 = T_3 = T$ feltételezéssel:

$$E^{/3/}/t/ = \frac{1}{2} \frac{t^2}{T^3} e^{-\frac{t}{T}} .$$

Ha n számu, egyenként T átlagos tartózkodási idejü tartály követi egymást:

$$E^{/n/}/t/ = \frac{t^{n-1}}{T^n/n-1/!} e^{-\frac{t}{T}} . \qquad /10/$$

Ennek bizonyitása ugyancsak /6/ alapján történhet. Feltéve, hogy /10/ /n-1/-re igaz, azaz

$$E^{/n-1/}/t/ = \frac{t^{n-2}}{T^{n-1}/n-1/!} e^{-\frac{t}{T}} ,$$

ebből már következik n-re is:

$$E^{/n/}/t/ = \int_0^t E^{/1/} /t-t'/ E^{/n-1/}/t'/dt' =$$

$$= \int_0^t \frac{t'^{n-2}}{T^{n-1}/n-1/!} e^{-\frac{t'}{T}} \cdot \frac{1}{T} e^{t'-t} = E^{/n/}/t/.$$

Látható, hogy tökéletes keveredést biztositó tartályok egymás után kapcsolva már nem adnak tökéletes keveredést.

A MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A bevezetésben felvetett problémát ezek után ugy is megfogalmazhatjuk, hogy az a/t/ belépő- és b/t/ kilépőfüggvény ismeretében az /5/ integrálegyenletet kielégitő E/t/ függvényt kell megkeresni.

Az a/t/ és b/t/ érték helyett a méréssel csak bizonyos időközönkénti integrál-középérték határozható meg /pl. a percenkénti beütésszám/, ezért /5/ helyett a

$$b_n = \sum_{j=1}^{n} a_j E_{n-j} \qquad /11/$$

közelitést használjuk. Ebben a_i, b_i az i-edik mérési időintervallumra vonatkozó átlagértéket jelenti. Az időintervallumok egyenlőek, nagyságukat időegységnek választjuk. /Méréseink során a mintavétel különböző időközökben történt, ezért percenkénti interpolációt végeztünk./

A /11/ egyenletnek szemléletes jelentése van, ha a/t/ pillanatszerüen jelzett tartály kilépőfüggvénye.

A esetben pl. a 3 és 4 perc közötti tartózkodási időt pontosan 3 percesnek tekintve /ezt közelitő módszerünk megengedi/, b_3 értéke - azaz annak valószinüsége, hogy az áramló folyadék 3 és 4 perc közötti ideig tartózkodik a tartályban - egyenlő az alábbi független események összegével:

A: az elsőben 0 percig, a másodikban 3 percig,
B: az elsőben 1 percig, a másodikban 2 percig,
C: az elsőben 2 percig, a másodikban 1 percig,
D: az elsőben 3 percig, a másodikban 0 percig

tartózkodik a folyadék valamely kis térfogateleme. A fenti események két egyidejü eseményre bonthatók, ezért valószinüségük két valószinüség szorzata:

$$p/A/ = p_1/0/\ p_2/3/ = a_0E_3$$

$$p/B/ = p_1/1/\ p_2/2/ = a_1E_2$$

$$p/C/ = p_1/2/\ p_2/1/ = a_2E_1$$

$$p/D/ = p_1/3/\ p_2/0/ = a_3E_0$$

$p_m/n/$-nel annak valószinüségét jelöltük, hogy az m-edik egységben a folyadék n ideig tartózkodik. Az összesen 3 perces tartózkodás valószinüsége:

$$b_3 = p/A/ + p/B/ + p/C/ + p/D/ =$$

$$= a_0E_3 + a_1E_2 + a_2E_1 + a_3E_0 ,$$

ami pontosan megfelel /11/-nek, n = 3 esetén.

Tekintettel arra, hogy az a_i, b_i, E_i sorozatelemek bizonyos indextől kezdve elhanyagolhatóan kicsik /nem fordul elő tetszőlegesen nagy tartózkodási idő/, a figyelembe veendő elemek száma b-nél mindig nagyobb, mint a és E esetén:

$$N_b > N_a, \qquad N_b > N_E . \qquad /12/$$

Először vizsgáljuk azt az esetet, amelynél a /12/ egyenlőtlenségen kivül $N_b > 2N_a$. Ha pl. a belépőfüggvény értéke 100 perc után, a kilépőé 300 perc után elhanyagolható értékre csökken, akkor a /11/ egyenletet n = 300-ig irjuk fel. Azokat a tagokat, melyekre $j > 100$ vagy $n-j > 200$, elhagyhatjuk. A kö-

vetkezőkben az egyszerüség kedvéért csak azokat nem irjuk ki, melyekre $j > 150$ vagy $n-j > 150$; igy biztosan csak zérus tagokat hagytunk el, és egyenletrendszerünk is az indexekben szimmetrikus marad.

A másik esetben $N_b < 2N_a$. Legyen pl. $N_b = 200$, $N_a = 150$. Ekkor $n = 2N_a = 300$-ig irjuk fel egyenleteinket, ismét elhagyva a $j > 150$ vagy $n-j > 150$ indexeket tartalmazó tagokat.

A zérus tagokat fenti módon figyelembe véve a következő lineáris algebrai egyenletrendszerhez jutunk:

$$
\begin{aligned}
b_o &= a_o E_o \\
b_1 &= a_1 E_o + a_o E_1 \\
b_2 &= a_2 E_o + a_1 E_1 + a_o E_2 \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&\cdot \\
b_m &= a_m E_o + a_{m-1} E_1 + \ldots + a_1 E_{m-1} + a_o E_m \\
b_{m+1} &= \quad a_m E_1 + \ldots + a_2 E_{m-1} + a_1 E_m \\
&\cdot \\
&\cdot \\
&\cdot \\
b_{2m} &= \qquad\qquad\qquad\qquad a_m E_m .
\end{aligned}
$$

Valamennyi egyenletet összeadva:

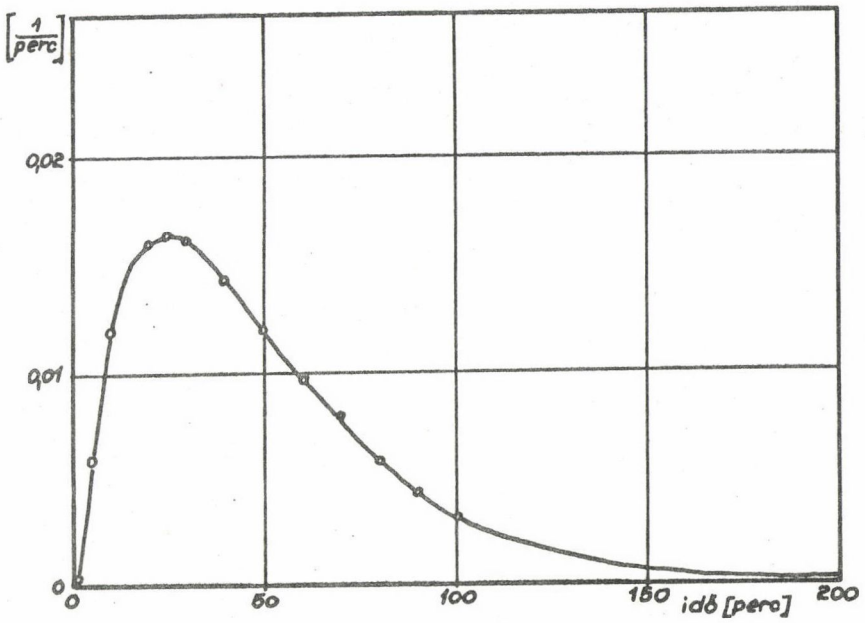
$$\sum_{n=o}^{2} b_n = \Big(\sum_{n=o}^{m} a_n\Big)\Big(\sum_{n=o}^{m} E_n\Big),$$

Ha tehát az a/t/ és b/t/ függvényt normáltuk, a megoldásként adódó sürüségfüggvény is normált lesz.

Az m+1 számu ismeretlen meghatározására 2m+1 számu egyenletünk van. Legegyszerübbnek látszik ezek közül m+1 kiválasztása és megoldása. Ekkor felmerül a kérdés: mely egyenleteket hagyjuk figyelmen kivül. Hogy ez mennyire nem mindegy, arra jellemző az első m+1 egyenletből kapott megoldás hibája. Ilyenkor ugyanis

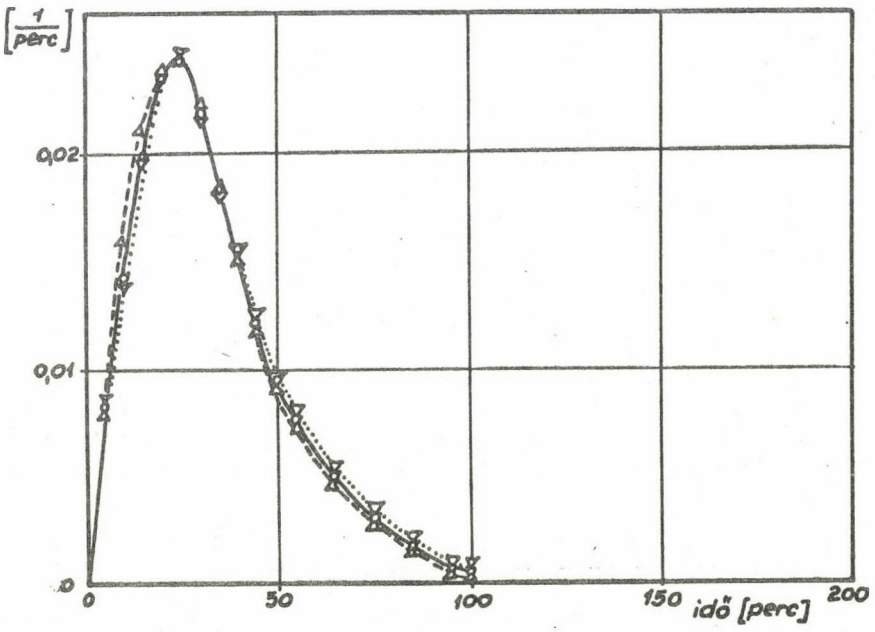
$$E_n = \frac{1}{a_o}\Big/b_n - \sum_{j=1}^{n} a_j E_{n-j}\Big/ \,. \qquad /14/$$

Az n-edik ismeretlen számitása tehát a kisebb indexü megoldások felhasználásával történik, hibájuk tehát mindig "továbbterjed". Mivel különösen a kis indexü tagok hibája nagy /a mérés elején a mért érték a háttér nagyságrendjébe esik/, nagyobb indexnél a hiba megengedhetetlenül nagy lesz.



1. ábra

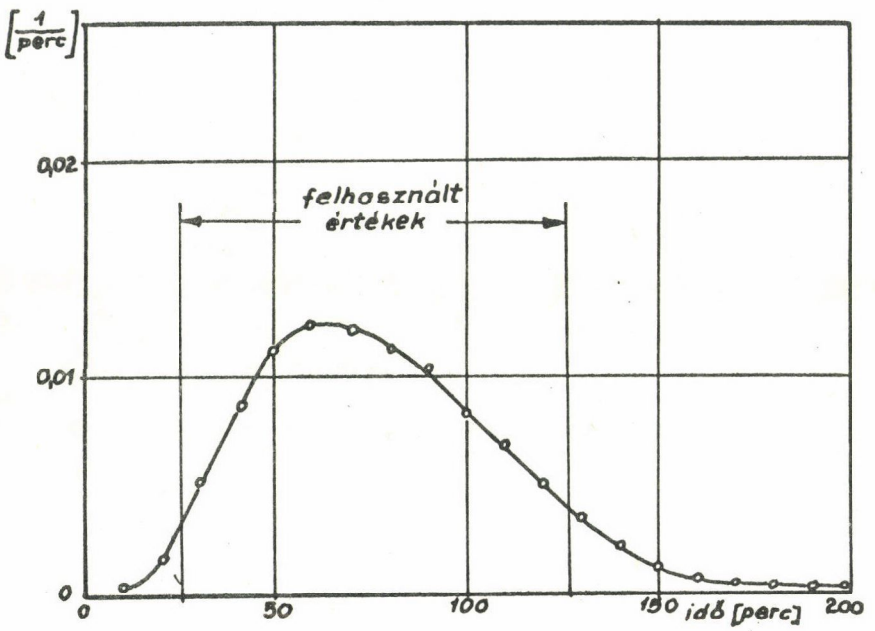
Az ellenőrző számitásokhoz feltételezett belépő-függvény



2. ábra

A feltételezett sürüségfüggvény /folyamatos vonal/ és az elmélet alapján visszakapott függvények

Lényegesen jobb megoldást kapunk, ha azokat az egyenleteket választjuk, melyek bal oldalán szereplő b_i konstans értéke a legnagyobb. Egy ilyen számitást végeztünk el ellenőrzésképpen a mérések kezdete előtt egy önkényesen felvett a/t/ függvény /1. ábra/ felhasználásával. A b/t/ függvény már nem lehetett tetszőleges, mert - mint azt a $\hat{T}$ operátorok invertálhatatlanságával kapcsolatban emlitettük - ellenkező esetben negativ megoldás is fellépne. Ezért ugy jártunk el, hogy először - ugyancsak önkényesen - felvettünk egy E/t/ sürüségfüggvényt is /2. ábra, folytonos vonal/. Az a/t/ és E/t/ függvényből /13/ felhasználásával, ODRA 1204 számitógéppel meghatároztuk a b/t/ függvény értékeit /3. abra/. Az igy kapott b_n számokat - melyek átlaga kb. 0,005 volt - megváltoztattuk ugy, hogy tizedestört alakban felirva őket négy tizedes jegyre kerekithettünk. Ezzel különösen az átlagnál kisebb



3. ábra

A feltételezett belépő- és sürüségfüggvényekből számolt kilépőfüggvény

értékeknél okoztunk nagy relativ eltérést, tehát a gyakorlatban várható hibát szimuláltuk.

Ezek után az a_n és a megváltoztatott b_n felhasználásával a /16/ egyenletek közül azokat oldottuk meg, melyekben b_i indexe a 3. ábrán megjelölt intervallumba esik. Igy adódtak a 2. ábrán szaggatottan berajzolt görbe pontjai.

Ugyanezeket a b_i és a_i értékeket használva még kisebb eltérés adódott a /16/-ból páronkénti összeadással kapható, alábbi egyenletrendszer megoldásaként, könyvtári programot /SleGJ/ használva:

$$b_o + b_{m+1} = a_o x_o + a_m x_1 + a_{m-1} x_2 + \ldots + a_1 x_m \qquad /15/$$

$$b_1 + b_{m+2} = a_1 x_o + a_o x_1 + a_m x_2 + \ldots + a_2 x_m$$

$$\vdots$$

$$b_{m-1} + b_{2m} = a_{m-1} x_o + a_{m-2} x_1 + a_{m-3} x_2 + \ldots a_m x_m$$

$$b_m = a_m x_o + a_{m-1} x_1 + a_{m-2} x_2 + \ldots a_o x_m$$

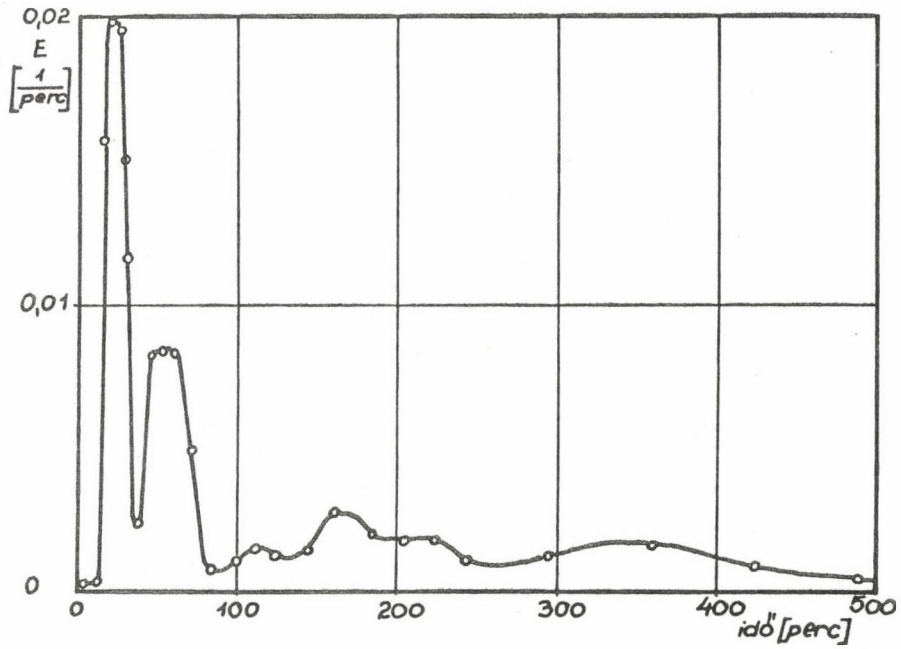
Ebben az egyenletrendszerben tehát az i-edik sor j-edik együtthatója /a számozást 0-tól kezdve/:

$$a_{ij} = a_{i-j}, \quad \text{ha} \quad i \geq j \qquad /16/$$

és

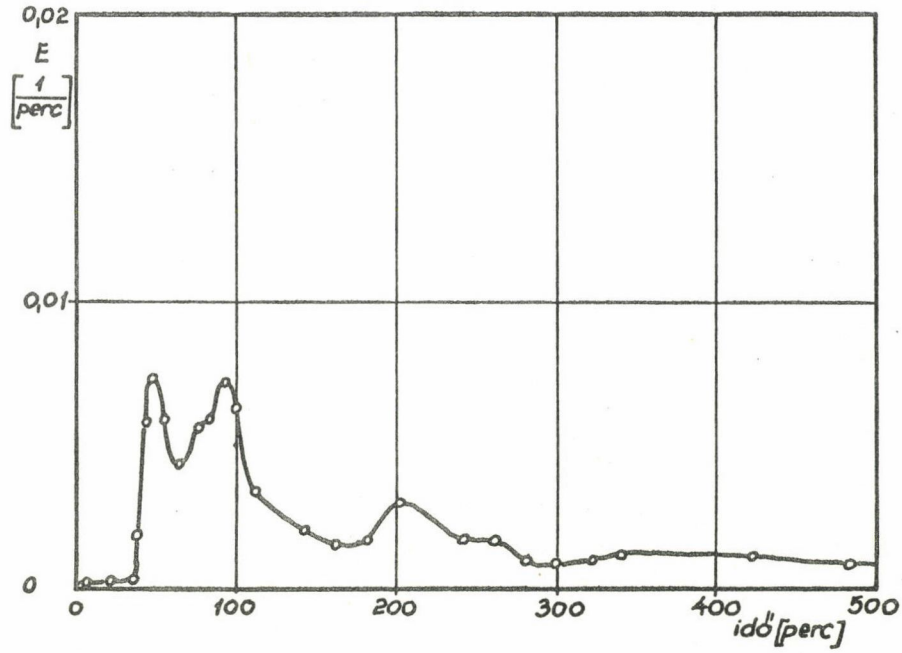
$$a_{ij} = a_{i-j+m+1}, \quad \text{ha} \quad i < j.$$

Az eredményt a 3. ábrán pontozott görbével ábrázoltuk.



4. ábra

Timföldgyári kovasavtalanitó tartály belépőfüggvénye



5. ábra

Timföldgyári kovasavtalanitó tartály kilépőfüggvénye

A 4. és 5. ábrán már a timföldgyári mérés be- és kilépőfüggvényei láthatók. A belőlük /15/ felhasználásával kapott E/t/ függvény képét a 6. ábra mutatja.

A számitógépes kiértékelés eredményét táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat

Kovasavtalanitó áramlási paraméterei

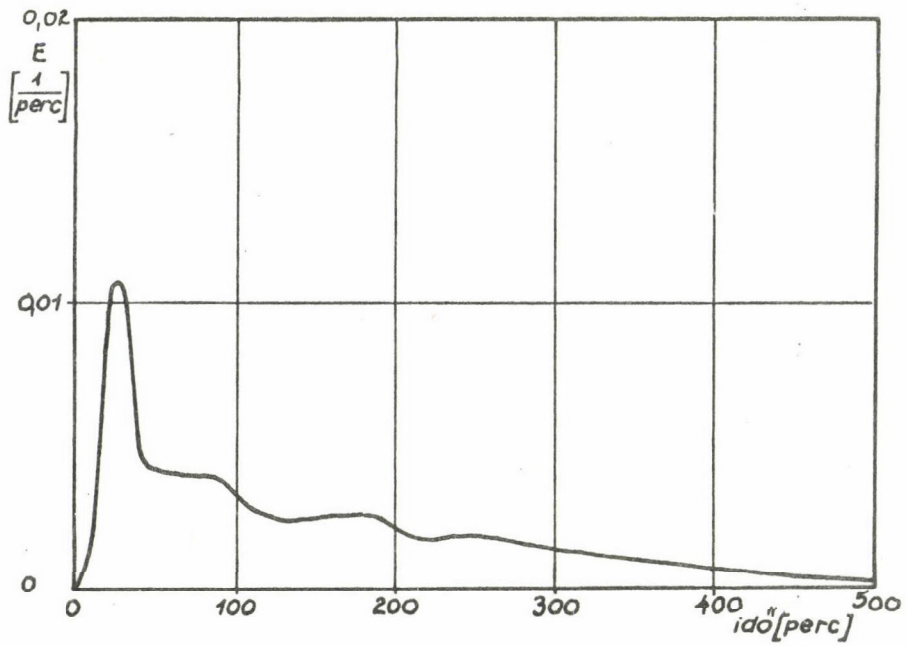
	Átlagos tartózkodási idő /min/	D	Anyagvisszatartási szám	Térfogat /m^3/
1. tartály	339 ± 8	310 ± 6	0,37 ± 0,02	113
2. tartály	382 ± 8	287 ± 6	0,30 ± 0,02	127
3. tartály	368 ± 8	300 ± 6	0,33 ± 0,02	123
Anyagáram 20 m^3/h				

D jelenti a tartózkodási idő sürüségfüggvényéből adódó standard deviációt, amely a keveredés mértékére jellemző szám:

$$D = \left[\int_0^\infty (T-t)^2 E(t)\,dt\right]^{1/2}.$$

Jó keveredésnél a D értéke nagy, mivel T-nél kisebb és nagyobb tartózkodási idő is nagy valószinüséggel fordul elő.

A timföldgyári kovasavtalanitó tartálysorra olyan adatokat határoztunk meg, melyek ismeretében mód nyilik a hatásfok növelésére.



6. ábra

Timföldgyári kovasavtalanitó tartály számitott sürüségfüggvénye

IRODALOM

1. *Bujdosó E., Imre A., Tóth L.*, Timföldgyári folyamatos feltáró autoklávsorok vizsgálata radioaktiv izotóppal. Koh. L. 94 /1961/ 66, 94 /1961/ 114
2. *Bujdosó E., Imre A., Tóth L.*, Anyagáthaladás idejének mérése radioaktiv izotóp segitségével a bauxit folyamatos feltárása során, Fémipari Kutató Intézet Közl. 4 /1960/ 65
3. *Bujdosó E., Imre A.*, Anyagáthaladási viszonyok vizsgálata Dorr-rendszerü ülepitőben, radioaktiv izotóp segitségével. Koh. L. 95 /1962/ 81
4. *Földiák G.*, Az izotópok ipari alkalmazása, Müszaki Könyvkiadó, Bp., 1972

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 92-94

AZ EURÓPAI RADIOIZOTÓP-TERMELŐK 6. KONFERENCIÁJA

Tóth G.
MTA Izotóp Intézete, Budapest
/Érkezett 1979. április 28-án/

6. конференция европейских производителей радиоизотопов
Тот, Г.
6th Conference of European Radioisotope Producers
Tóth, G.

A Drezdában, 1979. január 23. és 27. között megtartott konferencián 10 ország /Csehszlovákia, Dánia, az NDK, Finnország, Görögország, Jugoszlávia, Lengyelország, Magyarország, Portugália és Spanyolország/ képviselői vettek részt. Részvételüket bejelentették, de végül is nem jöttek el a találkozóra Belgium, Svájc és Anglia izotóptermelői, valamint a Byk-Mallinckrodt cég/USA/ képviselői.

Kétségtelen, hogy az izotópelőállitás szempontjából olyan jelentős országok, mint pl. Anglia, a Szovjetunió és Svédország távolmaradása csökkentette a találkozó jelentőségét.

Mivel a konferencián képviselt országok radioizotóp-felhasználása részben vagy egészben egy-egy intézet közreműködésével valósul meg, az előadások nem csupán az izotóptermelés kérdéseivel foglalkoztak, hanem áttekintették a külkereskedelmet is.

Jóllehet számszerü összehasonlitásra a beszámolók nem adtak lehetőséget, belőlük egyértelmüen az tünt ki, hogy a radioizotóp-alkalmazás sulypontja

mindinkább az egészségügy területére tolódik át. Jelentős növekedésről számoltak be a zárt sugárforrások felhasználásával kapcsolatban is.

Az NDK *radioizotóp-forgalmának* várható növekedését 1985-re a jelenlegi kétszeresére becsülték; Görögországban az elmult négy év folyamán a "Demokritosz" Nukleáris Kutatóközpont által forgalmazott radiofarmakon készitmények száma mintegy másfélszeresére nőtt; Csehszlovákia teljes radioizotóp-felhasználásának mintegy felét teszi ki a hazai termelés /főként jelzett szerves vegyületek/.

Az in vivo radiofarmakonoknál egyrészt a $^{99}Tc^{m}$-mel történő folyamatos ellátásra való törekvés, másrészt pedig ujabb technéciumkitek forgalomba hozatala érdemel említést. Amig néhány évvel ezelőtt a résztvevő országok közül csupán az NDK bocsátott hazai felhasználói rendelkezésére $^{99}Tc^{m}$-et kromatográfiás generátor formájában, addig a konferencián több ország /Csehszlovákia, Portugália és Finnország/ képviselői számoltak be arról, hogy a hazai igény kielégitését un. központi /extrakciós vagy szublimációs/ generátorokkal oldották, vagy oldják meg.

Az otaniemi Müszaki Kutatóközpontban /Finnország/ az MTA Izotóp Intézetében kidolgozott, szublimáción alapuló központi generátort kivánják alkalmazni.

Figyelemre méltó, hogy a "Demokritosz" Központ több technécium kitet állit elő, és forgalmaz, igy pl. a csontpásztázásra szolgáló metilén-difoszfát és a hepatobiliáris rendszer vizsgálatára alkalmas HIDA /N/2,6 dimetil-fenil--karbomoilmetil/ iminodi-ecetsav/ kitet.

Az in vitro radiofarmakonok közül főként a radiojóddal jelzett tiroxin és trijód-tironin, valamint a felhasználásukkal készülő tiroxin és trijód--tironin RIA kit előállitásáról és tervezett forgalmazásáról számoltak be az NDK és Csehszlovákia képviselői. Ugyancsak az NDK egyik intézetében /Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung, Berlin/ egyes szteroidok /pl. tesztoszteron/ meghatározására alkalmas RIA készletekkel foglalkoznak.

A lengyelországi swierki intézetben /Instytut Badan Jadrowych/ CEA és HPL RIA kitek fejlesztésével foglalkoznak.

A besugárzási lehetőségek bővitésére részben a már müködő kisérleti reaktorok teljesitménynöveléssel egybekötött rekonstrukciója, részben pedig az erőmüreaktorok besugárzásra történő igénybevétele nyujt lehetőséget. Ilyen rekonstrukcióra kerül sor az NDK-beli Rossendorfban, ahol a rekonstrukció után 20 MW teljesitménnyel lehet számolni. Az erőmüreaktorok besugárzási kapacitását az NDK-ban ^{60}Co és ^{14}C előállitására kivánják felhasználni.

Az előadásokból az alábbi következtetések vonhatók le:

1. az izotópalkalmazás sulypontja továbbra is egyre inkább az orvosi felhasználás felé tolódik el. A növekvő igény kielégitése a legfon-

tosabb in vivo radiofarmakonok terén /pl. $^{99}Tc^{m}$/ általában a közeli jövőben kielégithetőnek tekinthető, meglepő azonban az eredmény elmaradása az igény mögött az in vitro diagnosztikumoknál /pl. RIA kitek/.

2. A jelenleg besugárzásra használt reaktorokkal elérhető neutronfluxus - egy-két kivételt leszámitva - elmarad az optimális fajlagos aktivitást biztositó értéktől.
3. Fokozódik a zárt sugárforrás /^{192}Tr, ^{60}Co/, valamint a röntgen fluoreszcencia-forrás iránti igény.

IRODALOM

A konferencián elhangzott előadások:

1. *M.G. Constantinides*, et al., Radioisotope Development in Greece
2. *T. Lengyel*, et al., Recent Developments and Trends in the Production of Radiochemicals, Radiopharmaceuticals and Radiation Sources in Hungary
3. *C. Teofilovski*, Radioisotope Production in the Boris Kidrič Institute
4. *R. Münze*, Current State and Further Development of the Isotope Production in Rossendorf
5. *G. Vormum*, Production of Radioimmunoassays and Sealed Sources in GDR
6. *W. Merz*, Development of Commerce and Application of Radioisotopes in GDR
7. *K. Chorvat*, et al., Production of Radioactive Preparations and Sealed Sources in Czechoslovakia
8. *R. Uhlenius*, Radioisotope Production in Finland
9. *N. Neves*, Radioisotope Production at the Laboratorio de Fisica e Engenaria Nucleares
10. *M. Matucha*, Quality Control of Labelled Compounds
11. *E.P. Belkas*, et al., Techniques Used for the Radiochemical Control of Water-Soluble As Well As Colloid and Particulate $^{99}Tc^{m}$-Radiopharmaceuticals at N.R.C. "Demokritos".

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 95-102

A SZÉRUM ÖSSZTIROXIN-/T_4/-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA RADIOIMMUNOASSAYVEL I. VIZSGÁLATOK A MÓDSZER KIDOLGOZÁSA CÉLJÁBÓL

Ilyés I.*, Kovács L.**, Péter F.*
*Budai Gyermekkórház-Rendelőintézet
**Debreceni Orvostudományi Egyetem, I. Belklinika
/Érkezett 1979. május 22-én/

A MTA Izotóp Intézete 125-I-L tiroxinkészitményének felhasználásával kidolgozott módszer.

Определение содержания тироксина /T_4/ в сыворотке радиоиммунологическим анализом, I. Исследования по разработке метода
Ийеш, И., Ковач, Л., Петер, Ф.

Метод пользуется препаратом тироксина 125-I-L, изготовленным Институтом изотопов ВАН.

Determination of Thyroxin /T_4/ Content in the Serum by Radioimmunoassay, I. Investigations to Develop the Method
Ilyés, I., Kovács, L., Péter, F.

A method using the thyroxin preparate 125-I-L of the Institute of Isotopes of the Hungarian Academy of Sciences.

A szérum tiroxin-/T_4/-tartalmának meghatározása fontos a pajzsmirigy hormonháztartásának laboratóriumi diagnosztikájában. Az ideális T_4-meghatározásnak specifikusnak, jól reprodukálhatónak, egyszerünek, olcsónak és nagyobb sorozat meghatározására is alkalmasnak kell lennie. A radioimmunoassay /RIA/ térhóditását megelőzően e célra leginkább a szérumfehérjéhez kötött jód /PBI/ vizsgálatát[1], a butanollal extrahálható jódfrakció /BEI/ meghatározását[2] és az össz-T_4-szint meghatározásának kompetitiv fehérjekötési módszerét /CPBA/

használták[3,4]. Ezek a módszerek munkaigényesek, és viszonylag sok szérumot igényelnek. A PBI meghatározásánál nagy hátrány továbbá a jódszennyeződés zavaró hatása[5]. A RIA kidolgozásához szükséges feltételek[6] megvalósulását követően - melyek közül a legfontosabb a megfelelő titerü és aviditásu, T_4 elleni antitest előállitása[7,8] - számos cég T_4-RIA kitje került forgalomba. Ugyanakkor a munkacsoportok saját összeállitásokról is beszámolnak[9-15]. A következőkben a szérum T_4-tartalmának RIA-val történő meghatározására kidolgozott saját összeállitásunkat ismertetjük.

AZ ASSAYHEZ FELHASZNÁLT ANYAGOK

T_4 standard

10 µg L-T_4-t/Sigma/ 100 ml 0,15 n NaOH-ban oldottunk, majd ebből 1 ml-t 40 mmol-os NaOH oldattal 100 ml-re higitottunk. Az igy kapott 1 mg/ml koncentrációju T_4 oldatot bovin szérum albumint /BSA/ 0,2, illetve 0,5 %-ban tartalmazó Veronál pufferrel /lásd alább/ higitottuk a végleges standard koncentrációra.

125-J-L tiroxin

Tracerként a MTA Izotópintézete által előállitott 125-I-L tiroxint alkalmaztuk. A készitmény a jelzett T_4 3:1 arányu etilalkohol-viz elegyben felvett oldata. A kisérőirat szerint fajlagos aktivitása 44,4 TBq/g-nál (1200 Ci/g-nál) nagyobb, T-tartalma 0,08 µg/ml, radioaktiv koncentrációja pedig 3,7 MBq/ml (0,1 mCi/ml). Az oldat pH-ja 7,8,8 közötti, radioaktiv izotópos szennyezettsége 1%-nál, a radiokémiai szennyezettség pedig 5%-nál kisebb. E T_4-oldatot ugy higitottuk BSA-t 0,2, illetve 0,5%-ban tartalmazó Veronal pufferben, hogy 10 µl oldat 40 pg jelzett T_4-t tartalmazzon.

T_4 antiszérum

A vizsgálatainkban felhasznált L-T_4-BSA konjugátum ellen nyulakban termelt antitestet Földes O. /Pozsony/, illetve Tóth G. /MTA Izotópintézet/ bocsájtotta rendelkezésünkre. Az antiszérum higitása mindkét BSA koncentrációt tartalmazó Veronal pufferben megtörtént.

Mertioldtot használtunk a kötő fehérjék blokkolására; 400 µg-ot csövenként, a jelzett T_4 oldatába mérve.

A kötött és szabad frakció elválasztására polietilén-glikol /PEG-Carbovax 6000/ 20%-os, fiziológiás konyhasóval készitett oldatát alkalmaztuk.

A kisérleteink egy részében használt T_4-mentes szérumot egyikünk /Kovács L./ Ratcliffe és munkatársai módszerével[15] állitotta elő.

Alappufferünk 0,05 molos dietilbarbiturál-Na /Veronal/-puffer volt. /10,3 g Veronalt 800 ml desztilláltvizben oldottunk, majd 65 ml 0,1 n HCl-t adtunk hozzá. A pH-t 8,6-ra állitottuk, és a térfogatot desztillált vizzel 1000 ml-re egészitettük ki./

AZ ASSAY ÁLTALÁNOS SZABÁLYAI

A komponensek összemérését és a müveleteket az alábbiak szerint végeztük.

10 µl standardot vagy szérumot, egyes vizsgálatokban a megfelelő /10-ed annyi koncentrációju/ standard 100 µl-ét és a BSA-t /0,2, illetve 0,5%-ban/ tartalmazó pufferrel higitott szérum ugyancsak 100 µl-ét alkalmaztuk.

A jelzett T_4-oldatból és a megfelelő higitásu antitestből 100-100 µl-t használtunk.

Az inkubálás szobahőn 2 órán át történt.

Ezt követően a csöveket +4 °C-ra hütöttük, és ezután hordozó proteinként 50 µl gyüjtött szérumot - egyes kisérletekben 3%-os globulin oldatot - mértünk a csövekbe.

A szeparálásra 1 ml 20%-os PEG-et használtunk, melynek bemérése után Vortex-szel végzett alapos keverés, majd centrifugálás következett /15 percig 4000 U/min-al/.

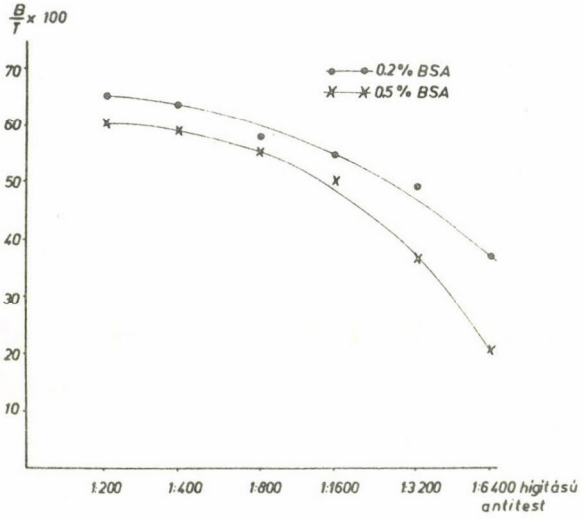
A szabad frakciót a felüluszó óvatos és alapos leszivásával távolitottuk el.

A radioaktivitást NK-350 energiaszelektiv számlálóval mértük, automatikus Gamma mintaváltót alkalmazva.

AZ EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

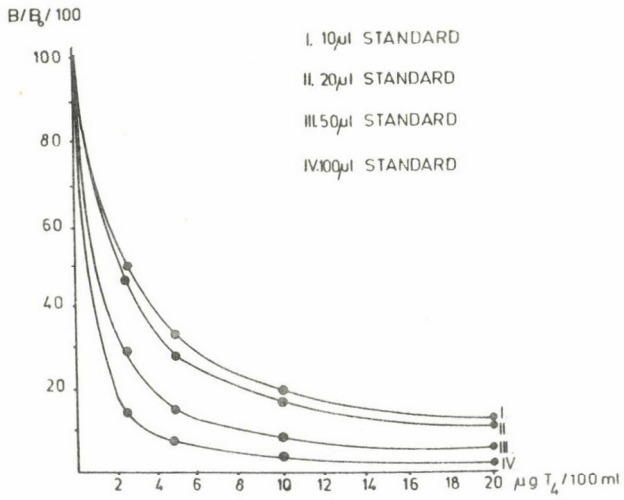
Az antitest titere

A jelzett T_4 oldat 100 µl-éhez a megelőzően huszszoros higitásban /0,2%-os BSA-t tartalmazó Veronal pufferben/ -20 °C-on tárolt antitest különböző további higitásaiból 100-100 µl-t adtunk. Inkubálás után 50 µl gyüjtött szérumot, majd 1 ml 20%-os PEG-t mértünk a csövekbe. Centrifugálás és a felüluszó leszivása után mértük a csapadék radioaktivitását. A későbbiekben az antitest azon titerét alkalmaztuk, mely a használt tracerrel 50% körüli kötődést adott. Minthogy egyes vizsgálatok során /lásd a II. részt/ az oldatok készitésére használt Veronal puffer BSA-koncentrációja nem 0,2%-os, hanem 0,5%-os volt, megvizsgáltuk a puffer BSA-tartalmának hatását az antitest-titrációs görbe alakulására. E vizsgálat eredményét az 1. ábrán mutatjuk be. Eszerint a 0,5% BSA-t tartalmazó közegben a titrációs görbe laposabb lefutásu.



1. ábra

Antitest-titrációs görbe 0,2, illetve 0,5% BSA-t tartalmazó közegben



Az inkubációs idő

Az 1:3000 higitású antitest és a jelzett T_4-oldat 100-100 µl-ének összemérésével vizsgáltuk az antigén és antitest közti reakció kinetikáját az inkubációs idő meghatározására. Megállapitottuk, hogy 2 órás, szobahőn történő inkubáció elegendő; a B/Tx100 értéket hosszabb inkubálási idő sem növeli.

A standard, illetve a minta mennyiségének kiválasztása

A következőkben megvizsgáltuk, hogy csövenként 40 pg jelzett T_4, /illetve 1:3000 higitásu 0,2% BSA tartalmu puffer/ antitest 100 µl-ének jelenlétében, 2 órás inkubálási idő tartásával, a standard oldat különböző mennyiségének alkalmazása hogyan befolyásolja a standard görbe lefutását /2. ábra/. A vizsgálat alapján a továbbiakban 10µ l standard, illetve ismeretlen minta alkalmazását látták célszerünek.

2. ábra

A standard görbe lefutása különböző térfogatu standard oldatok esetén

1. táblázat

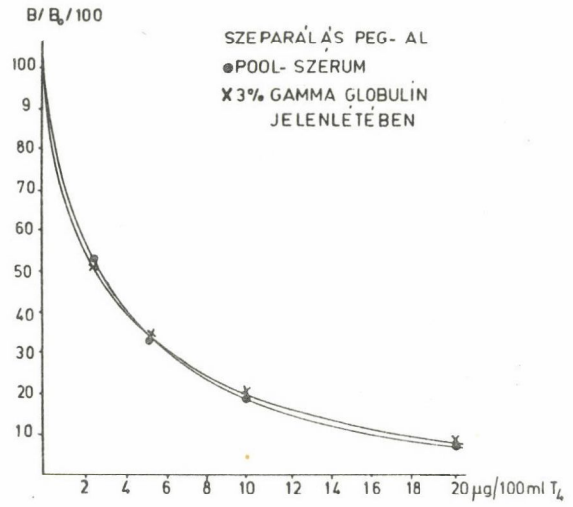
Az inkubációs idő változtatásának hatása a B/T x 100 értékre

Inkubációs idő h	B/T x 100
1	43,22
2	49,00
3	48,91
4,5	49,05
6	48,49

Jelzett T_4, 1:3000 higitásu antitest: 100-100 µ l, 0,2% BSA-tartalmu pufferben; 100 µ l 0,2% BSA-tartalmu puffer. Inkubálás szobahőn; szeparálás PEG-lal.

Az un. hordozó fehérje

Minthogy a vizsgálat során igen kis mennyiségü szérumból /10 µl/ indulunk ki, és antitestünk higitása is viszonylag jelentős, a megfelelő precipitátum biztositása céljából szükségesnek látszott, hogy az inkubálás végén valamilyen hordozó fehérjét juttassunk a rendszerbe. E célra a 3%-os γ-globulin oldat tapasztalataink szerint is kiválóan megfelel /a nagyságban is jelentős precipitátumról a centrifugálást követően a felüluszó könnyen és biztosan leszivható/, azonban - a költség csökkentésére - a gyüjtött szérum használata is felmerült. Összehasonlitottuk ezért 50 µl 3%-os γ-globulin és 50 µl gyüjtött szérum hordozó fehérjeként történő alkalmazásának hatását a standard görbe lefutására. Az inkubációs idő után a csöveket +4 °C-on tartottuk, és a bemérés után azonnal hozzáadtuk a PEG-t a rendszerhez. Az assay alkotórészeit ez esetben is 0,2%-os BSA tartalmu pufferben használtuk. A 3. ábra szemlélteti, hogy a gyüjtött szérum ugyanugy használható hordozó fehérjének, mint a 3%-os γ-globulin oldat. Nagyon lényeges azonban, hogy a +4 °C-on tartott gyüjtött szérum bemérését azonnal kövesse a PEG hozzáadása. A 2. táblázatunkon bemutatott adatok ugyanis azt bizonyitják, hogy amennyiben a PEG-et csak 30 perccel a gyüjtött szérum hozzáadása után mérjük be, a B/B_o x100 érték lényegesen csökken, ami a gyüjtött szérum T_4-tartalmának hatását mutatja.



3. ábra

Gyüjtött szérum és 3%-os γ-globulin oldat hordozó fehérjeként történő alkalmazásával felvett standard görbék

2. táblázat

A PEG késleltetett adásának hatása a B/B_o x 100 értékre

A szérum jelölése	B/B_o x 100 a PEG azonnali bemérésekor	B/B_o x 100, 30'-cel a poolszérum után adva a PEG-et
1	91,7	66,0
2	55,6	35,8
3	43,6	28,3
4	38,2	23,1
5	19,8	11,3

10 µl szérum/illetve 0-nál 10 µl T_4-mentes szérum/,
100 µl jelzett T_4, 100 µl 1:3000 higitásu antitest
/mindkettő 0,2% BSA-tartalmu pufferben/, 100 µl 0,2%
BSA-tartalmu puffer.

A T_4 specifikus kötő fehérjéinek blokkolása

A T_4 specifikus kötő fehérjéinek zavaró kötőhatását /tiroxinkötő globulin-TBG, tiroxinkötő praealbumin-TBPA/ mertiolátтal ellensulyoztuk, az irodalomban megadott mennyiséget alkalmazva[15]. Az ugyanezen célra kiterjedten alkalmazott 8-anilin-1-naftalén-szulfonsav/ANS/ jelenlétében, mennyiségétől függően, a T_4 elleni antitest azonos higitása és mennyisége, valamint a jelzett T_4 oldat azonos mennyisége esetén, a kötött frakció radioaktivitása változik[14], ezért megvizsgáltuk, hogy a mertiolát mennyiségének változtatásakor is észlelhető-e hasonló hatás. A 3. táblázat adataiból kiolvasható, hogy az ANS-től eltérően, a mertiolát mennyiségének növelése nem jár a B/Tx100 érték csökkenésével.

3. táblázat

A mertiolát mennyiségének hatása a B/T x 100 értékre

A mertiolát mennyisége /µg/cső/	B/T x 100
0	48,0
50	48,1
100	48,3
200	47,3
400	48,2
800	48,1

Jelzett T_4 és 1:3000 higitásu antitest 100-100 µl
0,2% BSA-tartalmu pufferben; 100 µl, 0,2% BSA-tartalmu puffer.
Inkubálás 2 órán át szobahőn; szeparálás PEG-lal.

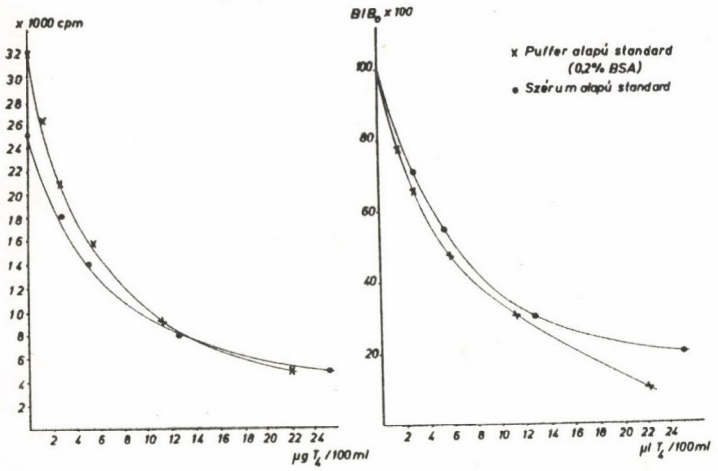
Standard oldat BSA tartalmú pufferben. Az un. szérumalapú standard

A vizsgálataink során használt T_4 standardokat az L-T_4 BSA tartalmu Veronal pufferben történő oldásával készitettük. Kérdésként merült azért fel, hogy a szérumminták T_4-értékének meghatározásakor mennyire torzul az eredmény. Összehasonlitottuk a 0,2% BSA-tartalmu pufferben oldott T_4 standard oldatokkal felvett standard görbe lefutását egy un. szérumalapu standardsorral készitett görbével. Az antitestet 1:3000 higitásban, a jelzett T_4 oldatával együtt, 0,2% BSA-t tartalmazó pufferben használtuk. Azt találtuk, hogy kisebb koncentrációnál a BSA tartalmu pufferben oldott standardokkal felvett görbe magasabban fut /4. ábra/.

Cpm helyett a B/B_o x 100 függvényében ábrázolva, természetesen, a puffer alapu standardok adta görbe alacsonyan fut nagyobb koncentrációnál. Eszerint ha ismeretlen szérum T_4- tartalmának meghatározásánál puffer alapu standardok-

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

kal felvett standard görbét használunk, ez az eredményt még akkor is torzitja, ha 10 µl szérum a meghatározás kiindulópontja. Ezt az assay beállitásánál feltétlenül ki kell küszöbölni.

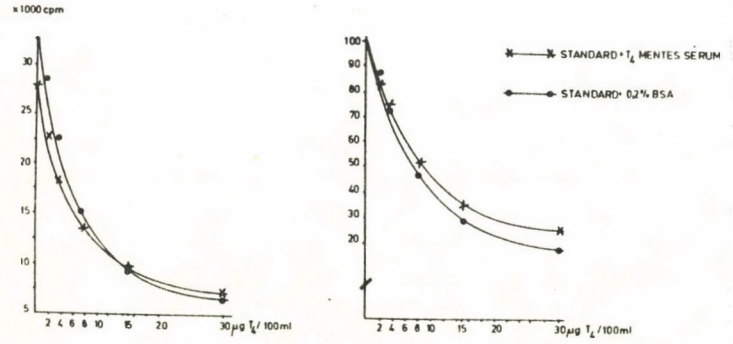


4. ábra

Puffer-, illetve szérumalapu standardokkal készitett standard görbék /cpm és B/B_o x 100 ábrázolás/

A T_4-mentes szérum

A következőkben megvizsgáltuk, hogy a pufferalapu standardokkal kapott eredmény /az igy felvett standard görbe pontjai/ mennyiben változik akkor, ha a rendszerbe a szérumalapu standardok szérumtartalmával megegyező mennyiségü, T_4-mentes szérumot viszünk be. E célból az antitest és a jelzett T_4 bemérése előtt a standardokat a következő összeállitásban mértük a csövekbe: 0,2% BSA tartalmu pufferben megfelelően higitott standardok 100 µl-jéhez egyrészt 100 µl 0,2% BSA-tartalmu puffert, másrészt pedig a T_4-mentes szérum 0,2% pufferrel készitett 1:10 arányu higitásából 100 µl-t adtunk. Az előzővel azonos szempontok szerint szerkesztett 5. ábra azt szemlélteti, hogy a T_4-mentes szérum alkalmazásakor a standard görbék közötti eltérés jellege megegyezik az előző ábrán látottakkal. A standardok fehérjetartalmának optimizálása más uton is megközelithető. E kérdéssel és az assay megbizhatósági kritériumainak vizsgálatával munkánk következő részében foglalkozunk.



5. ábra

Pufferalapu standardokkal és T_4-mentes szérummal végzett kiegészitéssel kapott standard görbék /cpm és B/B_o x 100 ábrázolás/

ÖSSZEFOGLALÁS

A MTA Izotópintézete által előállitott 125-I-L tiroxin és megfelelő BSA-T_4 konjugátummal termelt antitest alkalmazásával, az ismertetett mennyiségi viszonyok betartása mellett, a szérum összes T_4-tartalmának meghatározására alkalmas RIA módszer dolgozható ki.

Az itt alkalmazott koncentrációkban a mertiolát a kötő fehérjék zavaró hatását eredményesen blokkolja, és növekvő mennyiség esetén a kötött frakció radioaktivitása nem csökken.

A szérumalapu standardokkal kapott eredmény puffer alapu standardokkal is elérhető, ha azokat megfelelő mennyiségü T_4-mentes szérummal egészitjük ki.

A meghatározáshoz 10 µl szérum szükséges, az inkubálási idő 2 óra, a szeparálás PEG-lal történik; a módszer az ujszülöttkori hipotireózis szürésére is alkalmazhatónak látszik.

IRODALOM

1. *A.L. Chaney*, Adv. Clin. Chem. 1 /1958/ 81
2. *E.B. Man, P.K. Bondy*, J. Clin. Endocr. 17 /1957/ 1373
3. *B.E.P. Murphy, C.J. Pattee*, J. Clin. Endocr. 24 /1957/ 187
4. *R.P. Ekins, E.S. Williams*, Clin. Biochem. 2 /1969/ 253
5. *J.D. Acland*, J. Clin. Pathol. 24 /1971/ 187
6. *Kocsár L.*, A biológia aktuális problémái, Szerk Csaba Gy., Medicina, Budapest, 8 /1976/ 9
7. *I. Chopra, J.C. Nelson, D.H. Solomon, G.N. Beall*, J. Clin. Endocr. 32 /1971/ 299
8. *J.M. Corcoran, C.J. Eastman, R.P. Ekins, W. Paul*, J. Endocrinol, 58 /1973/ XII
9. *I.J. Chopra*, J. Clin. Endocr. 34 /1972/ 938
10. *T. Mitsuma, J. Colucci, L. Shenkman, C.S. Hollander*, Biochem. Biophys. Res. Comm. 46 /1972/ 2107
11. *R.T. Dunn, L.B. Foster*, Clin. Chem. 19 /1973/ 1063
12. *P.R. Larsen, J. Dockalova, D. Sipula, F.M. Wu*, J. Clin. Endocr. 37 /1973/ 177
13. *C. Beckers, C. Cornette, M. Thalasso*, J. Nucl. Med. 14 /1973/ 317
14. *J. Hermann, H.J. Rusche, H.L. Krüskemper*, Clin. Chim. Acta 54 /1974/ 69
15. *W.A. Ratcliffe, J.G. Ratcliffe, A.D. McBride, W.A. Harland, T.W. Randall*, Clin. Endocrinol 3 /1974/ 481

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

309.024

IV

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

22. ÉVFOLYAM 3. SZÁM (1979)

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTOP BUDAPEST

IZOTÓPTECHNIKA

22. ÉVFOLYAM 3. SZÁM

BUDAPEST 1979. MÁJUS

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
Mátê Ferenc, a mezőgazdasági tudományok kandidátusa
Medveczky László, a fizikai tudományok kandidátusa
Sirokmán Ferenc, a kémiai tudományok kandidátusa

A szerkesztőség cime: MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf.77, 1525

Számunk irói:

Zemplénné Papp Éva; Csőke Antal
MTA Központi Fizikai Kutatóintézete, Budapest, Pf. 49, 1525

Földes Iván; Fényes Györgyné
BM Egészségügyi Intézetek Korvin Ottó Kórháza, Budapest, Gorkij fasor 9/11, 1071

Ilyés István; Péter Ferenc, az orvostudományok kandidátusa
Budai Gyermekkórház - Rendelőintézet, Pf. 14, 1272

Kovács László, az orvostudományok kandidátusa
Debreceni Orvostudományi Egyetem I. Belgyógyászati Klinikája, Debrecen, Pf. 19, 4012

Fehér László; Kasza János
Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás, Budapest, Váci ut 174, 1138

Rózsa Sándor
MTA Izotópintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

M. Mohari Katalin; Kocsár László, az orvostudományok doktora
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Felelős kiadó: Veres Árpád, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója
Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézete házi sokszorositójában
F.v.: Nagy Károly
Engedélyszám: III/SZI/299/1976 Indexszám: 25-399
1979. 3. szám Törzsszám: KFKI-1979-855

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalban, a kézbesitőnél, a Posta hirlapüzleteiben és a Posta Központi Hirlapirodájánál /KHI, Budapest V., József nádor tér 1, távbeszélő: 180-850, postacim: A Posta Központi Hirlapirodája, Budapest, 1900/ a 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámlára.

Előfizetési dija: 240,- Ft Egyes szám ára: 40,- Ft
Példányszám: 300 Kettős szám ára: 80,- Ft

Megjelent 1979.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

TARTALOM

Növények neutrongenerátoros aktivációs analitikai vizsgálata. Megfontolások és előkészületek 103
Zemplénné Papp É., Csőke A.

Активационный анализ растений с помощью генератора нейтронов. Концепция и предварительная работа

Activation Analysis of Plants with Neutron Generator. Considerations and Preliminary Work

A tulvezérelt szcintigráfia felhasználása a pajzsmirigy autonom adenomájának diagnosztikájában 112
Földes I., Fényes Gy-né

Сверхрегулированная сцинтиграфия для диагностики автономной аденомы щитовидного железа

Over-Controlled Scintigraphy in the Diagnostics of Autonomic Adenoma of the Thyroid Gland

A szérum össztiroxin-/T_4/-tartalmának meghatározása radioimmunoassayvel, II. A standardok optimális fehérjetartalmának és az assay megbízhatósági kritériumainak vizsgálata 118
Ilyés, I., Kovács L., Péter F.

Определение содержания тироксина /T_4/ в сыворотке радиоиммунологическим анализом, II. Исследование по определению оптимального содержания белка в стандартах и критерий надежности анализа

Determination of Thyroxin /T_4/ Content in the Serum by Radioimmunoassay, II. Investigations to Determine Optimal Protein Content in Standards and Reliability Criteria for Analysis

A Radioaktiv Hulladékfeldolgozó és -tároló üzemeltetési tapasztalatai .. 127
Fehér L., Kasza J.

Опыты эксплуатации Станции для обработки и захоронения радиоактивных отходов

Operational Experiences at the Radioactive Waste Handling and Disposal Station

A nukleáris müszerek helyzete a KGST-országokban 137
Rózsa S.

Ядерные приборы в странах-членах СЭВ

Nuclear Instruments in the Member States of the COMECON

A humán placentáris laktogén meghatározása radioimmunológiai módszerrel 141
M. Mohari K., Kocsár L.

Определение человеческого плацентарного лактогена /ЧПЛ/ радиоиммунологическим анализом

Determination of Human Placental Lactogen /HPL/ by Radioimmunoassay

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 21 /1979/ 103-111

NÖVÉNYEK NEUTRONGENERÁTOROS AKTIVÁCIÓS ANALITIKAI VIZSGÁLATA

MEGFONTOLÁSOK ÉS ELŐKÉSZÜLETEK

Zemplénné Papp É., Csőke A.
MTA Központi Fizikai Kutató Intézete, Budapest
/Érkezett 1979. február 15-én/

Növényi részek többelemes neutrongenerátoros aktivációs analizisének lehetősége. Az elemzés során jelentkező hibák, illetve kiszürésük módja.

Активационный анализ растений с помощью генератора нейтронов. Концепция и предварительная работа

Земплен Пап, Э., Чэке, А.

Возможность многоэлементного анализа растений с помощью генератора нейтронов. Возникающие источники ошибок и способ их устранений.

Activation Analysis of Plants with Neutron Generator. Considerations and Preliminary Work

Zemplén Papp, É., Csőke, A.

The possibilities of multielemental analysis of plant parts with neutron generator. Error sources and the ways of their elimination.

BEVEZETÉS

A gazdasági növények hozamnövelésének egyik módja a talaj tápanyag-szolgáltató képességének növelése. Ez főként mütrágyázással érhető el, amely azonban egy bizonyos, un. "kritikus tápérték" felett már nem feltétlenül hat serkentőleg a növény növekedésére[1]

E fenti megfontolás és egyéb gazdasági tényezők miatt van szükség gyors, pontos analitikai módszer kidolgozására, amely alkalmas a mütrágyázás hatásának mérésére, akár a talaj elemanalizisén, akár a növényi részek elemanalizisén keresztül.

A továbbiakban a növényi részek elemanalizisének kérdésével kivánunk részletesebben foglalkozni.

Az analitikai módszer kidolgozásánál fontos lépés a megfelelő, reprezentativ mintavétel. Mivel a levél nem tekinthető elég homogénnek az elemi összeté-

tel meghatározásához, szükség volt olyan mintavételi eljárás kidolgozására, hogy az igy kapott mintákon végzett elemzést már diagnosztikai célra lehessen felhasználni. Erre a célra Sumner[2] meghatározott egy un. DRIS-/Diagnosis and Recommendation Integrated System/-ből számitott indexet, amely megfelelő mutató lehet növényi levelek $N_7P_7K_7Ca$- és Mg-tartalmának meghatározásához szükséges mintavételhez. A szerző megemliti, hogy gyors, többelemes analitikai módszer még nem áll rendelkezésre. A következőkben megvizsgáljuk, milyen lehetőségek rejlenek a neutrongenerátoros aktivációs analitika /NGAA/ alkalmazásában az ilyen elemzési feladatok megoldására.

NGAA vizsgálatok közel 15 éve folynak a KFKI-ban; számos elemzési probléma megoldása itt született meg.

Folyamatban van egy NGAA-laboratórium kialakitása, mely elsősorban "mezőgazdasági minták" gyors, roncsolásmentes, többelemes meghatározására alkalmas. Ismeretes, hogy az aktivációs analitikai módszer alkalmazása során a mintákat valamilyen módon aktiválják, s ez a NGAA-nál neutrongenerátorral történik.

A NEUTRONGENERÁTOR, MINT NEUTRONFORRÁS

A neutrongenerátor a neutronokat a $^3T(d,n)^4H$ magreakcióban termeli. A KFKI-ban korábban kifejlesztett NA-3 neutrongenerátor, mely 120 kV gyorsitófeszültséggel üzemel, kb. $1{,}5.10^{10}$ n/s neutronhozamot és 1 mA ionáramot szolgáltat.

A neutrongenerátor és a hozzá tartozó mérőrendszer részletes leirását[3] adja meg. A neutrongenerátorral termelt 14 MeV energiáju gyors neutronokkal főleg /n,p/, /n,α/ és /n,2n/ tipusu magreakció hozható létre. A jól meghatározható elemek táblázatát 3 tartalmazza.

A NGAA-MÓDSZER

Az elemző módszernek tartalmaznia kell az optimálási elemzési időt, a neutronfluxus mérésének, továbbá a mérés közben jelentkező zavaró hatások kiküszöbölésének, illetve korrekcióbavételének és hitelesitésének módját.

Az analizálandó minta besugárzása során rendszerint számos radioaktiv izotóp keletkezik. Az elemzés érzékenységét a meghatározandó elemből származó legkisebb mérhető aktivitás határozza meg. Igy a cél az, hogy a meghatározandó elemekből a legnagyobb aktivitást kapjuk ugy, hogy a zavaró hatásokat a minimumra csökkentsük. Ehhez kell a kezdeti feltételeket optimálisan meghatározni, az aktiválási és lebomlási görbék figyelembevételével.

A meghatározandó elemeket és a főbb nukleáris állandókat az 1. táblázatban foglaltuk össze.

1. táblázat

Neutrongenerátorral növényi részek vizsgálatánál meghatározni kivánt elemek magreakciói és a főbb magállandók

Elem	Kiindulási izotóp	Gyakoriság %	Magreakció	Termék	σ_{akt} mbarn	E MeV	Int. %	T min
Nitrogén	^{14}N	99,62	n,2n	^{13}N	5	0,511	/200/	10
Foszfor	^{31}P	100	n,2n	^{30}P	11	0,511	/200/	2,5
	^{31}P		n,α	^{28}Al	150	1,78	/100/	2,3
Kálium	^{39}K	93,2	n,2n	^{38}K	2,7	0,511	/200/	
						2,16	/99/	7,7
Szilicium	^{29}Si	4,67	n,p	^{29}Al	100	2,43	/6/	
						1,28	/94/	6,6
	^{28}Si	92,28	n,p	^{28}Al	200	1,78	/100/	2,3
Klór	^{35}Cl	75,4	n,2n	^{34}Cl	6	0,511	/200/	
						1,16	/18/	32,4
						2,13	/45/	
	^{37}Cl	24,6	n,p	^{37}S	25	3,09	/90/	5
Kalcium	^{44}Ca	2,13	n,p	^{44}K	2,5	1,15	/100/	22
						2,1	/60/	
Magnézium	^{24}Mg	78,6	n,p	^{24}Na	180	1,37	/100/	
						2,75	/100/	15,05 óra

AZ ELEMZÉSI IDŐ OPTIMALIZÁLÁSA

Munkánk során egy besugárzással, különböző hütési időkkel több elemet kell meghatároznunk.

Az optimalizálási számitás során, minden elemre meghatározunk egy R_J-t, amely az i = 1...j...n izotópokat tartalmazó mátrixban a j-dik izotóp aktivitásának aránya a mátrix aktivitásához képest . A j-dik izotópra a legnagyobb szelektivitás akkor érhető el, ha R_J maximális, aminek feltételei

$$\left\{\frac{\partial R_J}{\partial t_B}\right\}_{t_H} = 0, \quad \text{illetve} \quad \left\{\frac{\partial R_J}{\partial R_{t_H}}\right\}_{t_B} = 0.$$

A parciális deriváltakat meghatározva, rögzitett besugárzási idő t_B mellett az alábbi egyenletrendszerből meghatározzuk az optimális hütési időket t_H:

$$\sum_{i=1}^{n} K_i(\lambda_i-\lambda_j)(1-e^{-\lambda_i t_B})e^{-\lambda_j t_H} = 0, \quad \text{illetve}$$

$$\sum_{i=1}^{n} K_i\left[\lambda_j e^{-\lambda_j t_B}(1-e^{-\lambda_i t_B})-\lambda_i e^{-\lambda_i t_B}(1-e^{\lambda_j t_B})\right].e^{-\lambda_i t_H} = 0,$$

ahol $K_i = I_i\ N_i^o\ \Phi_i \sigma_i$ akt.

Az egyenletrendszer t_B-re és t_H-ra [5] szerinti iterációval oldható meg. Egy másik optimalizálási módszer[6] a kiindulási feltételeknél a hasznos és konstans háttéraktivitás mellett csak egyetlen zavaró hatást vesz figyelembe. A t_B és t_H optimalizálási értéket meghatározó összefüggéseket táblázatosan ismerteti a hasznos és zavaró aktivitáshoz tartozó felezési idők hányadosának függvényében.

A mérési idő optimalizálása során követelmény, hogy a mért impulzusszám relativ hibája minimális legyen[6]:

$$\frac{\sigma_I}{I} = \frac{\sqrt{(I + I_H)}}{I} = \frac{\sqrt{(A + 2A_H)}}{A} \cdot \frac{1}{\sqrt{t_M}},$$

ahol A és A_H - a hasznos, illetve háttéraktivitás,
I és I_H - a hasznos, illetve háttér-impulzusszám,
$\frac{\sigma_I}{I}$ - az impulzusszám relativ hibája.
A mérés - a minimumfeltétel szerint[6] - akkor a legpontosabb, ha

$$\frac{A_H}{A_o} = 1/2 \frac{1 - e^{-\lambda t_M}}{e^{-t_M} - (1 + 2\, t_M)},$$

ahol A_o - a kezdeti hasznos aktivitás

Egyéb radioaktivitás-méréssel kapcsolatos optimalizálási számításokkal részletesen [7] foglalkozik.

E számítások elvégzése után, figyelembe véve a mérőrendszer legkedvezőbb kihasználásának igényét, a növényi levelek N_7P_7K-, illetve Ca_7 Mg-tartalmának meghatározásához az alábbi elemzési idő látszik kedvezőnek 60 s-os besugárzásnál:

Mérendő elem	Hütési idő	Mérési idő
P,Si	100 s	100 s
N,K,Ca,Mg	15 min	100 s

A NEUTRONFLUXUS MÉRÉSE

A minta besugárzása során keletkezett aktivitás egyenesen arányos a mintát ért neutronfluxussal, mely egyrészt a target öregedése folytán állandóan csökken, másrészt a besugárzás folyamán kisebb-nagyobb mértékben ingadozhat. A besugárzás alatti fluxusváltozás figyelembevételének számos módja van[8].

A probléma megoldására, a rendelkezésre álló mérőrendszer esetében, az alábbi két módszer alkalmazható:

1/ fluxusstabilizáló berendezés, amely lehetővé teszi, hogy időben ±5 %-os pontossággal stabilis fluxust kapjunk. Mivel a tricium target felületéről kilépő neutronok sürüsége nem teljesen állandó, homogénebb besugárzás érdekében célszerü a mintákat a target előtt axiális és radiális irányban forgatni.

2/ Fóliaaktiválás, melynek az a lényege, hogy minden mintatartót Cu-fóliával látunk el, és a mintát és a monitort egyszerre sugározzuk be, továbbá, hogy a megfelelő hütési idő után aktivitásukat mérjük. A módszer előnye,hogy a fluxusváltozástól, illetve a mintatovábbitási időtől független eredményt ad.

Az emlitett analitikai feladatok megoldásánál célszerü az 1/ és 2/ módszert együtt alkalmazni.

A HIBAFORRÁSOK FELTÁRÁSA, KISZŰRÉSE ÉS KORREKCIÓBAVÉTELE

Valamely aktivációs analitikai módszer pontosságát - igy a neutrongenerátoros módszerét is - nagymértékben az határozza meg, hogy mennyire sikerül a szisztematikus hibákat csökkenteni.

Az előbbiekben foglalkoztunk a fluxusingadozásból származó hiba csökkentésével, illetve kiszürésének lehetőségével. A továbbiakban megvizsgáljuk a N,P,K, illetve Ca,Mg meghatározását zavaró aktivitásokat, illetve kiküszöbölésük lehetőségét.

A nitrogén meghatározásánál zavaró aktivitás származhat
1/ a levegő nitrogénjéből,
2/ a protonvisszaszórásból,
3/ egyéb, annihilációs sugárzással bomló radioaktiv izotópok jelenlétéből.

1/ A levegőből a mintában abszorbeálódó N_2 komoly hiba forrása lehet,mivel a levegő nitrogénjével végbemenő magreakció feltételezhetően olyan kémiai változást hoz létre, melynek következtében a keletkezett ^{13}N kicserélhetetlen lesz.

Nem eléggé tömitett mintatartó akár 10 %-os látszólagos ^{13}N-aktivitásnak megfelelő nitrogént is visszatarthat[9]. Ez kiszürhető egyrészt a minta tömöritésével, másrészt ugy, hogy a besugárzás után a mintát másik tokba helyezik, s igy a polietilén tokból származó csekély többletaktivitás sem zavar /lásd [10]/.

2/ A neutron a vele egyenlő tömegü hidrogén atommagon erősen szóródik, protonvisszaszórás lép fel. Nagy szén- és oxigéntartalmu anyagok nitrogéntartalmának meghatározásánál jelentős hiba forrása lehet az ezekből az elemekből a

$$^{1}H + ^{13}C = ^{13}N + ^{1}n$$

$$^{1}H + ^{16}O = ^{13}N + ^{4}He$$

reakcióval keletkező ^{13}N aktivitása.

Szénhidrogén sorozatokon végzett mérésekkel bizonyitott tény, hogy ily módon 600-900 ppm nitrogénkoncentrációnak megfelelő ^{13}N-aktivitás keletkezhet.

Geisler és társai[10] empirikus uton megállapitottak egy olyan összefüggést, mellyel adott oxigén- és széntartalom esetén a zavaró ^{13}N-aktivitás meghatározható. Megállapitották, hogy az oxigén okozta ^{13}N-aktivitásnövekedés 13-szor nagyobb, mint ugyanannyi szén okozta növekedés, s igy háttérkorrekcióba az oxigén és hidrogén okozta értékeket kell venni.

Megfelelő hitelesitéssel, illetve glükóz háttérméréssel jelentkező fölös ^{13}N-aktivitás kiküszöbölhető, illetve korrekcióba vehető.

3/ Egyéb, annihilációs sugárzással bomló radioaktiv izotópok jelenléte. Az 1. táblázat adatainak és a témával foglalkozó közlemények megfontolásainak ismeretében megállapitható, hogy a nitrogén meghatározásánál a P,Si,K,Cl- és Cu-ból származó interferenciával kell számolni; a zavaró hatás mértéke az elemek mennyiségétől, aktiválási és lebomlási sajátságaitól függ. A rézből származó zavaró aktivitásból, a jelenlévő réz csekély mennyisége miatt, általában el lehet tekinteni[9]. A hütési és mérési idő megfelelő optimalizálásával, továbbá a foszfor és a kálium más γ-energiánál /lásd 1. táblázat/ történő meghatározásával, ezen elemek mennyiségi meghatározása elvégezhető, illetve hatásuk a nitrogénre kapott eredménynél korrekcióba vehető[11,12].

A foszfor meghatározásánál a sziliciumból eredő interferenciával is számolni kell. Az 1. táblázatból megállapitható, hogy a két elem γ-spektruma között alapvető különbség van. Ez felhasználható a zavaró aktivitás szétválasztására ugy, hogy a sziliciumból és a foszforból egyaránt keletkező ^{28}Al radioaktiv izotóp 1,78 MeV-es fotocsucsából számitható együttes P + Si tartalom és a 1,28 MeV /91 %/ energián meghatározott sziliciumtartalom korrekcióba vehető.

A kálium meghatározását /lásd 1. táblázat/ a 2,16 MeV energiáju fotocsucs intenzitásának mérésével célszerü elvégezni.

Az irodalomban fellelhető érdeklődésre[1,2] való tekintettel érdemes a kalcium- és magnéziumtartalom meghatározásának lehetőségét is megvizsgálni, előre bocsátva, hogy ezek az elemek NGAA-val nem nagy érzékenységgel határozhatók meg. Az elemzéshez /lásd 1. táblázat/ a magnéziumnál a ^{24}Na, a kalciumnál ^{44}Ca radioaktiv izotóp γ-sugárzásának mérése végzendő el. A kalciumnál kielégitő érzékenység csak 3 %-nál nagyobb koncentráció esetén érhető el[13].

HITELESÍTÉS

A már eddig leirtakból is kitünik, hogy a hitelesités az egyik sarkalatos pontja a többelemes NGAA-nak. Lényeges, hogy a minta és standard összetétele és tömegsürüsége közel azonos legyen. Egyrészt természetes alapanyagu standardokat /mint pl. a Bowen-káposzta[13]/ kell mérni, másrészt glükóz alapu, mester-

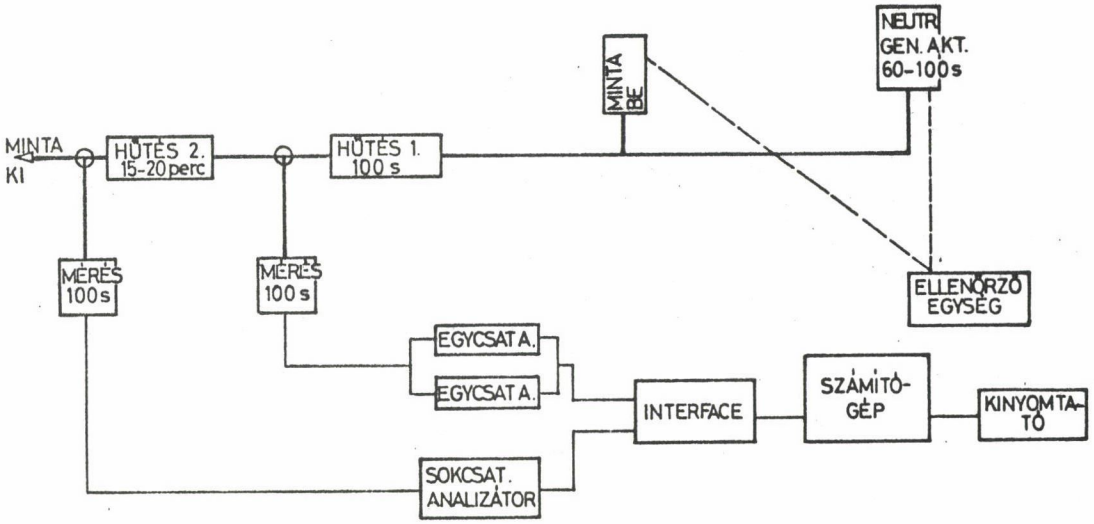
ségesen összeállitott - a meghatározandó és a meghatározást zavaró elemeket különböző koncentrációban tartalmazó -,homogenizált keverékekből hitelesitő sorozatokat kell készitenI. Lényeges a mintatartó megfelelő tömöritettsége, a minták sürüségéhez közelálló tömegsürüségü keverék előállitása.

NÖVÉNYI RÉSZEK N,P,K-, ILLETVE Ca-ÉS Mg-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A vizsgálat a következő lépésekből áll:

- mintaelőkészités - gondosan ügyelve a minta és standardok azonos tömöritettségére és geometriájára;
- a minta aktiválása neutrongenerátorral - ügyelve, hogy a minta és standard, a target azonos helyére kerüljön, azonos neutronfluxust kapjon;
- az aktiv minta által kibocsátott γ-sugárzás detektálása, ügyelve a számlálási geometria állandóságára;
- az aktivált minta mért γ-spektrumának kiértékelése.

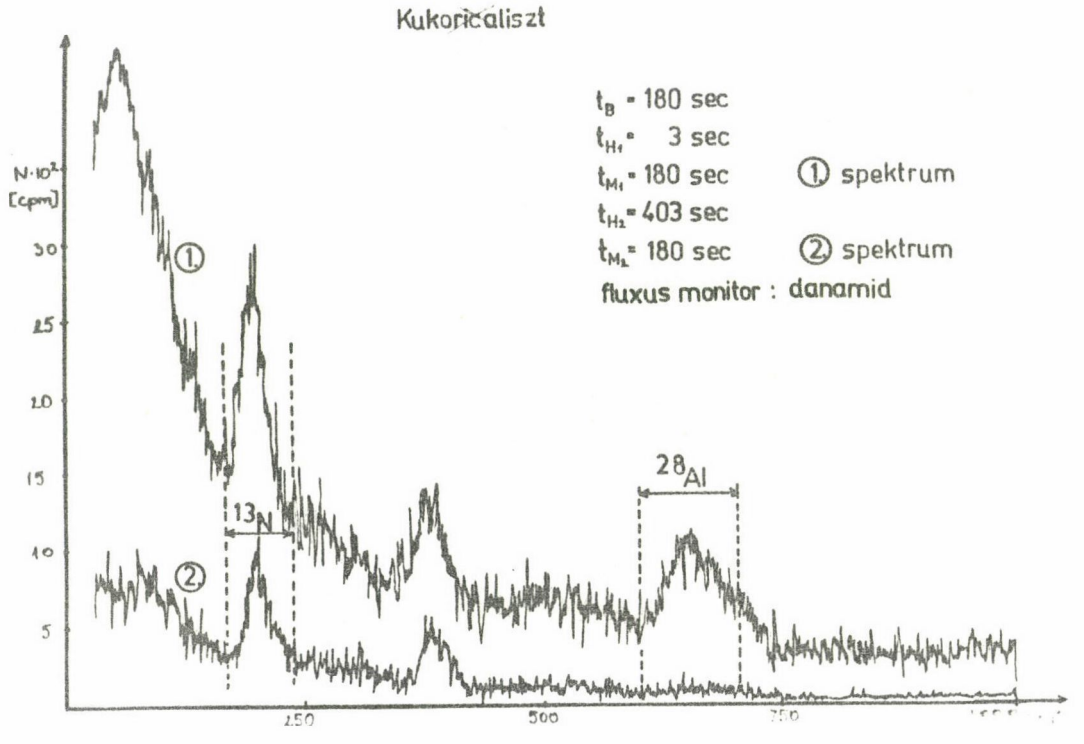
A tervezett laboratórium tömbvázlatát az 1. ábra mutatja. Az ábrából követhető a minta utja a rendszerben, továbbá a tervezett mérési idő is megállapitható.



1. ábra

Neutrongenerátoros aktivációs analitikai laboratórium tömbvázlata

A jelenleg üzemelő NGAA laboratóriumban elvégzett előkisérletek során nyert eredmények kvalitativ bemutatására szolgál a 2. ábra.



2. ábra

Kukorica liszt gamma-spektruma

Az eddigi eredmények alapján megállapitható, hogy müszaki-fejlesztési feladatokra van szükség a pneumatikus mintaszállitó rendszernél, továbbá a generátor neutronhozamát növelni kell, a mérőrendszert ki kell egésziteni TPA kisszámitógéppel. Ezen fejlesztési feladatok elvégzése után válhat reálissá a *12*-ben ismertetett 200-250 minta/8 óra elemzési teljesitmény.

ÖSSZEFOGLALÁS

Egyéb analitikai problémák megoldásán szerzett tapasztalataink, illetve a szakirodalom e problémakörrel foglalkozó közleményei alapján az alábbi előnyök várhatók a módszertől:

- gyors, a minta bemérésétől számitva max. 15-20 percen belül eredményt szolgáltat;
- nem igényel speciális kezelői ügyességet, ettől függetlenül pontos, jól reprodukálható eredményt ad;
- roncsolásmentes - nem igényel roncsoló vegyszereket, és a minták az elemzés után ujból felhasználhatók;

- nagy mintasullyal /15-25 g/ lehet dolgozni, igy az inhomogenitásból származó hiba jelentősen csökken;
- könnyen automatizálható és komputerizálható, igy magában hordja az on-line mérés lehetőségét.

Az előzetes költségbecslés szerint az elemzés gazdaságossá tehető.

A mult évben P.C. Williams és munkatársai[14] buza összнitrogén-tartalmának meghatározására felhasználható hét fiziko-kémiai eljárás gyakorlati összehasonlitását végezték el. Az NGAA pontosságban, reprodukálhatóságban és egy-egy meghatározás költsége tekintetében is kedvező képet mutat a vizsgált módszerekhez viszonyitva.

A hazai feltételek csaknem minden szempontból kedvezőek komplett NGAA-laboratórium kifejlesztésére és létrehozására. A KFKI-ban a mérés- és számitástechnika terén végzett kutató- és fejlesztő munka eredményeként a szükséges egységek egy része rendelkezésre áll.

IRODALOM

1. *A. Ulrich*, Univ.Calif. B. 1879 /1976/ 1
2. *M.E. Sumner*, Commun.Soil Plant Anal. 8 /1977/ 269
3. *Várhalmi L., Bencze B., Gárdos M., Vorsatz B., Varga L., Temesi I-né*, Izotóptechnika /Budapest/ 20 /1977/ 339
4. *Szabó E., Simonits A.*, Aktivációs analizis, Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973
5. *T.L. Isenhour, G.H. Morrison*, Anal.Chem. 36 /1964/ 1089
6. *Quittner P.*, Acta Chim. /Budapest/ 51 /1967/ 371
7. *Jánossy L.*, Mérési eredmények kiértékelésének elmélete és gyakorlata, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968
8. *Zemplénné Papp É*, Neutrongenerátoros aktivációs analitikai módszerek fémek és ötvözeteik minőségének javitására, Müszaki egyetemi doktori értekezés, 1975.
9. *L. Kosta, V. Ravnik, J. Dumanović*, New Approaches to Breeding for Improved Plant Protein, Proc.Panel Held at Swdöf, Sweden, June 17-21, IAEA, Vienna, 1969, 161 o.
10. *M. Geisler, E. Maul, H. Panse*, Radiochem. Radioanal. Letters 8 /1971/ 349
11. *D.E. Wood*, Report KN-69-270 /R/ 12 o. 1969.
12. *R.A. Rapenyants, K. Bernstein*, N,P,K Determination in Grain and Plant Samples by Neutron Activation Analysis, Presented at the Annual Meeting of the American Association of Cereal Chemists, October 5-8, 1976.
13. *H.J.M. Bowen*, Comparative Analysis of a Standard Plant Material, Analyst 92 /1967/ 124
14. *P.C. Williams, K.H. Norris, R.L. Johnsen, K. Standing, R. Fricioni, D. MacAffrey, R. Mercier*, Cereal Foods World 9 /1978/ 544

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 112-117

A TÚLVEZÉRELT SZCINTIGRÁFIA FELHASZNÁLÁSA A PAJZSMIRIGY AUTONOM ADENOMÁJÁNAK DIAGNOSZTIKÁJÁBAN*

Földes I., Fényes Gy.-né
BM Egészségügyi Intézetek Korvin Ottó Kórháza, Budapest

A tulvezérelt szcintigráfiával kapott képet összehasonlitják a TSH stimuláció és a metothyrinkezelés után kapott szcintigrammal. E módszerrel jó hatásfokkal mutatható ki a dekompenzált autonom adenómán kivüli pajzsmirigyállomány, egyuttal csökken a beteg sugárterhelése is.

Сверхрегулированная сцинтиграфия для диагностики автономной аденомы щитовидного железа
Фэлдеш, И., Феньеш, Дь.

Полученный методом сцинтиграм сравняется с сцинтиграммами, взятыми после стимуляции ТСХ и сдачи метотирина. Метод способен обнаруживать вещество щитовидного железа вне декомпенсированной автономной аденомы и снизить загрузку от излучения больного.

Over-Controlled Scintigraphy in the Diagnostics of Autonomic Adenoma of the Thyroid Gland
Földes, I., Fényes, Gy.

The scintigram made by the overcontrolled method is compared with those made after TSH stimulation and Metothyrin administration. The method is capable of detecting thyroid tissue outside the decompensated autonomic adenoma and lowering radiation burden.

A pajzsmirigy autonom adenomája a szcintigramon fokozott radioizotóp-felvételü göb formájában jelenik meg. Az autonom adenoma a környező pajzsmirigyszövet müködésére gátló hatást gyakorol. Ha ez a gátlás olyan mérvü, hogy az adenomán kivüli szövet az izotópot egyáltalán nem halmozza, akkor dekompenzált formáról beszélünk. Kompenzált adenoma esetén az extranoduláris állomány is látható a szcintigráfiás képen.

Az adenomán kivüli szövet kirajzolására leggyakrabban az exogén TSH-val történő stimulációt használják. Ábrázolható a környező pajzsmirigyszövet gátlószeres kezeléssel is. Ezt a megfigyelést Fényesné[1] irta le elsőként. Metothyrin hatására az adenoma müködése csökken, és a visszaszoritott saját TSH-termelés fokozódik. Az adenoma a szcintigramon megszünik, mint fokozott aktivitásu terület, esetleg negativvá válik, a környező müködő pajzsmirigy pedig teljes egészében kirajzolódik.

---

*A II. Magyar Orvostudományi Nukleáris Kongresszuson /1978. március 16/ elhangzott előadás alapján.

A pajzsmirigyszcintigram készitésekor általában olyan beütésszámot választunk, hogy a ratemeter a legnagyobb aktivitásu terület felett mutasson 100%-ot. Az adenóma igy a legfinomabb részletekig látható, de nem ábrázolódnak a kis izotópfelvételü részek.

Wöhler és munkatársai 1974-ben vezették be a tulvezérelt szcintigráfiát. A vizsgálatot a legnagyobb mérési érzékenységre beállitott készülékkel kell elvégezni. 26 dekompenzált adenoma esetében mindannyiszor sikerült a kis aktivitásu extranoduláris pajzsmirigyszövetet ábrázolniok[2].

MÓDSZER

Osztályunkon 40 dekompenzált autonom pajzsmirigy-adenomában szenvedő betegen vizsgáltuk a tulvezérelt szcintigráfia értékét. A szcintigram készitéséhez 1,3 MBq /35 µCi/ ^{131}I /per os/, vagy 18,5 MBq /500 µCi/ $^{99}Tc^{m}$ /i.v./ izotópot használtunk.

Scintimat-2 /Siemens/ készülékkel mértünk. A felvétel menete a következő volt:

1. először a szokásos beállitással készitettünk felvételt. A ratemeter az adenoma felett mutatott 100%-ot.

2. Ezután azonnal elkészült a tulvezérelt kép. Impulzusráta: 860/imp/min. Sebesség: 26 cm/min.

3. A TSH stimulációra egy héttel az első kép elkészülte után került sor. Két egymást követő napon 10 - 10 NE Ambinont /Organon/ adtuk intramuszkulárisan. A második injekció után félórával a beteg megitta az izotópot, majd 4 és 24 óra mulva szcintigramot készitettünk.

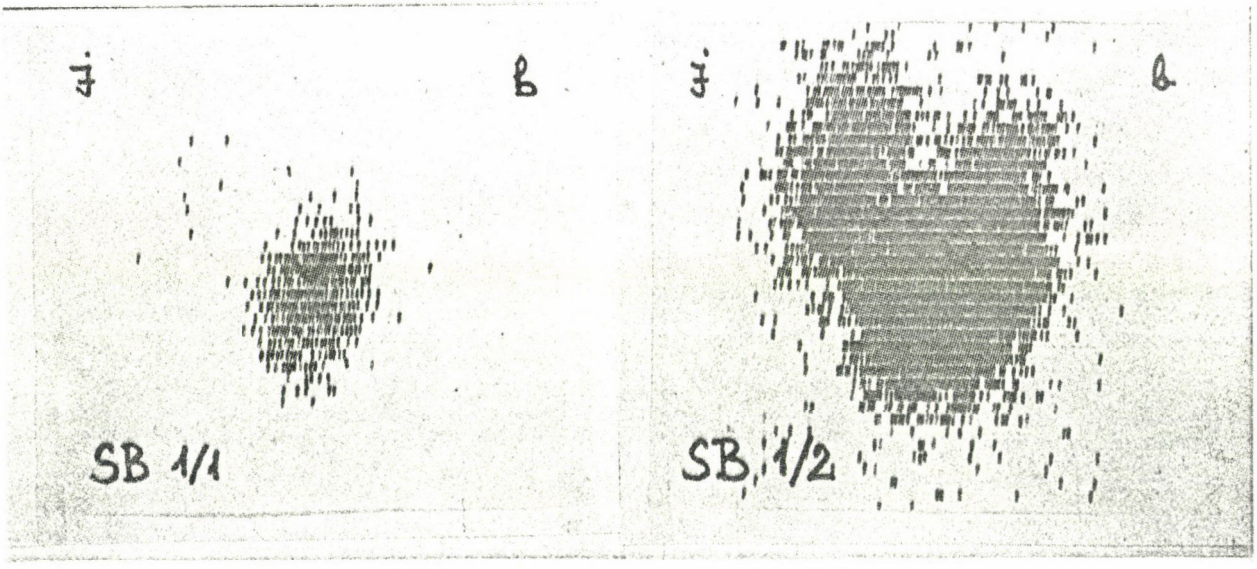
4. A metothyrinhatásban készült szcintigramhoz legalább kétheti előzetes kezelésre volt szükség, és arra, hogy a vizsgálat idején a beteg gyógyszeradagja ne haladja meg a napi 2-3 tablettát.

EREDMÉNYEK

A 40 dekompenzált autonom adenoma közül 33 esetben sikerült tulvezérléssel megjeleniteni a göbön kivüli állományt. Jellemző példa látható az 1. ábrán.

A 79 éves nőbeteg szcintigramján bal oldalon 3,5 x 2,5 cm nagyságu forró terület látható, a tapintható göbnek megfelelően. Ezen kivül izotóphalmozás nincs. A tulvezérelt képen az egész pajzsmirigy megjelenik.

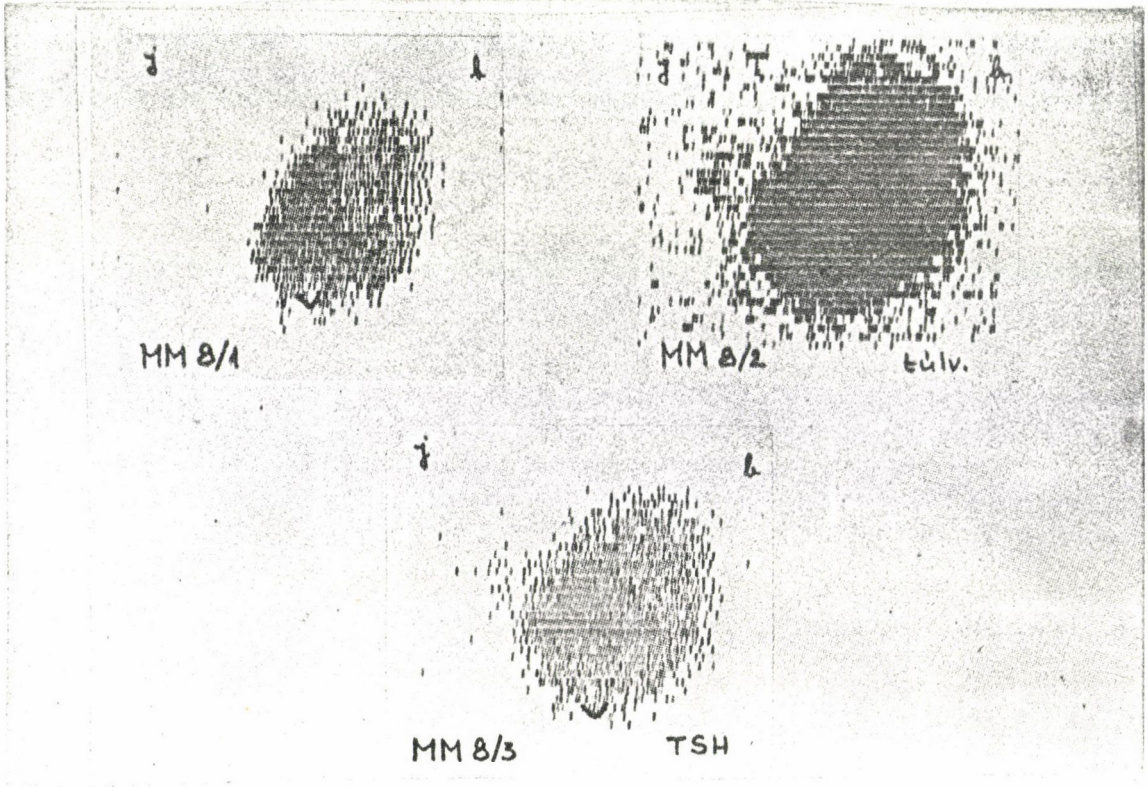
A tulvezérelt szcintigramot a TSH-stimuláció utáni képpel 7 esetben hasonlitottuk össze. A két eljárás közel azonos eredménnyel járt, mint az a 2. ábrán látható.



1. ábra

1/1 A pajzsmirigy bal lebenyében autonom adenoma

1/2 A tulvezérelt szcintigram, melyen a jobb lebeny is kirajzolódik

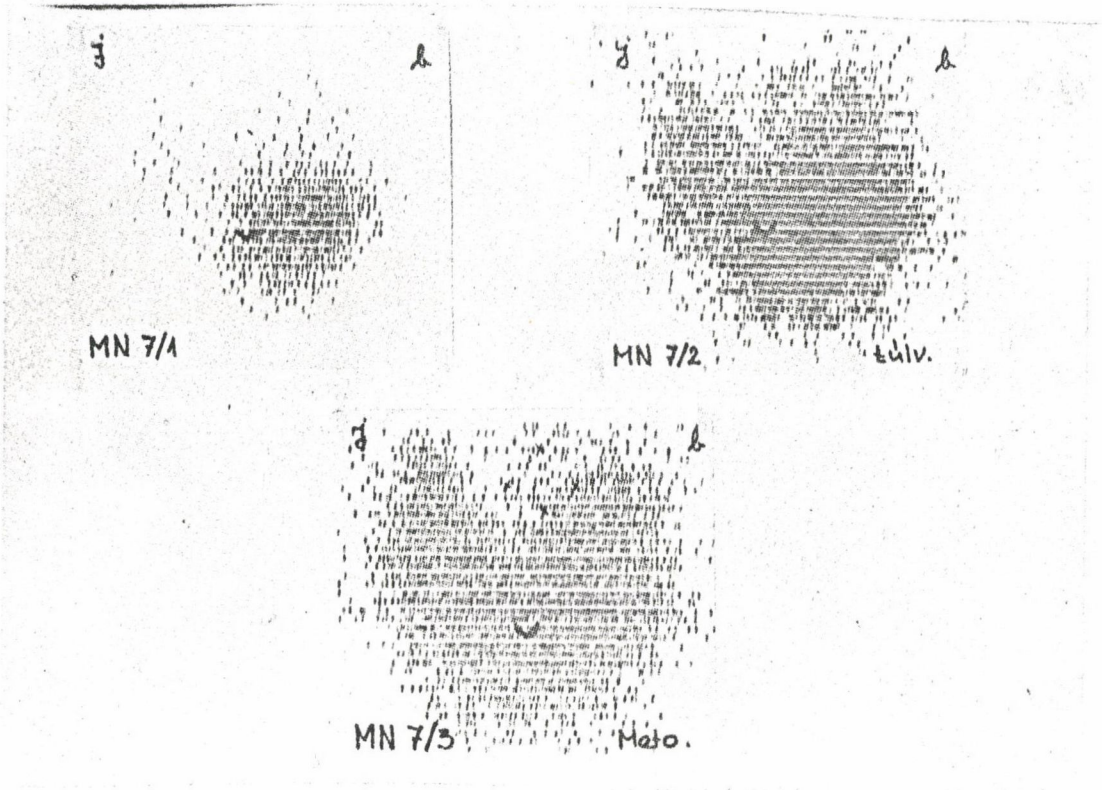


2. ábra

8/1 A bal lebenyben dekompenzált adenoma
8/2 Tulvezérelt szcintigram
8/3 TSH adása után készült szcintigram

A 61 éves nőbeteg pajzsmirigyének bal lebenyében 5 x 4,5 cm nagyságu adenoma foglal helyet, lateralis részében jódszegényebb terület van. A tulvezérelt felvételen az adenoma nagyitott, részletei eltünték, a kis jobb lebeny felismerhetővé vált. A TSH-hatásban készült kép a tulvezérelttől anynyiban különbözik, hogy az adenoma képe részletdusabb.

A tulvezérelt és metothyrinhatásban készült felvételt 11 beteg vizsgálata során hasonlitottuk össze. 5 esetben mindkét eljárással kimutatható volt extranoduláris szövet. 3. ábránk szolgál példaként.



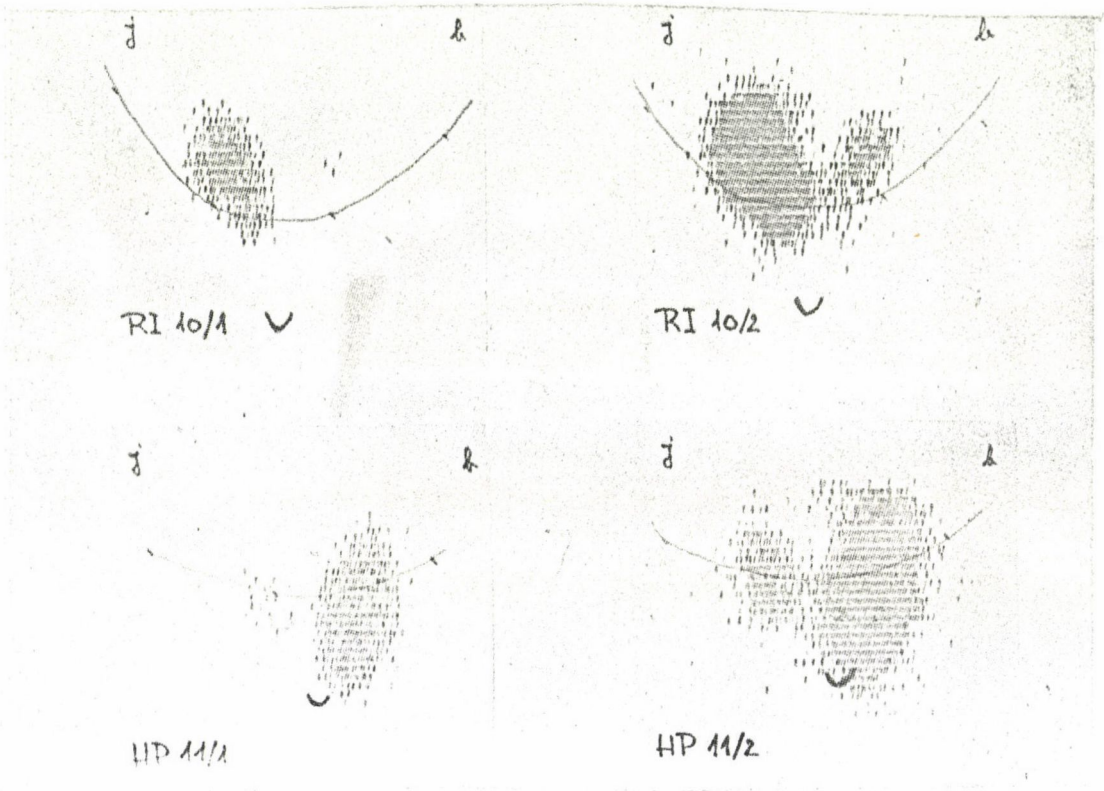
3. ábra

7/1 A bal lebenyben dekompenzált adenoma
7/2 Tulvezérelt szcintigram
7/3 Metothyrinhatásban készült szcintigram

40 éves férfibeteg pajzsmirigyében, a bal lebeny alsó pólusában diónyi forró göb van. A mirigy többi része csak jelzetten látható, de a tulvezérelt képen határozottan kirajzolódik. Hatheti metothyrinkezelés után az adenoma már nem látható, mint forró göb, az egész pajzsmirigy egyenletesen veszi fel a radiojódot. A lobus pyramidalisban lévő göb nem vált jódfelvevővé.

A 11 közül 6 beteg adenomája a tulvezérelt képen is teljesen dekompenzáltnak bizonyult. E hat beteg közül egynél a metothyrinkezelés eredményeként megjelent az adenomán kivüli állomány. A fennmaradó öt beteg pajzsmirigyének adenomát körülvevő része valószinüleg atrofizált az évek során. Ezt a feltevést látszik támogatni az adenomák nagy mérete.

A tulvezérlés akkor is alkalmazható, ha nem autonom adenoma következtében, hanem egyéb okból kicsi a pajzsmirigy egy részének radioizotóp-halmozása. Pajzsmirigymütét után is előállhat ez az eset /4. ábra/. A tulvezérléssel megjelenithető az eltávolitott lebeny legkisebb müködő maradványa is.



4. ábra

10/1 Pajzsmirigymütét után készült szcintigram, melyen csak a jobb lebeny látható.

10/2 Tulvezérelt szcintigram, melyen a bal lebeny maradványa is észlelhető.

11/1 A bal lebeny képe pajzsmirigymütét után.

11/2 Tulvezérelt képen a jobb lebeny maradványa is látható.

MEGBESZÉLÉS

Osztályunkon a pajzsmirigy dekompenzált autonom adenomájának diagnosztikájában a következő szcintigráfiás eljárásokat alkalmazzuk:

1. ha a szokásos módon készült felvétel dekompenzált adenomát mutat, tulvezérlésre kerül sor, a betegnek nem kell ujabb izotópot adni, és azonnal elvégezhető.

2. Ha ezek után kétségünk marad a "forró" terület adenomavoltát illetően, vagy az adenomán kivüli állomány nem jelent meg, metothyrinhatásban is elkészitjük a szcintigramot. A gátlószeres kezelés egyszerre diagnosztikus és terápiás eszköz. Válaszol arra, hogy a gyakran csak monoszimptómás klinikai képért valóban az adenoma felelős-e[3].

Megemlitjük még, hogy a metothyrinkezelés közben készült szcintigram olyan különleges kérdésekre is választ ad, hogy egy multinoduláris strumában van-e, vagy egy mütött pajzsmirigyben maradt-e autonom müködésü terület.

Vizsgálataink tapasztalatai Wöhler eredményeivel azonosak, nevezetesen: az autonom adenoma diagnosztikájában a THS-stimuláció mellőzhető, és a vele azonos értékü tulvezérelt szcintigráfiával helyettesithető.

IRODALOM

1. *S. Fényes*, Die Änderungen des szintigraphischen Bildes beim Schilddrüsenadenom. Der Wirkung von Metothyrin, Nuklearmedizin 11 /1972/ 333
2. *J. Wöhler* és mások, Eine neue, risikolose Methode zur Diagnostik dekompensierter autonomen Adenome der Schilddrüse, D.M.W. 1 /1974/ 1240
3. *Fényes Gy.-né*, Adatok a pajzsmirigy adenomák diagnosztikájához, Orvosi Hetilap 114 /1973/ 2966

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 118-126

A SZÉRUM ÖSSZTIROXIN-/T_4/-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA RADIOIMMUNOASSAYVAL

II. A STANDARDOK OPTIMÁLIS FEHÉRJETARTALMÁNAK ÉS AZ ASSAY MEGBÍZHATÓSÁGI KRITÉRIUMAINAK VIZSGÁLATA

Ilyés I.*, Kovács L.**, Péter F*
*Budai Gyermekkórház-Rendelőintézet
**Debreceni Orvostudományi Egyetem, I. Belklinika
/Érkezett 1979. május 22-én/

Определение содержания тироксина /T_4/ в сыворотке радиоиммунологическим анализом, II.
Исследование по определению оптимального содержания белка в стандартах и критерий надежности анализа
Ийеш, И., Ковач, Л., Петер, Ф.

Determination of Thyroxin /T_4/ Content in the Serum by Radioimmunoassay, II. Investigations to Determine Optimal Protein Content in Standards and Reliability Criteria for Analysis
Ilyés, I., Kovács, L., Péter, F.

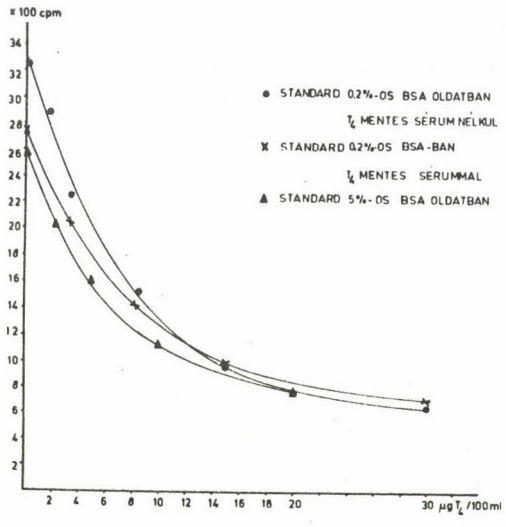
Munkánk első részében ismertettük a szérum össz-T_4-tartalmának meghatározására alkalmas RIA módszerünket. Leirtuk az assay komponenseit, kivitelét, s foglalkoztunk a beállitás egyes kérdéseivel is. Megállapitottuk, hogy a pufferalapu standardok T_4-mentes szérummal való kiegészitése alkalmas a pufferalapu standardok miatt ismeretlen szérumminták meghatározásánál adódó torzulás megszüntetésére. Kérdésként merült fel azonban, hogy T_4-mentes szérum alkalmazása nélkül hogyan lehetne a szérum- és a pufferalapu standardokat illetően azonos viszonyokat teremteni. Munkánk ezen részében ezért e kérdéssel /nevezetesen e célnak a standardok BSA-tartalmának növelése révén történő megközelitésével/ foglalkozunk. Emellett ismertetjük az assay megbizhatósági kritériumainak vizsgálatában elért eredményeinket.

A felhasznált anyagokat, illetve az assay összeállitását illetően munkánk előző részére utalunk.

A BSA KONCENTRÁCIÓJÁNAK NÖVELÉSE A STANDARDOKBAN; A CSÖVEK OPTIMÁLIS BSA-TARTALMÁNAK KIVÁLASZTÁSA

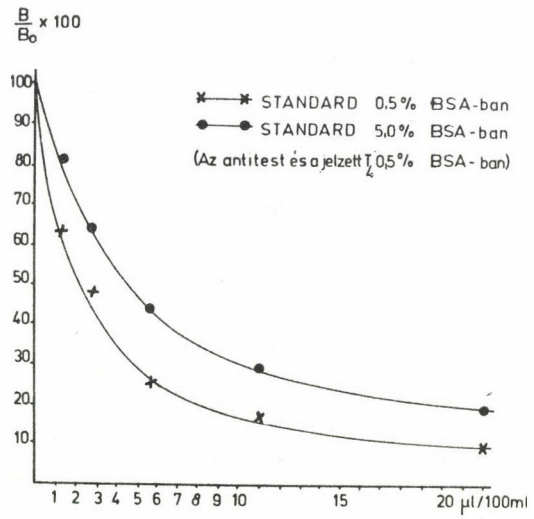
Az inkubációs közeg fehérjetartalma a RIA-ban is fontos kérdés. Minthogy összeállitásunkban a pufferalapu standardokban a BSA koncentrációja 0,2%, a meghatározandó szérumok vagy a szérumalapu standardok albuminkoncentrációja viszont lényegesen nagyobb, érdekesnek látszott megvizsgálni, hogy a standard oldat BSA-tartalmának lényeges, a szérumok albumintartalmát megközelitő növelése eredményez-e ahhoz hasonló hatást, mint amilyen a T_4-mentes szérum hozzáadásakor volt észlelhető /lásd I. rész/. Ezért a pufferalapu standardokkal T_4-mentes szérum használatával és anélkül /az előzőek szerint/ standard görbéket vettünk fel. Ezek mellett 5% BSA-ban oldott standard oldatokkal kapott eredmények alapján is megrajzoltuk a standard görbét. A jelzett T_4 és az antitest bemérése előtt az 5% BSA-tartalmu pufferben oldott standard 0,2% BSA tartalmu pufferrel végzett 1:10 arányu higitásának 100 µl-éhez még 100 µl 0,2% BSA tartalmu puffert mértünk.

Az összehasonlitást bemutató 1. ábra azt bizonyitja, hogy a standardok 5% BSA-ban történő oldása - a változást a 0,2% BSA tartalmu pufferalapu standardokkal kapott görbéhez viszonyitva értékeltük - még a T_4-mentes szérum alkalmazásával kapott effektust is meghaladó hatáshoz vezet. Ez a csövek albuminkoncentrációjának eltolódásából eredő hatás még akkor is jelentékenynek bizonyul, ha az 5% BSA-t tartalmazó standardokat nem 0,2%, hanem 0,5% BSA-tartalmu pufferben oldott standardokkal hasonlitjuk össze, az előbbiek mintájára, de ugy, hogy az antitestet és a jelzett T_4-t is 0,5% BSA-tartalmu pufferben oldottuk /2. ábra/.



1. ábra

0,2% BSA tartalmu pufferalapu standardokkal T_4 - mentes szérum alkalmazásával és anélkül kapott, ill. 5,0% BSA tartalmu pufferalapu standardokkal felvett standardgörbék

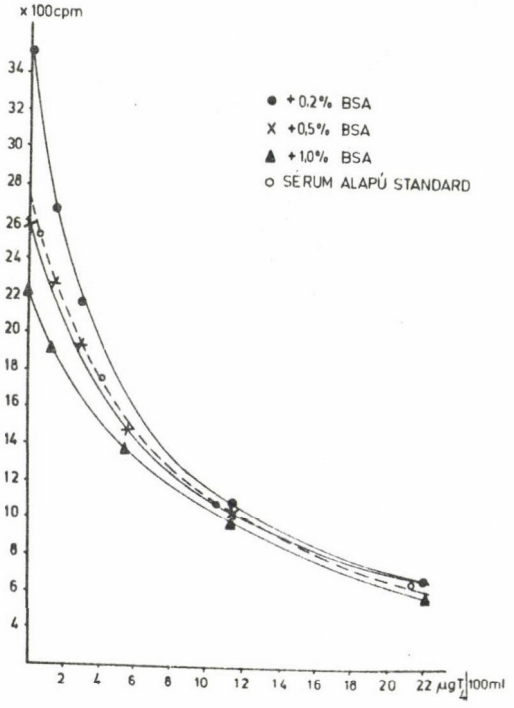


2. ábra

0,5% ill. 5,0% BSA tartalmu pufferalapu standardokkal felvett standardgörbék

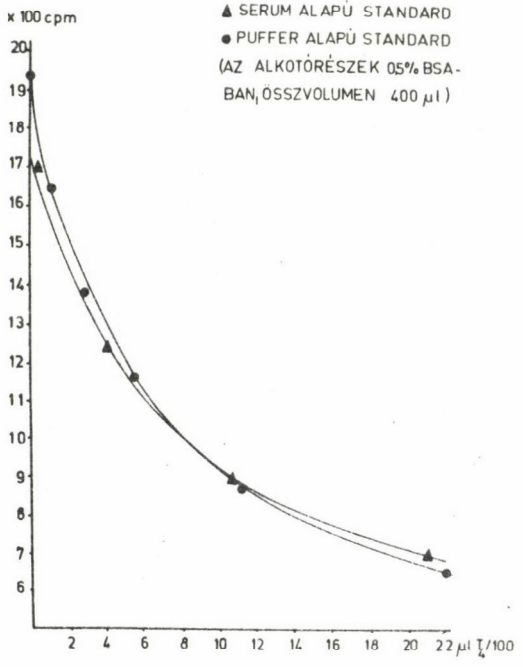
A standard BSA-koncentrációjának növelése a T_4-mentes szérum alkalmazásával egyirányu hatást eredményez, ami arra utal, hogy a BSA-koncentráció megfelelő változtatásával a standardokban a szérumalapu standardokkal kapott eredmények megközelithetők.

A továbbiakban a cél elérésére különböző BSA-koncentrációju pufferek azonos mennyiségét adtuk a rendszerhez. A standardokat, a jelzett T_4-t és az antitestet egyaránt 0,2%-os BSA-tartalmu pufferben oldottuk, és mindhárom komponensből 100-100 µl-t használtunk. A standard bemérése után 1%-os, 0,5%-os, illetve 0,2%-os BSA-tartalmu pufferből 100-100 µl-t mértünk a három sorozat csöveibe. Ugyanakkor - negyedikként - szérumalapu standardokkal is vettünk fel standard: görbét /1:10 higitás, 0,2% BSA-pufferben, 100 µl; 0,2% BSA-tartalmu puffer, 100 µl; antitest és jelzett: mint előbb/. Az eredményt bemutató 3. ábrán egyrészt az látható, hogy a különböző koncentrációju BSA-pufferoldatok alkalmazása a standard görbe lefutását - a fentebb mondottakkal egybehangzóan - módositja, s a változás az alkalmazott koncentrációtól függ.



3. ábra

Szérumalapu standardokkal és különböző koncentrációju BSA-oldatok hozzáadása esetén pufferalapu standardokkal felvett standardgörbék



4. ábra

Szérumalapu standardokkal és az assay valamennyi komponense BSA-tartalmának 0,5%-ra történő emelése esetén pufferalapu standardokkal felvett standardgörbék

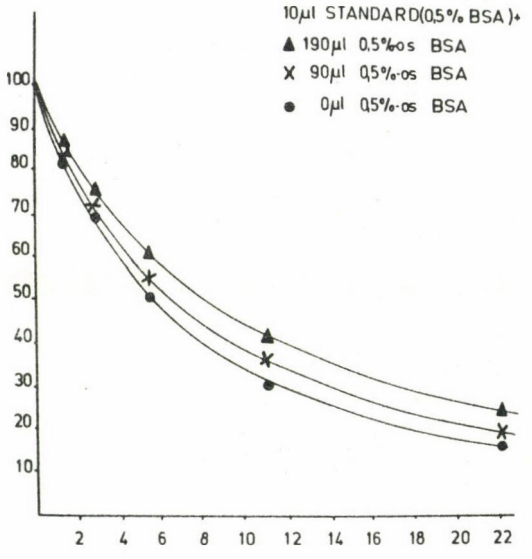
Egyben az is kivehető, hogy a szérumalapu standardokkal felvett görbe lefutása a 0,5%-os, illetve a 0,2%-os BSA-tartalmu puffer hozzáadásával kapott görbék közé esik, az előbbiekhez közelebb haladva. Kérdés, hogy nem célszerűbb-e az assay minden alkotórészének oldását eleve nagyobb koncentrációju BSA-oldatban végezni. Igy esetleg a 10 µl szérum és a standardok közötti különbségnek a standard görbe lefutására gyakorolt hatása jelentéktelenné válhat. Meg is próbáltuk a 0,5%-os BSA-tartalmu puffer alkalmazását: 10 µl szérumalapu standardhoz, illetve 10 µl 0,5%-os BSA-tartalmu, pufferalapu standardhoz - hogy az előzőkben is használt 400 µl összvolument tartsuk - 100 µl 0,5% BSA-tartalmu puffert mértünk, majd az ugyancsak 0,5%-os BSA-tartalmu jelzett T_4-oldatot és antitestet adtuk a csövekhez. A 4. ábra mutatja, hogy a két standard görbe lefutása eléggé egyező, bár némi eltérés észlelhető.

A BSA mennyiségének a növelése meddig kívánatos, és milyen hatással van ez az assay alapját képező, antigén és antitest közti reakcióra? Ez a kérdés azért is adódik, mert az antitest-titrációs görbe felvételénél /lásd I. rész/ láttuk, hogy a 0,5% BSA-tartalmu puffer esetén az antitest - a kötött frakció mérése alapján - a jelzett antigén kisebb hányadát kötötte, mint a 0,5% BST-t tartalmazó puffer esetében.

Megvizsgáltuk az assay alapjául szolgáló, 0,5%-os BSA-tartalmu puffer összvolumenének hatását is a standard görbe lefutására, mert az egy csőben jelentkező BSA-mennyiség ennek a függvénye.

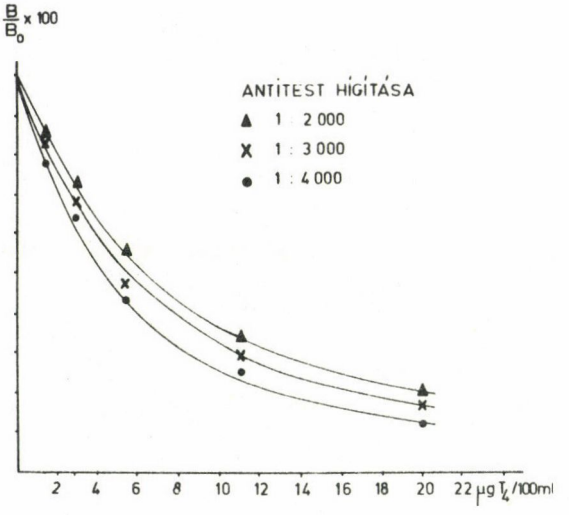
A 10 µl standard bemérése után, a 100 µl jelzett T_4-oldat és az antitest oldatának hozzáadása előtt, a 0,5% BSA-tartalmu puffer változó térfogatát /190, 90, 0 µl/ mértük egy-egy sorozathoz. Az előzőekkel egybehangzóan a kisebb T_4-koncentrációju standardoknál a kötött frakció radioaktivitása csökken, következésképpen a B/B_o x 100 érték nagyobb T_4-koncentrációnál nagyobbnak adódik /5. ábra/. Az antitest higitásának a növelése is hasonló hatással van a görbék lefutására, amint azt a 6. ábránk mutatja /az antitesthigitást az ábrán feltüntettük; az assay alkotórészeit ez esetben is 0,5%-os BSA-tartalmu pufferben vittük be/. A BSA-tartalom megnövelése azonban elsődlegesen nem az antitestre hat, nem annak az antigénkötő kapacitását csökkenti, hanem inkább azt eredményezi, hogy a jelzett T_4 egy része a BSA-hoz kötődik. A BSA-tartalom, mint számottevő aspecifikus kötődési kapacitás, versenghet az antitesttel a jelzett hormonért.

Ezért láttuk szükségesnek annak a vizsgálatát, hogy azonos antitesttiter és- mennyiség, valamint azonos mennyiségü jelzett T_4-oldat esetén a közeg BSA-koncentrációjának a változtatása - jelzetlen antigén jelenléte nélkül - hogyan befolyásolja a kötött frakció radioaktivitását. Az 1. táblázat ilyen kisérlet adatait mutatja be. Jól kivehető, hogy az egy csőre eső BSA-mennyiség növekedése a kötött frakció radioaktivitásának a csökkenésével jár együtt, ezért a BSA mennyiségét nem célszerü nagy mértékben megnövelni.



5. ábra

Az assay-puffer összvolumene változásának hatása a standard görbe lefutására 0,5% BSA koncentráció esetén



6. ábra

Az antitest higitásának hatása a standardgörbe lefutására 0,5 BSA koncentráció esetén

1. táblázat

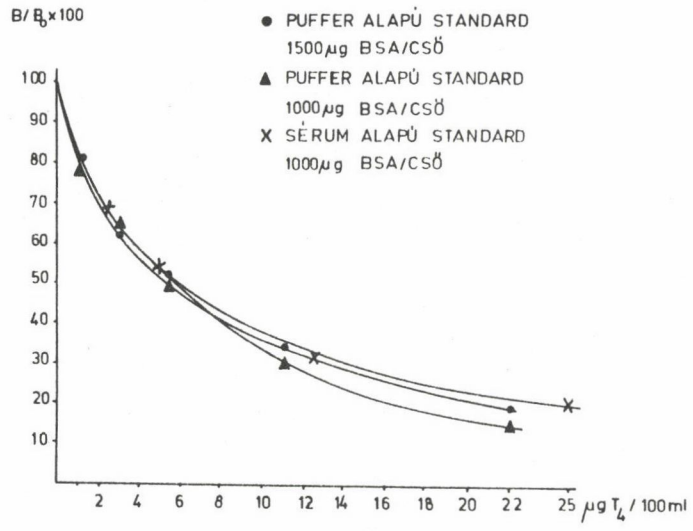
A BSA-tartalom hatása a B/T x 100 érték alakulására

BSA /µg/csõ/	B/T x 100
300	48,8
600	49,6
900	45,6
1300	42,7
1700	40,9
2100	36,4

Jelzett T_4 és 1:3000 higitási antitest 100-100 µl;
400 µg Merthiolat/csõ; 400 µl összvolumen csövenként.
Inkubálás szobahõn 2 órán át; szeparálás PEG-lal.

A következõkben ezért azt vizsgáltuk meg, hogy ha 1500 µg/csõ BSA összmennyiséget teszünk a pufferalapu standardok csöveibe, és 1000 µg BSA-t adunk hozzá - az assay alkotórészeivel - a szérumalapu standardok saját albumin-/fehérje/-tartalmához, ez hogyan befolyásolja az eredményt. A megadott BSA-mennyi-

séget ugy biztositottuk, hogy a pufferalapu standardsor esetében 10 µl 0,5% BSA-tartalmu pufferben oldott standardhoz 90 µl, 0,5% tartalmu puffert mértünk, a szérumalapu standardok 10 µl-jeihez pedig 90 µl BSA-mentes puffert, s ezek után mindkét sorhoz 0,5% BSA-pufferben 100-100 µl jelzett T_4- és antitestoldatot. A 7. ábra mutatja, hogy az igy felvett két standard görbe egybeesik, valamint, hogy ha a pufferalapu standardok csöveiben is csupán 1000 µg BSA-t biztositunk, akkor a nagyobb T_4-koncentrációju standardértékeknél a B/B_o x x 100 érték kisebb lesz. További vizsgálatainkban ezen összeállitás mellett maradtunk, s ennek alkalmazhatóságát vizsgáltuk.



7. ábra

Pufferalapu standardokkal 1000, ill. 1500 µg BSA/cső BSA tartalom esetén, illetve szérumalapu standardokkal /1000 µg BSA/cső/ felvett standard görbék

MEGBÍZHATÓSÁGI KRITÉRIUMOK VIZSGÁLATA AZ ASSAYBEN

A pontosság és reprodukálhatóság megitélése céljából meghatároztuk egyazon assayben, illetve külön-külön assaykben párhuzamosan végzett vizsgálatok eredményeiből az un. intra- és az inter-assay variációs együtthatóit. Az intraassay vizsgálat során egyrészt a standardok B/B_o x 100 értékének alakulását vizsgáljuk /2. táblázat/, másrészt pedig ismeretlen szérumok T_4-koncentrációjának párhuzamos vizsgálatát végeztük el /3. táblázat/.

Az inter-assayt is hasonlóan végeztük: a különböző napokon felvett standard görbék B/B_o x 100 értékének összehasonlitása mellett /4. táblázat/ ismeretlen szérumok más-más napon végzett T_4-vizsgálatának eredményét is összevetettük /5. táblázat/. A hozzáadás és a higitás módszerével végzett visszanyerés eredményét mutatjuk be a 6. táblázaton: az átlagos visszanyerés hozzáadás esetén 103,6%-nak adódott, mig a higitásnál 96,5% volt.

Módszerünk érzékenységének vizsgálatát mutatjuk be a 8. ábrán. Az érzékenységet ugyanis ugy is meghatározhatjuk, mint azt a legkisebb antigénkoncentrációt, amelyet az assayvel még ki tudunk mutatni. Ez a 0 T_4-koncentrációju standard érték esetén észlelt S x-tól /standard hibától/ és a standard

görbe e szakaszon észlelt lefutásától függ[1]. Meghatározásának a gyakorlatnak megfelelő módszerét a sémás ábra mutatja. Eredményeink szerint módszerünk érzékenysége 0,2 µg T_4/100 ml értéknek felel meg, ami igen jól egyezik a Hermann és munkatársai által publikált 0,24 µg T_4/100 ml értékkel[2].

A husz ismeretlen szérumminta Amersham T_4-RIA kittel és a saját összeállitásu assayvel végzett T_4-meghatározásai során kapott eredmények - amint azt a 9. ábra mutatja - igen jól korreláltak. Ugy véljük, hogy RIA-módszerünk a szérum T_4-tartalmának meghatározására jól alkalmazható.

2. táblázat

Intra-assay vizsgálat. A standardok B/B_o x 100 értékének alakulása

Standardok T_4-koncentrációja /µg/100 ml/	A B/B_o x 100 értékek átlaga*	S.D. /±/	Variációs együttható /%/
1,38	80,9	2,64	3,26
2,75	65,2	1,33	2,04
5,50	51,0	1,00	1,96
11,00	37,6	1,11	3,06

*Nyolc meghatározás, két-két párhuzamos

3. táblázat

Intra-assay vizsgálat. Ismeretlen szérumok T_4-koncentrációjának meghatározása

Szérumok jelölése	Vizsgálatok száma*	Átlagos T_4-koncentráció /µg/100 ml/	S.D. /±/	Variációs együttható /%/
A.	8	4,1	0,31	7,56
B.	8	6,3	0,35	5,55
C.	8	8,6	0,57	6.62
D.	8	13,2	0,71	5,38
Átlagos variációs együttható:				6,28

*1 vizsgálat = 2 párhuzamos

4. táblázat

Inter-assay vizsgálat. Különböző napokon vizsgált standardok B/B_o x 100 értékének alakulása

Standardok T_4-koncentrációja /µg/100 ml/	Az assayk száma	A B/B_o x 100 értékek átlaga	S.D. /±/	Variációs együttható /%/
22,00	7	19,4	1,37	7,06
11,00	7	35,7	1,83	5,10
5,50	7	54,8	3,10	5,70
2,75	7	75,6	3,20	4,20
1,38	7	87,6	1,93	2,20

5. táblázat

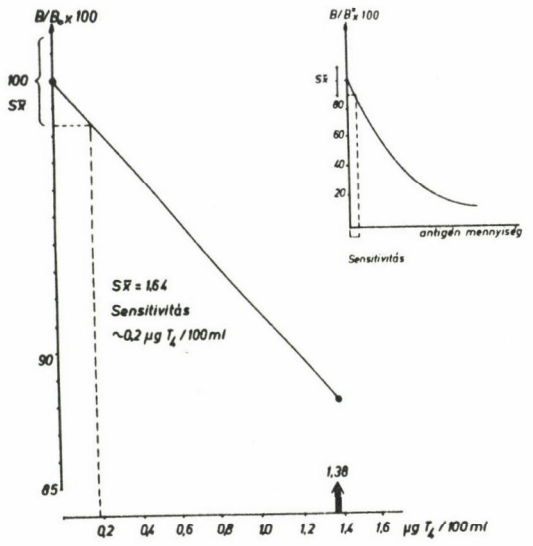
Inter-assay vizsgálat. Ismeretlen szérumok T_4-értékének meghatározása

A szérum jelölése	Assayk száma	Átlagos T_4-koncentráció /µg/100 ml/	S.D. /±/	Variációs együttható /%/
A.	6	4,5	0,43	9,55
B.	6	10,7	0,81	7,57
C.	6	20,7	1,47	7,20
	Átlagos variációs együttható:			8,11

6. táblázat

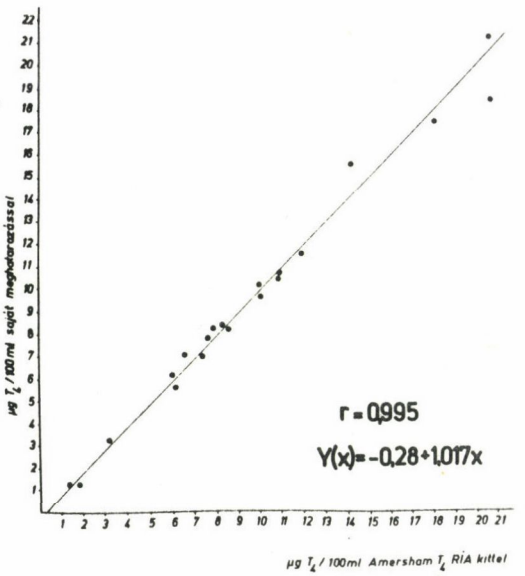
Alap	Hozzáadott koncentráció /µg/100 ml/	Várható koncentráció /µg/100 ml/	Mért koncentráció /µg/100 ml/	Visszanyerés /%/
0,6	11,0	11,6	11,4	98,2
0,6	9,8	10,4	10,5	100,9
0,6	5,5	6,1	6,3	103,3
0,6	2,8	3,4	3,6	105,8
0,6	1,4	2,0	2,2	110,0
Átlagos visszanyerés hozzáadás esetén:				103,6

Higitás foka	Alap koncentráció /µg/100 ml/	Várható koncentráció /µg/100 ml/	Mért koncentráció /µg/100 ml/	Visszanyerés /%/
1:2	20,2	10,10	10	99,0
1:4	20,2	5,05	4,9	97,0
1:8	20,2	2,53	2,4	94,9
1:16	20,2	1,26	1,2	95,2
Átlagos visszanyerés higitás esetén:				96,5



8. ábra

Módszerünk érzékenységének meghatározása; a vizsgálat elve



9. abra

Módszerünkkel és Amersham T_4 RIA kittel nyert eredmények összehasonlitása

A széleskörü klinikai alkalmazhatóságot azonban nagyszámu, különböző pajzsmirigy-betegektől származó szérumminta vizsgálatának a klinikai diagnózissal és az egyéb vizsgálati eredményekkel történő összevetése dönti majd el véglegesen.

Ez irányu vizsgálataink folyamatban vannak.

IRODALOM

1. *R.P. Ekins*, Brit. Med. Bull. 30 /1974/ 481

2. *J. Hermann, H.J. Rusche, H.L. Krüskemper*, Clin. Chim. Acta 54 /1974/ 69

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 127-136

A RADIOAKTIV HULLADÉKFELDOLGOZÓ ÉS -TÁROLÓ ÜZEMELTETÉSI TAPASZTALATAI

Fehér L., Kasza J.
Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás
/Érkezett 1979. szeptember 5-én/

Az eddig begyüjtött szilárd, folyékony és biológiai hulladék mennyisége, helységenkénti eloszlása és feldolgozása. A jövőben várható mennyiség.

Опыты эксплуатации Станции для обработки и захоронения радиоактивных отходов Фехер, Л., Каса, Я.

Количество, мечто происхождения и обработка собранных твердых, жидких и биологических отходов. Ожидаемое количество обрабатываемых в будущее отходов.

Operational Experiences at the Radioactive Waste Handling and Disposal Station Fehér, L., Kasza, J.

Quantities, origin and handling technology of collected solid, liquid and biological wastes. Estimated quantities-to-come.

BEVEZETÉS

Az Országos Atomenergia Bizottság beruházásában épült püspökszilágyi Radioaktiv Hulladékfeldolgozó és -tároló /RHFT/ 1976 végére készült el.

A létesitmény megépitésének célja az volt, hogy megnyugtató módon megoldja a hazai radioaktiv izotópok gyártásánál és felhasználásánál, a kisérleti és tanreaktor üzemeltetésénél keletkező radioaktiv hulladék begyüjtését, feldolgozását és végső tárolását.

A régebbi izotóptemető, mely Budapest határában, az 1950-es évek végén kisérleti jelleggel létesült, ezt a célt nem tudta elérni, és továbbfejlesztésre a főváros közelsége miatt nem volt lehetőség.

Az uj létesitmény helyének kiválasztásánál elsősorban a talajtani, hidrológiai tényezők voltak a meghatározók. A Püspökszilágy környékén lévő terület a radioaktiv hulladék tárolásával szemben támasztott igényeket messzemenően kielégiti.[1]

A kiválasztott, mintegy 10 hektáron 50 millió Ft-os költséggel épült meg a létesitmény.[2-3]

Az RHFT üzemeltetését 1977 márciusában kezdte meg a Fővárosi KÖJÁL. A több, mint kétéves üzemeltetési tapasztalat lehetőséget ad arra, hogy megvizsgáljuk, a létesitmény mennyiben felel meg a követelményeknek, ki tudja-e elégiteni a hazai radioaktiv hulladék kezelésével, végleges elhelyezésével szemben támasztott igényeket.

A RADIOAKTIV HULLADÉK BEGYÜJTÉSE

A létesitmény tervezésekor évente mintegy 80 m^3 szilárd, 50 m^3 folyékony, 5 m^3 biológiai és 300 liter szerves oldószer hulladékot vettünk figyelembe. A tervezéshez reális adatként csak a szilárd, valamint a kis és közepes aktivitásu zárt sugárforrás hulladék állt rendelkezésre, tekintve, hogy másfél évtized során csak ezeket gyüjtötték be. A radioaktiv szennyviznél, szerves oldószernél, biológiai hulladéknál, továbbá a nagy aktivitásu sugárforrásoknál csak becsült adatokra támaszkodhatunk.

Az adatok pontatlansága miatt a hulladékfeldolgási rendszer továbbfejlesztésére, bővitésére is lehetőséget teremtettünk.

A SZILÁRD HULLADÉK BEGYÜJTÉSE

A püspökszilágyi RHFT átadását megelőző években a szilárd radioaktiv hulladékot korlátozott mértékben tudtuk csak begyüjteni a solymári telephely tárolókapacitásának hiánya miatt. Várható volt, hogy az uj létesitmény üzemeltetésének első éveiben megnövekedett mennyiségü szilárd hulladék begyüjtésével kell számolni. A szilárd hulladékot a régebben kialakitott gyakorlatnak megfelelően gyüjtöttük be. A polietilén zsákos csomagolásu hulladékot minden esetben átcsomagoltuk, a felületi szennyeződés kiküszöbölése céljából.

Nagy fajsulyu, nagy tömegü hulladék begyüjtésére 200 literes fémhordókban került sor.[4]

A hulladék begyüjtésére vonatkozó adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A begyüjtött szilárd radioaktiv hulladék mennyisége

Göngyöleg	1977	1978	1979 I.félév
Hordó /db/	269	128	30
Zsák /db/	721	753	278
Egyéb /m^3/	120	-	12
Összesen /m^3/	250	110	80

Szilárd hulladék begyüjtésénél nehézséget jelentett, hogy első alkalommal került sor nagy mennyiségü, nem szabvány csomagolásu hulladék elszállitására. Ilyen volt az MTA Izotóp Intézet hulladékának egyrésze, amely nagy terjedelmü szerelvényeket, csővezetéket, szellőző rendszeri elemeket tartalmazott. Hasonló problémát jelentett az Országos Röntgen- és Sugárfizikai Intézet rádiummal szennyezett, nyitott rádium sugárforrást tartalmazó páncélszekrényének kiszállitása és elhelyezése. A hulladékszállitó gépkocsi késedelmes átadása miatt több esetben szállitottuk a hulladékot közönséges tehergépkocsival. Ez különösen növelte a kockázatot. Mindezek ellenére a felgyülemlett nagy mennyiségü szilárd radioaktiv hulladék elszállitása még az első évben sem okozott jelentősebb nehézséget.

ZÁRTSUGÁRFORRÁS-HULLADÉK BEGYÜJTÉSE

A zártsugárforrás-hulladék - hasonlóan a szilárd hulladékhoz - nagyobb mennyiségben várt elszállitásra az uj létesitmény üzembelépését követően. Igy pl. 1978-ban több olyan munkahely is volt, amely egy-egy alkalommal 100-nál több zárt sugárforrást adott át hulladékként.

Az elmult időszakban begyüjtött un. kis és közepes aktivitásu zárt sugárforrások mennyiségét és aktivitását a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

A kis és közepes aktivitásu zártsugárforrás-hulladék mennyisége és aktivitása

Az átvétel ideje	Sugárforrás							
	α		β		γ		neutron	
	db	GBq /Ci/	db	GBq /Ci/	db	GBq /Ci/	db	GBq /Ci/
1977	4	0,74 /0,02/	91	7586 /178/	251	433 /11,7/	21	696 /18,8/
1978	4	0,37 /0,01/	396	81 /2,2/	436	574 /15,5/	21	2294 /62,0/
1979 I.félév	-	-	86	422 /11,4/	78	1717 /46,4/	19	352 /9,5/
Összesen	8	1,11 /0,03/	573	8089 /191,6/	765	2724 /73,6/	61	3342 /90,3/

A begyüjtött sugárforrások egyedi aktivitása az első két évben nem haladta meg a 37 GBq /1 Ci/ ^{60}Co ekv. értéket. 1979-ben több esetben is sor került 370 GBq /10 Ci/ aktivitásu Cs-137 sugárforrás átvételére. 370 GBq /10 Ci/ ^{60}Co ekv. fölötti, un. nagy aktivitásu γ-sugárforrást ezideig még nem gyüjtöttek be. Az ilyen hulladék szállitási és elhelyezési feltételeit biztositottuk,

a szükséges próbaüzemeltetést az MTA Izotóp Intézettel együttmüködve elvégeztük. Várhatóan a közeljövőben sor kerül mintegy 740 TBq /20 kCi/ ^{60}Co sugárforrás-hulladék elhelyezésére.

RADIOAKTIV SZENNYVIZ BEGYÜJTÉSE

A radioaktiv szennyviz mennyisége eddig még a tervezett szint alatt maradt. Ennek egyik oka, hogy a radioaktiv szennyviz kibocsátására nincs szennyvizbirsági rendelet. A másik oka, hogy a nagy mennyiséget létrehozó intézményeknél feldolgozási technológiát alkalmaznak, melynek eredményeként a szennyviz, mint bebetonozott szilárd hulladék jelentkezik. 1978-ban a 10 és 20 literes polietilén kannákban begyüjtött szennyviz mennyisége 1760 liter volt. E hulladék tulnyomó többsége nagy fajlagos aktivitásu szennyviznek tekinthető (0,037-3,7 kBq/ml /10^{-3}-10^{-1} µCi/ml). A közeljövőben várható, hogy sor kerül néhány köbméter radioaktiv szennyvizkoncentrátum begyüjtésére is.

RADIOAKTIV SZERVES OLDÓSZERHULLADÉK BEGYÜJTÉSE

Valamennyi radioaktiv hulladékfajta közül a szerves oldószer begyüjtése, feldolgozása és elhelyezése jelenti a legnagyobb problémát: a radioaktivitáson tulmenően ugyanis tüz- és robbanásveszéllyel kell számolni. 1978-ban 940 liter ilyen hulladékot gyüjtöttünk be. Ez a mennyiség messzemenően meghaladja a tervezettet. A növekedést az magyarázza, hogy hosszu ideig tárolt hulladékot is begyüjtöttünk. Várhatóan az éves mennyiség a jövőben meg fogja közeliteni a tervezettet. A kovaföldděl felitatott, 20 literes marmonkannákban beszállitott hulladék fajlagos aktivitása a jellemző ^{3}H és ^{14}C izotópokra 185 kBq/ml /5 µCi/ml/ körüli volt.

BIOLÓGIAI RADIOAKTIV HULLADÉK BEGYÜJTÉSE

Az uj létesitmény üzembehelyezését megelőző években az izotópfelhasználóknál a legnagyobb nehézséget a biológiai radioaktiv hulladék jelentette. A kérdés sokszor ugy vetődött föl, hogy a hulladék elszállitásának hiánya akadályozza a radioaktiv izotópok biológiai kutatási felhasználását.

A biológiai hulladék begyüjtését 1978-ban kezdtük el. Ezideig mintegy 200 litert gyüjtöttünk be, mely lényegesen kevesebb a tervezettnél.

A hulladékot 25 l-es tejeskannákban gyüjtöttük be, tekintve, hogy régebben keletkezett. A begyüjtés során derült ki, hogy sok helyütt hosszu évekig tároltak olyan hulladékot, melynek radioaktivitása nem érte el a szabványban a biológiai radioaktiv hulladékra előirt értéket.

Várható, hogy a jövőben a biológiai hulladék mennyisége nem fog növekedni, mivel a mérőmüszerek érzékenységének növekedésével olyan kevés radioaktiv izotópot kell felhasználni, amely nem eredményez radioaktiv hulladékot.

Az uj létesitmény eddig közel 200 radioizotópot felhasználó munkahelyről fogadott hulladékot.

A hulladékmennyiség felhasználás szerinti %-os megoszlását a 3. táblázat szemlélteti.

3. táblázat

A hulladék mennyiségének megoszlása

Felhasználó	Szilárd radioaktiv hulladék %	Zártsugárforrás-hulladék %
Ipar	15	86
Kutatás	80	1
Egészségügy	5	13

Az adatok azt mutatják, hogy a legnagyobb térfogatu szilárd radioaktiv hulladék főként kutatóintézetekből kerül ki /MTA Izotóp Intézet, KFKI, BKI stb./. A kis és közepes aktivitásu zárt sugárforrások legnagyobb részét az ipartól kapjuk.

A 4. táblázat azt mutatja, hogy az egyes helységekből hány alkalommal szállitott az RHFT radioaktiv hulladékot. /Legtöbb esetben a fővárosból szállitottunk./

4. táblázat

A hulladékbegyüjtések száma helységek szerint

Helység	Az átvétel ideje		
	1977	1978	1979 I.félév
Budapest	50	65	30
Baja	-	2	-
Berettyóujfalu	2	2	-
Budaörs	1	-	-
Debrecen	1	1	1
Győr	2	-	-
Kővágószöllős	-	1	-
Mosonmagyaróvár	1	-	-
Nagykanizsa	1	1	1
Pécs	1	2	-
Pét	-	1	-
Solymár	1	6	-
Szajol	-	-	1
Százhalombatta	-	1	-
Szeged	1	2	1
Szigethalom	1	-	1
Szolnok	4	4	1
Szombathely	1	-	-
Tihány	-	1	-
Várpalota	4	-	1
Veszprém	3	-	3
Zalaegerszeg	-	1	-
Összesen:	73	88	40

Az RHFT eddigi tevékenységének eredményeként megállapitható, hogy az izotópos munkahelyek sugáregészségügyi körülményei javultak. Megszünt az a veszély, amelyet az izotóplaboratóriumokban felhalmozott nagy mennyiségü radioaktiv hulladék jelentett. Lényegesen csökkent a munkahelyi dózisszint, és javultak a feltételei az ujabban keletkező hulladék helyi tárolásának.

Az uj létesitmény megépülése lehetőséget ad a radioaktiv izotópok szélesebb körü felhasználására, mivel az RHFT valamennyi hulladékfajtát nagyobb mennyiségben is át tud venni.

A radioaktiv hulladékok téritésmentes begyüjtése - tapasztalataink szerint - nem növeli lényegesen az átadott hulladék mennyiségét, ugyanakkor csökkenti a radioaktiv anyagok környezetbe való kijutásának valószinüségét.

A RADIOAKTIV HULLADÉK FELDOLGOZÁSA

Szilárd radioaktiv hulladéknál feldolgozást nem terveztünk. A különféle térfogatcsökkentési eljárások évi 80-100 m^3 hulladéknál nem lehetnek gazdaságosak. Ezen tulmenően a hulladék mintegy 40%-a nem éghető, és nem préselhető. A beszállitást követően a szilárd hulladékot közvetlenül a tárolókba helyezzük.

A begyüjtött szervesoldószer-hulladékot az első időkben kovaföldes felitatás nélkül is átvettük. Az ilyen hulladékot a végső elhelyezés előtt az üzemben dolgoztuk fel.

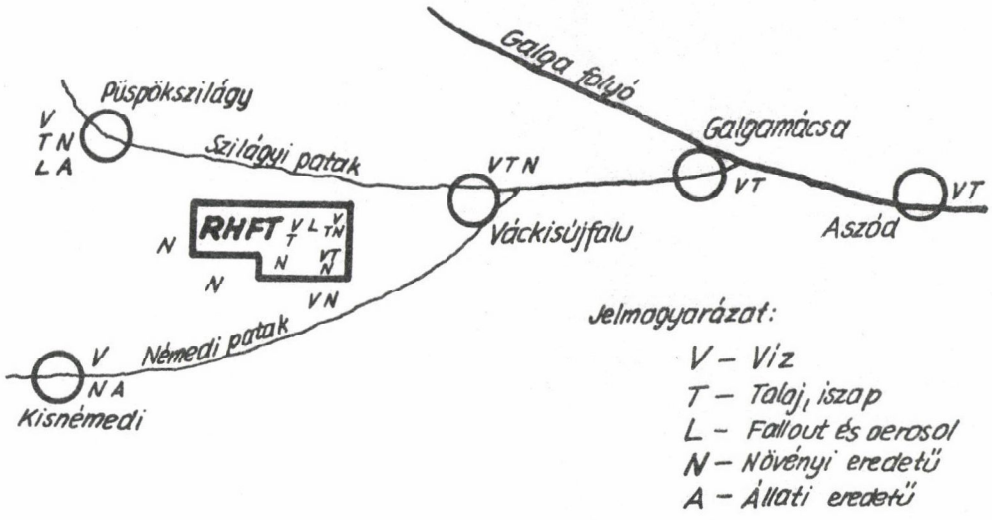
A radioaktiv szennyviz feldolgozására technológiai berenedezéseink 1978. elején már alkalmasak voltak. A flokkuláló és ioncserélő berendezésekkel próbaüzemeltetést végeztünk. Ezt követően kisérleti szennyvizfeldolgozást kezdtünk. 1978. májusától 1979. I. félévéig a beszállitott és helyi keletkezésü radioaktiv szennyviz mennyisége 20,4 m^3 volt.

A szennyviznél térfogatcsökkentést nem alkalmaztunk. Az üzemeltetés első évében olyan nagy mennyiségü szilárd hulladékot helyeztünk el a tárolókban, hogy a hézagtérfogat folyékony betonnal történő kitöltéséhez lehetett felhasználni a szennyvizet.

A szennyviznél tehát a feldolgozási technológia első két fázisát, a kémiai kezelést és az ioncserélést kihagyva csak az utolsó fázist, a betonozást alkalmaztuk. Ilymódon egyetlen 70 m^3-es, szilárd hulladékkal már megtöltött tárolórekeszt öntöttünk ki radioaktiv betonnal.

A könnyen sérülő zárt β-sugárforrásokat, α-sugárforrásokat vagy sérült γ-sugárforrásokat tárolásra előkészitjük.

Ugyancsak előkészitést kell alkalmazni a munkatartókban begyüjtött γ-sugárforrásoknál is, ha a felületi dózisteljesitmény a 100 nA/kg /1,5 R/h/ értéket meghaladja.



2. ábra

Mintavételi helyek /nem méretarányos ábrázolás/

Magyarországon jelenleg mintegy 37 000 TBq /1 MCi/ nagy aktivitásu zárt ^{60}Co sugárforrást alkalmaznak. Ebből 11 100 TBq /300 kCi/ kanadai eredetü, a többi mentegy 25 900 TBq /700 kCi/ a Szovjetunióból került Magyarországra. Várható, hogy 1985-re kb. 37 000 TBq /1 MCi/ ^{60}Co szovjet eredetü sugárforrás üzemel majd hazánkban. A ^{60}Co források egy-két vagy három felezési idő multán kerülnek hulladékba, tehát a legkedvezőbb esetben - 15 éves felhasználási időt figyelembe véve - évente legalább 555-740 TBq /15-20 kCi/ aktivitásu forrás temetésére lehet számitani.

Különleges hulladékként kell foglalkozni az Ir-192 sugárforrás gyártásából származó kis térfogatu, de nagy aktivitásu hulladékkal. Ez évente, a 24-30 konzervdobozba csomagolt hulladék összaktivitását tekintve, 9,25-11,1 TBq /250-300 Ci/ γ-sugárzó anyagot képvisel.

E hulladékot speciális konténerekben szállitjuk és helyezzük el.

A közeljövőben,várhatóan 1979-1980-ban kerül sor a solymári izotóptemető teljes felszámolására is. Az ott tárolt, mintegy 900 m^3 szilárd radioaktiv hulladékot és több ezer zárt sugárforrást át kell telepiteni a püspökszilágyi RHFT-be. A teljes felszámolás a szennyezett tárolók, talaj stb. elszállitására és hulladékként történő elhelyezésére is kiterjed.

Az RHFT-vel hosszu távon megoldódott a hazai radioaktiv izotópok gyártásából és felhasználásából származó hulladékok kezelése és elhelyezése. A léte-

Az előkészitès β- és α-sugárforrás esetében a hulladék bitumenbe, γ-sugárforrásnál betonba való ágyazását jelenti.

Biológiai radioaktiv hulladék feldolgozására - a hulladék bitumenbe történő beágyazására - csak néhány esetben került sor. Ennek az a magyarázata, hogy nagyon kevés ilyen hulladékot gyüjtöttünk be, illetve a begyüjtött radioaktiv hulladék tejeskannában volt, s igy a feldolgozás nem volt alkalmazható.

A RADIOAKTIV HULLADÉK ELHELYEZÉSE

Az elmult két és fél év során 420 m^3 tárolóhelyet használtunk fel. Ez azt jelentette, hogy a 48 70 m^3-es tárolóegységből hatot töltöttünk meg.

A radioaktiv szennyviz betonozása során megállapithattuk, hogy a szilárd hulladék körüli hézag térfogata mintegy 30%-a az eredeti térfogatnak. Jelenleg a szilárd hulladékkal már megtöltött tárolórekeszek mintegy 60 m^3-nyi radioaktiv szennyviz folyékony beton formájában való befogadására alkalmasak. Ennek megfelelően a jövőben a szennyviz feldolgozásánál elsősorban betonozást alkalmazunk. Ezt alátámasztja az a körülmény is, hogy a begyüjtött szennyviz általában nagy fajlagos aktivitásu, mentesitése körülményes.

A szilárd hulladék tárolására mintegy 10-15 évig van elegendő helyünk. Emellett lehetőség van a solymári izotóptemetőben tárolt mintegy 900 m^3 radioaktiv hulladék elhelyezésére is.

A kis és közepes aktivitásu zártsugárforrás-hulladékot un. csőkutban helyeztük el. A négy 6 m mélységü csőkut mintegy 20 év alatt telik meg.

A nagy aktivitásu sugárforrások elhelyezésére 32 csőkut áll rendelkezésre, s évenként 740 TBq /20 000 Ci/ összaktivitásu hulladékot 15 évig képes fogadni.

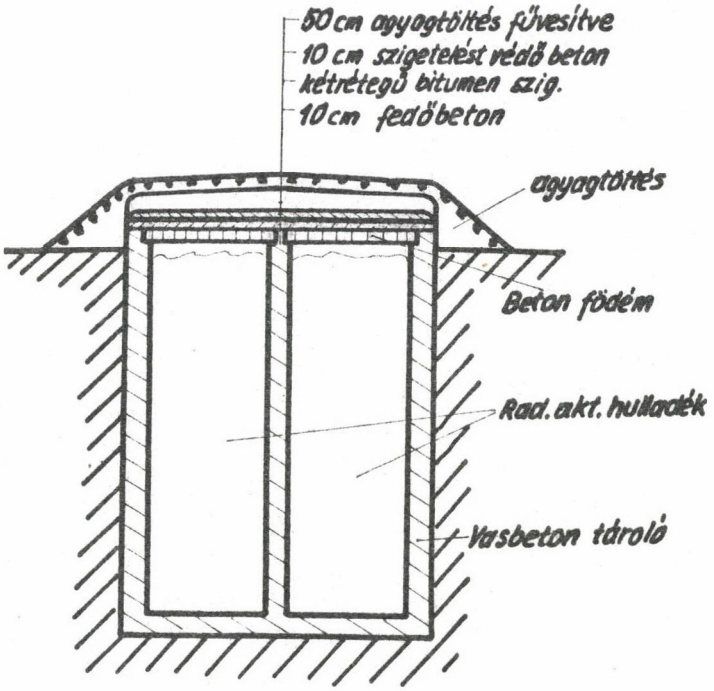
A 70 m^3-es hulladéktároló egységek közül már sor került egy hulladéktároló végleges lezárására is /1. ábra/. A végleges lezárásnak az a célja, hogy ne kerüljön csapadékviz a tárolóba, illetve ne jusson ki radioaktiv anyag a környezetbe.

A HULLADÉKKEZELÉS KÖRNYEZETVÉDELMI KÉRDÉSEI

Az izotóptemetők üzemeltetésénél elsődleges szempont a környezet radioaktiv szennyeződésének megakadályozása. Ennek érdekében megfelelő környezetellenőrző hálózatot kell kiépiteni.

A püspökszilágyi létesitmény üzembehelyezését megelőzően kezdtük el a környezeti radioaktivitás mérését, az un. "0" szint felmérését. Ez, valamint az üzemeltetés során végzett környezeti mérés kiterjed a létesitmény talajának, növényeinek, talajvizének, csapadékvizének, levegőjének vizsgálatára.

A létesitmény környezetében ezen felül vizsgáljuk még a felszini vizeket, termesztett növényeket, állati csontokat, tejet. A legtávolabbi minta-



1. ábra
Szilárd hulladéktároló végleges fedése

vételi hely az RHFT-től 16 km-re van. A mintavételi helyeket a 2. ábrán tüntetjük fel.

Évente mintegy 2000 mintát dolgozunk fel, és értékeljük β-, illetve γ-aktivitásukat. Az eddigi vizsgálatok alapján megállapitható, hogy sem az RHFT-hez tartozó, mezőgazdasági müvelés alól kivont védőövezetben, sem távolabbi körzetében nem növekedett a környezet radioaktivitása.

A HULLADÉK MENNYISÉGÉNEK VÁRHATÓ ALAKULÁSA

A solymári izotóptemető, valamint a püspökszilágyi RHFT eddigi üzemeltetési tapasztalatai alapján viszonylag megközelitő pontossággal lehet előrejelezni, hogy az elkövetkező 10 évben mennyi radioaktiv hulladék elhelyezése válik szükségessé, atomerőmüvi hulladék nélkül.

A szilárd radioaktiv hulladék mennyisége évente 80-120 m^3-re tehető. Néhány évben a felső értéket is meghaladó hulladékmennyiséggel kell számolni, figyelembe véve egyes munkahelyek rekonstrukcióját. Közülük a legjelentősebb a KFKI VVR-SZM reaktorának rekonstrukciója. Itt különleges hulladékként a primerkör két egysége: a nagytartály és a benne lévő szerkezeti elemek /a szeparátor, a zónatartály és a benne lévő fütőelemrács/, valamint a primerköri csőhálózat és berendezései /szivattyuk, hőcserélők, szürők stb./ jelentik a legnagyobb problémát, szállitás és elhelyezés szempontjából egyaránt.

A várható szilárd hulladék /felaktivált és szennyezett anyag/ mennyisége mintegy 300 m^3 lesz.

A radioaktiv szennyviz mennyiségét tekintve évente 40-50 m^3 feldolgozásával és elhelyezésével kell számolni. Növekedni fog az MTA Izotóp Intézet és az MTA KFKI által átadandó szennyvizkoncentrátum mennyisége is.

sitmény alkalmas bővitésre, és képes esetenként váratlanul nagyobb mennyiségben keletkező hulladék befogadására is.

A területen a hulladékelhelyezés biztonsága kielégitő, várhatóan a jövőben sem kell számolni környezeti radioaktiv szennyeződéssel.

IRODALOM

1. *Fehér L., Kasza J., Török I.*, Radioaktiv hulladékok elhelyezése talajban, Izotóptechnika /Budapest/ 18 /1975/ 509
2. *Fehér L., Fényes Gy., Tordai Gy.*, Radioaktiv hulladékfeldolgozó és -tároló létesitése, Izotóptechnika /Budapest/ 17 /1974/ 177
3. *Fehér L., Hirling J., Kasza J.*, Az uj magyar radioaktiv hulladékfeldolgozó és -tároló létesitmény technológiai berendezései, Izotóptechnika /Budapest/ 20 /1977/ 34
4. *Fehér L., Kasza J., Pataky J.*, A radioaktiv hulladék begyüjtése, Izotóptechnika /Budapest/ 21 /1978/ 396

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 137-140

A NUKLEÁRIS MŰSZEREK HELYZETE A KGST ORSZÁGOKBAN

Rózsa S.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

/Érkezett 1979. julius 6-án/

A Moszkvában 1979. május 31-én megnyitott, KGST rendezésü,"A békés atom" elnevezésü kiállitás nukleáris müszereket, berendezéseket és eszközöket mutat be. Az Izotópintézetet is érintő ipari nukleáris müszerek KGST-országokban levő helyzete és fejlesztésük, valamint gyártásuk távlata.

Ядерныи приборы в странах-членах Совета Экономической Взаимопомощи
Рожа, Ш.

Выставка "Мирный атом", организованная в Москве в рамках СЭВ по ядерным приборам, установкам и средствам, изготовленным в странах-членах СЭВ. Анализируются положение и перспективы развития и производства промышленных ядерных приборов, изготовленных также в Институте изотопов ВАН.

Nuclear Instruments in the Member States of the Council for Mutual Economical Help
Rózsa, S.

The exhibition "The Peaceful Atom" organized by the Comecon in Moscow and opened on the 31st of May, 1979 is a show of nuclear instruments, facilities and supplies, produced in the member states. An analysis is given of the position and perspectives of development and production of industrial nuclear instruments, falling within the scope of activity of the Institute of Isotopes.

A KGST Atomenergiai Állandó Bizottsága a szervezet 30 éves fennállásának alkalmából jubileumi kiállitást rendezett Moszkvában 1979. május 31-gyel kezdődően. A "VDNH" területén lévő "Atomenergia" pavilonban megnyitotta és novemberig nyitva tartó kiállitás jó áttekintést nyujt a nukleáris müszerek helyzetéről a KGST országokban, és lehetőséget biztosit a hazai eredmények relativ helyzetének megitélésére. A "Békés atom a szocializmus országaiban" elnevezésü kiállitáson a KGST országok közül a Bolgár Népköztársaság, a Csehszlovák Szocialista Köztársaság, a Lengyel Népköztársaság, a Magyar Népköztársaság, a Német Demokratikus Köztársaság és a Szovjetunió mutatta be az atomenergia békés alkalmazásában elért eredményeit, a kidolgozott kis és nagy berendezéseket, mind az energetika, mind a sugártechnika, mind pedig a méréstechnika területén. A kiállitás teljes anyagában jelentős szerepet kaptak a KGST országokban kidolgozott, élvonalbeli nukleáris müszerek, melyeket az alábbi fő csoportokban állitottak ki:

- atomerőmüvi irányitó és ellenőrző müszerek,
- laboratóriumi nukleáris müszerek, analizátorok,

- orvosi nukleáris müszerek,
- általános célu dozimetriai müszerek,
- ipari nukleáris müszerek és analizátorok,
- defektoszkópok, sugártechnikai felszerelések, eszközök.

A fenti felsorolásnak megfelelő témacsoportokban kiállitott termékek értékelése alapján bizonyos foku stagnálás és szakosodás állapitható meg általános helyzetképként. Sajnálatos, hogy a szakositott témacsoportokban a témagazdák általában nem törekednek a bevált termékek folyamatos korszerüsitésére, a müszerek szolgáltatásainak növelésére és a minőség állandó javitására. Negativ példaként az NDK és Csehszlovákia évek óta alig változó nukleáris müszerei emlithetők meg. Ezzel szemben igen jó benyomást tesznek, és nagy érdeklődést keltettek a KFKI tudományos kutatásra kidolgozott, CAMAC rendszerü laboratóriumi müszerei, a MÉV hordozható analizátorai és a Gamma Müvek orvosi nukleáris müszerei, melyeknél megfigyelhető a folyamatos fejlődés, és a számitógéppel kombinált szcintillációs kamera a KGST országokban szinte az utóbbi évek legjelentősebb müszerujdonságának tekinthető.

A fejlesztési és gyártási párhuzamosság időről-időre való felbukkanását jól példázza, hogy a POLON nukleáris müszeregyesülés /LNK/ is kidolgozott egy sor orvosi nukleáris müszert, melyek közül a háromcsatornás renográfiai összeállitást mutatta be. Ebből a szempontból a Gamma Müvek a szcintillációs gammakamerából és a hozzá csatlakoztatható adatfeldolgozó és megjelenitő számitógépből álló rendszer gyártásával végrehajtott gyártmánycsalád-bővitése jó előrelátásnak tekinthető a jelenlegi piac megtartása és uj piacok megszerzése érdekében.

Az ipari nukleáris müszerek előllitásában egyes területeken megfigyelhető a szakosodási törekvés. Mig a Szovjetunió változatlanul mindenféle ipari nukleáris müszer fejleszt, és készit, elsősorban belföldi célra, addig a többi KGST ország kijelölt magának egy-két főirányt, és azon a területen kiván szélesebb körü exportra támaszkodó gyártást is létrehozni. Legjellemzőbb példaként az NDK FMM 24004 tipusu vastagságmérő családja emlithető meg, vagy a Bolgár Népköztársaságban kidolgozott exportra is szánt szalagmérlegek tartozékokkal kiegészitett összeállitása.

Az FMM 24004 tipusjelzésü mind β-, mind γ-sugárzással, abszorpciós vagy reflexiós elrendezésben egyaránt müködtethető vastagságmérő család a KGST országokban gyártott legkomplettebb ipari nukleáris müszer-összeállitás. A nagyszámu tartozékkal és változtatható mérőszakaszokkal gyártott és rendelhető, vastagság , illetve felületi tömeg mérésére alkalmas müszerek központi készüléke, a speciális változatoktól eltekintve, mindig azonos. A központi készülék, megbizható müködése ellenére, korszerüsitésre szorul, mert közel 10 éve változatlan formában gyártják, és az eredmény kijelzése, szolgáltatásai elmaradnak a jelenlegi világszinvonaltól.

Az Izotóp Intézet által kiállitott két nukleáris ipari müszer /a TSM-11 tipusu, univerzális ipari ratemeter és a GR-06 elnevezésü, többcsatornás szintjelző/ KGST-n belüli összehasonlitásban megállja a helyét, különösen méréstechnikai és rendszertechnikai vonatkozásban. A kiállitáson láthatók voltak /nagyobb gyárak által készitett/, magasabb technológiai szinvonalon készitett müszerek is, de jó néhány olyan müszer is, melyeknek technológiai szinvonala azonos, vagy rosszabb a miénknél.

Összehasonlitva pl. a TSM-11 univerzális ratemeter sürüségmérő változatát a Szovjetunióban készülő, RPZs-1 tipusu folyadéksürüség-mérővel, megállapitható, hogy mig alkalmazási területük, pontossági osztályuk közel azonos, addig az RPZs-1 célmüszer, azaz csak sürüségmérőként használják, viszont a TSM-11 központi mérőmüszere univerzális. Az univerzalitás abban fejeződik ki, hogy ehhez a készülékhez sokféle mérőszakasz /sugárforrás és detektor/ kapcsolható, aminek következtében egy ipari üzemen belül azonos tipusu mérőmüszerrel lehet sürüséget, szintet, nedvességtartalmat, felületi tömeget /szalagmérleg!/, vastagságot és hamutartalmat mérni.

GR-06 tipusu gammarelénk rendszertechnikája kiforrottabb és magasabb szinvonalu, mint a hasonló készülékeké. Egyedülálló tulajdonsága, hogy a detektorfejet kéteres vezeték köti össze a központi készülékkel, és a két ér egymással minden következmény nélkül felcserélhető. Az NDK-ban előállitott, 24012 tipus-jelzésü gammarelécsalád kidolgozásánál az olcsóságot, a tömeggyártást tartották szem előtt, de ezt csak a minőség, a komoly kivitel feláldozása árán érték el.

Mindkét müszerünk tartozéka az ellenőrző célmüszer, melynek segitségével a müszerek müködése ellenőrizhető, az esetleges hibák felismerhetők és körülhatárolhatók. A javitás eredményessége ellenőrizhető, vagy az ujra hitelesités egyszerüen megoldható az együtt szállitott célmüszerrel. Ezen a ponton ismét kiemelhető ipari nukleáris müszereink rendszertechnikája, illetve univerzalitása, mert egy üzemben akárhány müszerünk müködik különféle mérési feladatok megoldására, a célmüszerből csak egy, esetleg kettő szükséges.

Változatlanul jelentős a párhuzamosság a β-sugárreflexiós bevonatvastagság-mérőkben, amit minden országban készitenek /nálunk is/. Sajnálatosan ugyanebben az irányban fut az egyszerübb ipari röntgenfluoreszcens analizátorok témája is. A Szovjetunióban gyártott többféle tipusu analizátor /FRAM, FRAD, FRAT stb. tipusok/ mellett a kiállitáson bemutattak egy lengyel és egy NDK fluoreszcens analizátort /ezüstmeghatározás/ is, és szóbeli tájékoztatás szerint a bolgárok is foglalkoznak a témával.

Érdekességként megemlithető, hogy a Szovjetunióban jelentős fejlesztést végeztek a szénminősitő /hamutartalom-meghatározó/ müszerek kidolgozása terén. A kiállitáson háromféle müszert is bemutattak. Az RKTP-1 tipusu készüléket

normál üzemi körülmények között, szállitószalagokon lehet használni. Az RKT-2 készüléket laboratóriumokban lehet alkalmazni őrölt minták hamutartalmának gyors meghatározására. Az RKTP-3 készüléket ugyancsak technológiai mérésekhez ajánlják, de robbanásbiztos kivitelben, ami lehetővé teszi, hogy bányában is alkalmazzák.

Távlati terveink szempontjából fontosnak itélhető, hogy jelentősen elhanyagolódott a nukleáris kézimüszerek és az ipari nedvességmérők gyártása a KGST országokban; ezt a kiállitást is jól tükrözte. A bemutatott nukleáris kézimüszerek elavult, nehézkesen kezelhető tipusok, melyekkel a felhasználók mérési feladataikat alig, vagy egyáltalán nem tudják megoldani. Némelyik készüléket 15-20 éve gyártják változatlan, rosszul használható formájában. Az általunk kiállitott univerzális ipari ratemetert neutronmoderációs mérési elvü nedvességmérő detektorral mutattuk be, s ez volt a kiállitás egyetlen technológiai nedvességmérő müszere. E két területen lenne tehát érdemes a jövőben szélesebb körü hazai tevékenységet kifejteni, a meglévő jól bevált müszertipusaink rendszeres továbbfejlesztése mellett.

Sajnos a nedvességméréshez jelentősebb nyugati alkatrész-behozatal szükséges /sugárforrás, szcintillációs kristály, elektronsokszorozó cső, integrált áramkör, stb./, ezért exportja nem jöhet szóba, noha lenne rá érdeklődés.

Kedvezőbb a kézimüszerek anyagellátása, ezért ugy érezzük, hogy a következő években érdemes lenne e témára lehetőségeinken belül jobban összpontositani figyelmünket. A belföldi müszerhasználók mérési tapasztalatainak és igényeinek figyelembevételével, valamint néhány korszerü külföldi müszertipus rendszertechnikájának alapul vételével ki lehetne olyan korszerü kézimüszereket vagy kézimüszercsaládot dolgozni, melynek exportjára is sor kerülhetne.

Összefoglalóan megállapitható, hogy a magyar kiállitási anyag jól tükrözi a hazai gyártásu nukleáris müszerek viszonylagosan jó helyzetét és sok területen ma még fennálló lépéselőnyét.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 141-146

A HUMÁN PLACENTÁRIS LAKTOGÉN MEGHATÁROZÁSA RADIOIMMUNOLÓGIAI MÓDSZERREL

M. Mohari K., Kocsár L.
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

/Érkezett 1979. augusztus 30-án/

A szerzők által kidolgozott HPL-RIA és in vitro készlet a hazai HPL-meghatározás általános alkalmazását teszi lehetővé. A tracer előállitását a hagyományos chloramin-T-s jelzés mellett iodo-gé-nel is elvégezték. A jelzés hatásfoka 90-95%, és 1000-szeresre higitott anti-HPL-nyulsavóval a totálkötés 60-67%. A HPL RIA-t a chloramin-T-s tracerre dolgozták ki a iodo-gennel /1,3,4,6-tetraklóro-3a-6a difenilglikoluril/ jelzett antigén nagy /30%-os/ nem-specifikus kötése miatt.

Определение человеческого плацентарного лактогена /ЧПЛ/ радиоиммунологическим анализом
М. Моҳари, К., Кочар, Л.

Выработанный авторами ЧПЛ-РИА и in vitro набор способствует широкому применению в Венгрии определения ЧПЛ. Трасер изготовлялся не только традиционным мечением хлорамином-Т а также йодогеном /1,3,4,6-тетрахлоро-3а-6а дифенилгликолурацил/. Эффективность мечения в 90-95%, а полное связывание при использовании анти-ЧПЛ-заячьной сыворотки, разбавленной в 1000 раз - в 60-67%. ЧПЛ-РИА был выработан на трасер хлорамин-Т из-за неспецифического связывания меченного йодогеном антигена.

Determination of Human Placental Lactogen /HPL/ by Radioimmunoassay
M. Mohari, K., Kocsár, L.

HPL-RIA and in vitro kit, developed by the authors make the general use of HPL determination in Hungary possible. The tracer was produced by labelling with traditional chloramin-T and iodo-gen /1,3,4,6-tetrachloro-3a-6a-diphenylglycoluril/ with 90-95% efficiency. With a 1000-ply diluted anti-HPL-hare serum total binding reaches 60-67%. HPL-RIA was developed for chloramin-T because of the high non-specific /30%/ binding of antigen labelled with iodo-gen.

Az elmult évtizedben a szülészek kutatásai igen nagy erővel a placenta hormonális funkciójának tisztázására irányultak. A placenta által termelt proteohormonok vérből és vizeletből történő meghatározása átfogó képet ad a placenta állapotáról.

A placenta autonom terméke, a humán placentáris laktogén /HPL/ egyenes láncu polipeptid, amelynek molekulasulya 21600, és 191 aminosavból épül fel. A placenta napi HPL termelése kb. 1 g. Bizonyitották azt a fontos tényt is, hogy sem a foetus, sem a hypophysis nincs hatással rá. A lepényi funkció elégtelensége korai felismerésének fontos indikátora a HPL mennyiségének ismerete. Az összehasonlitó vizsgálatok azt igazolták[1,2], hogy RIA-val a graviditás 6-8. hetétől detektálható a HPL, mig más immunológiai módszer biztonsággal csak a terhesség 20. hete után alkalmazható.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A radioimmunoassay kompetitiv gátláson alapuló izotópos és inmunológiai módszer. Lényege: a meghatározandó hormon vagy standard /ismert mennyiségü/ hormon és a ^{125}I-tel jelölt hormon kompetitiv kötődése specifikus antitesthez /anti-HPL/. Meghatározott inkubációs idő után, szeparálási módszerrel mérjük a ^{125}I-tel jelölt antigén-antitest komplexet.

ANYAGOK

A RIA-hoz alapanyagként használt anyagok a következők:

- Human Placental Lactogen /HPL/, /United States Biochemical Corporation/. Ezt antigénként használjuk;
- Na ^{125}I I-RB-3, 100 mCi/ml feletti radioaktiv koncentrációju, szintelen, tiszta, steril, hordozómentes radionuklid oldat a HPL jelzéséhez;
- IODO-GEN, oxidáló szer /Pierce Eurochemie/. Összetétele 1,3,4, 6-tetrakloro-3a, 6a-difenilglikoluril. A folyamat gyors, kiméletes, a polipeptid nativitását nem kárositja.

A jelzést chloramin T-vel is végezzük.

Jódizotóppal jelzett HPL előállítása

a/ Iodo-genes jelzés

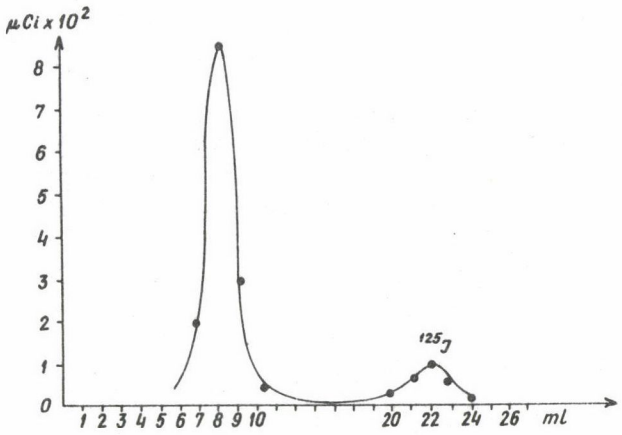
10 µg/10 µl fiziológiás NaCl-ben oldott HPL-t és 37 MBq /1 mCi/ ^{125}I-t bemérünk a 10 µg iodo-gennel preparált jelzőcsőbe. 1-5 perc mulva a reakcióelegyet pasteur-pipettával leszivjuk, a iodo-gen a reakciótér falán marad.

b/ Chloramin T-s jelzés

10 µg HPL-t 10 µl fiziológiás NaCl-ban oldunk, és 10 µg chloramin T-t 7,4 pH foszfát pufferben oldva, valamint 37 MBq /1 mCi/ ^{125}I izotópot mérünk be a jelzőcsőbe. 1 perc mulva Na-biszulfittal az oxidációt leállitjuk.

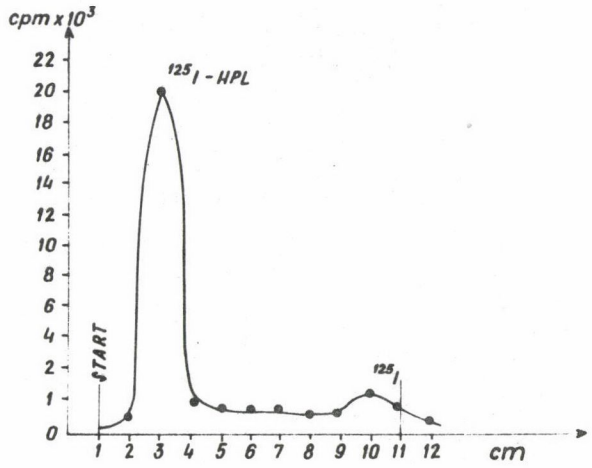
A jelzés után a ^{125}I-HPL-t 200 µl 0,1% NaN_3 és 0,2% BSA foszfát pufferrel stabilizáljuk, majd ekvilibrált, 35 cm hosszu és 0,8 cm átmérőjü Sephadex G-50-s oszlopra visszük fel. A továbbiakban vivőanyagként 7,4-s pH-ju foszfát puffert adagolunk. Az eluátumot 2 ml-es frakciókban fogjuk fel, és a radioaktivitást mérjük. Az oszlopkromatogramon az első csucs a jelzett anyag aktivitása, mely a 8. ml-ben van, a másik kisebb csucs a szabad jódizotóp, amelyet a 22. ml-ben fogunk fel /1. ábra/.

Az oszlopkromatográfiával tisztitott ^{125}I-HPL-t tartalmazó 7. és 8. frakció szabadjódtartalma kb. 3% /2. ábra/.



1. ábra

^{125}I-HPL oszlopkromatogramja. Sephadex G-50 oszlopon végzett radiokémiai tisztitás



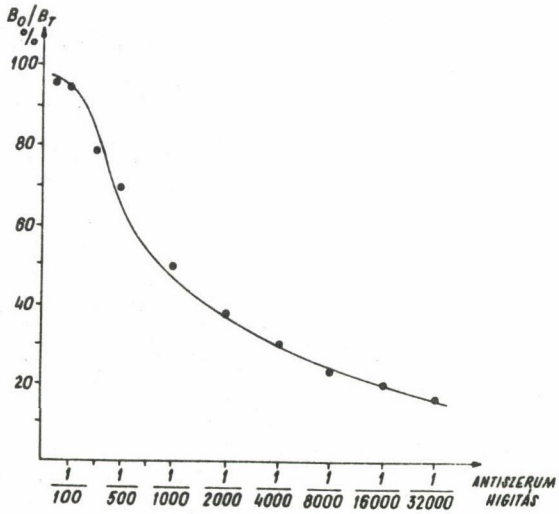
2. ábra

A Sephadex G-50 oszlopról oldott 8. frakció vékonyréteg-kromatogramja

Specifikus antitest készitése

Az immunizálást 2-3 kg new-zealandi albino, him nyulakon végeztük, kéthetenként 1 mg HPL, 1 ml komplett Freund-adjuváns és 1 ml fiziológiás sóoldat homogén oldatával. Az antiszérum titerétől függően 2-3 hónap mulva az állatokat elvéreztettük. Az igy kapott savót ^{125}I-HPL megfelelően higitott oldatával titráltuk.

Az antiszérum RIA-nak legmegfelelőbb higitásának azt tekintjük, amelynél a totál kötés kb. 50%. A 3. ábrán látható higitásokból erre az értékre 1:1000-et kaptunk.



3. ábra

Anti-HPL nyulszérum titrálása ^{125}I-HPL /tracer/ oldatával

MÓDSZER

Ennek a radioimmunoassaynek a reakcióelegye: a megfelelően higitott anti-HPL nyulszérum, a ^{125}I-HPL /tracer/ és az ismert mennyiségü inaktiv hormon /HPL/, illetve terhes szérum. A reakcióban az ismert mennyiségü hormon kompetitiven gátolja a ^{125}I-

-HPL kötődését az antitesthez. Ez a gátlás annál nagyobb, minél nagyobb a standard oldatok inaktiv HPL-mennyisége, tehát annál kevesebb komplex keletkezik a radioaktiv jóddal jelzett HPL molekulával.

1. táblázat

A standard oldatok inaktiv HPL-koncentrációja

oldat	koncentráció, µg/ml
S_1	16
S_2	8
S_3	4
S_4	2
S_5	1
S_6	HPL-mentes

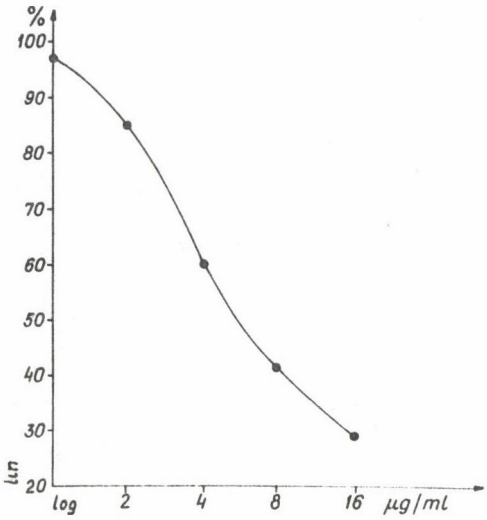
2. táblázat

A bemérendő anyagok mennyisége

csőszám	^{125}I-HPL, µl	standard HPL vagy minta, µl	antiszérum µl
1-2	500	-	-
3-4	500	-	500
5-6	500	50 S_1	500
7-8	500	50 S_2	500
9-10	500	50 S_3	500
11-12	500	50 S_4	500
13-14	500	50 S_5	500
15-16	500	50 S_6	500
17-18	500	1 minta	500
19-20	500	2 minta	500

A reakcióelegyet 30 percig inkubáljuk szobahőmérsékleten.

A kötött, jelzett antigén-antitest komplexet és a jelzett antigént alkoholos módszerrel választottuk szét. Lényege az, hogy a vizmentes alkohol irreverzibilisen denaturálja, és lecsapja az antigén-antitest komplexet, mig a jelzett és inaktiv antigén oldatban marad. Inkubálás után minden csőbe 2 ml absz. alkoholt adtunk. Alapos elkeverés után 10 percig centrifugáltuk 2500 r.p.m.-mel. A felüluszó leszivása után a polisztirol csövekben maradt komplexek radioaktivitását mértük. A radioaktivitást vagy a kötési %-ot a HPL növekvő mennyiségének függvényében ábrázolva kaptuk a standard görbét.



4. ábra

HPL standard görbe

A koordinátarendszer ordinátájára a kötési %-ot, abszcisszájára a HPL mennyiségét felmérve féllogaritmikus diagramot kaptunk, amelyről a minták kötési %-a alapján olvashatjuk le a minták HPL-értékét.

MEGBESZÉLÉS

Az általunk összeállitott HPL RIA-készlettel végzett eddigi mérések azt látszanak igazolni, hogy a módszer specifikus, pontos, reprodukálható és érzékeny.

3. táblázat

HPL standard görbe pontjainak standard deviációja és variációs együtthatója

st. mennyisége µg/ml	kötési % átlag ±SD%	CV %
1	97,1 ± 1,58	± 6,52
2	79,6 ± 3,14	± 8,93
4	55,22± 5,63	±10,19
8	35,14± 3,22	± 4,04
16	24,22± 3,06	± 3,15

A standard görbe pontjaira kapott standard deviáció és variációs együttható értékei a megengedett határon belül vannak. /Interassay-ben ez az érték 10%/. Eddigi vizsgálataink arra utalnak, hogy az általunk előállitott HPL-készlet diagnosztikai meghatározásra eredményesen használható.

IRODALOM

1. *S.L. Kaplan, M.M. Grumbach,* Serum Chorionic "Growth" Hormone-Prolactin and Serum Pituitary Growth Hormone in Mother and Fetus at Term, J. Clin. Endocr. Metab. 25 /1965/ 1370
2. *Gáti I., Doszpod J., Preisz J., Béndek Gy., Rákóczi I.* A HPL-lel kapcsolatos vizsgálatok klinikai jelentősége, M. Nőorv. L. 33 /1970/ 1

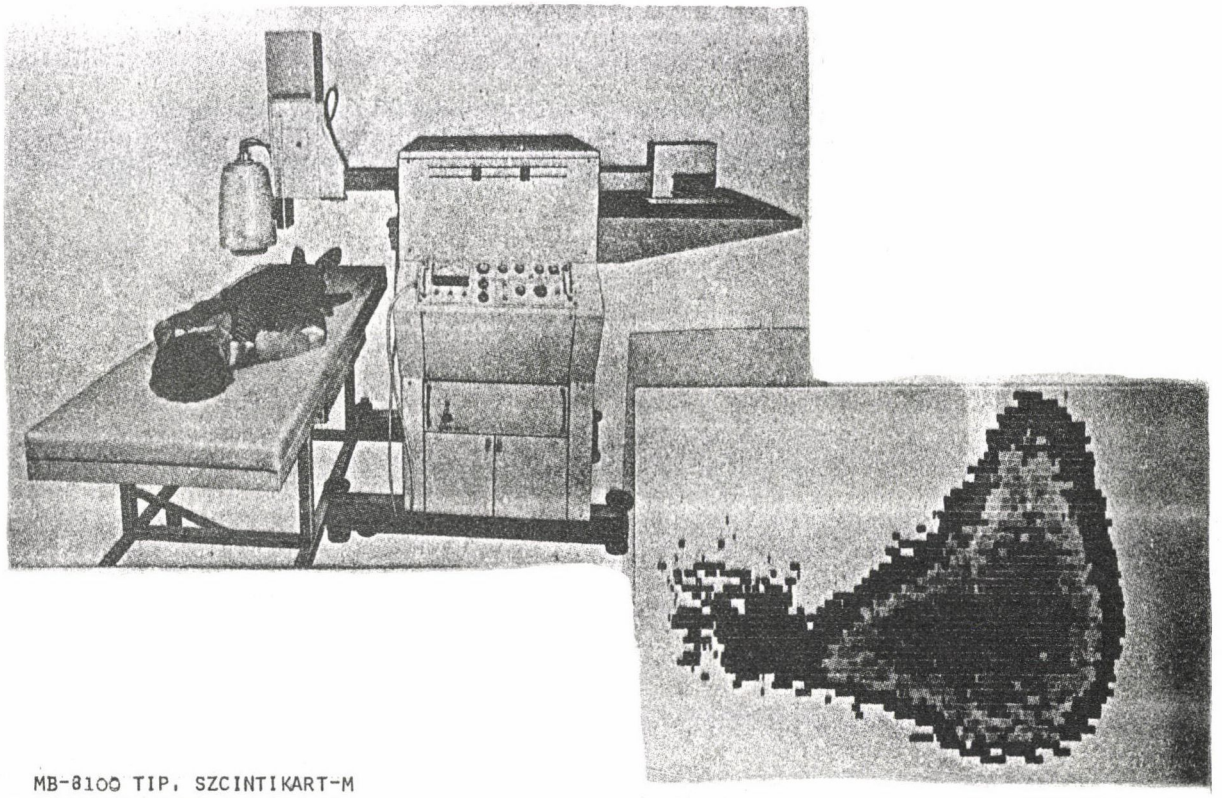
3. *Gáti I., Doszpod I., Preisz I., Rákóczi I.*, A HPL meghatározás radioimmun- és haemagglutinatiógátláson alapuló módszereinek összehasonlitó vizsgálata, M. Nőorv. L. 36 /1973/ 193
4. *A.R. Genazzai, M.L. Aubert, M. Casoli, P. Fioretti, J.-P. Felber*, Use of Human-Placental-Lactogen Radioimmunoassay to Predict Outcome in Cases of Threatened Abortion, Lancet, /1969/ 1385
5. *P.K. Johnson, J.M. Yoder, E.C. Adams*, A Rapid Flow-Through Column Radio-immunoassay for Human Chorionic Somatomammotropin, Amer. J. Obstetrics Gynecol. /1976/ 45
6. *J.B. Josimovich, J.B. Maclaren*, Presence in the Human Placental and Term Serum of a Highly Lactogenic Substance Immunologically Related to Pituitary Growth Hormone, Endocrinology 71 /1962/ 209

gamma

BUDAPEST

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920

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



MB-8100 TIP. SZCINTIKART-M

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

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

Analóg elven épül fel, kijelzése szines dot rendszerü. A regisztrátumot 9 szinből épiti fel, állandó vagy intenzitástól függő vonalsürüséggel. Jó fókuszáló tulajdonságu kollimátorai és a beállitható kis sortávolság jó felbontásu képet eredményez. Nagyméretü kristálya és nagy térképezési sebessége következtében kiterjedtebb szervek vizsgálatánál is eredményesen alkalmazható.

Egycsatornás amplitudóanalizátort tartalmaz. Széles tartományban állitható differenciáldiszkriminátora segitségével jó hatásfokkal dolgozza fel a kis és közepes energiáju izotópok jeleit. A gyakrabban használt izotópokra jellemző energiaszintek egyszerü átkapcsolással állithatók be, de folyamatos szintállitásra is van lehetőség.
Beépitett, analóg müködésü háttérlevonóval állandó háttérszintlevonást lehet végezni.
Ratemétere tág határok között állitható, az egyes méréshatárokon belüli normalizálás pedig az optimális kontraszt beállitását segiti. Az intenzitás pillanatnyi értékét mutatós müszer jelzi a kezelő lapon és a homlokfalon, miáltal a beállitás 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 megkönnyiti az NZ-320 tipusu diagnosztikai ágy használata.
Az ágy fekvő része a pácienssel együtt - a lábfék felengedése után - kézzel minden irányban, könnyen elmozditható, igy a beteg vizsgálni kivánt része egyszerü módon a detektor alá hozható.

Gyártja és exportálja:

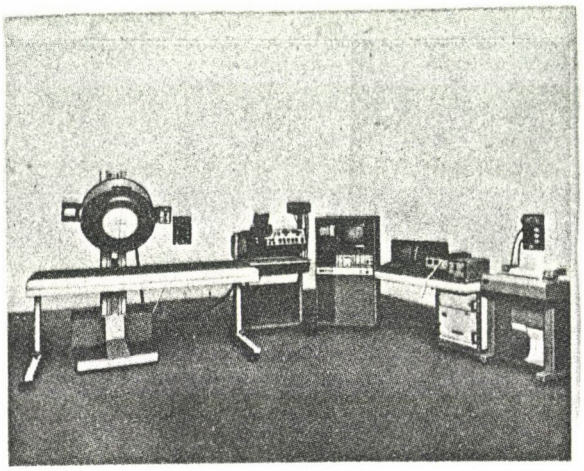
GAMMA MŰVEK, 1509, BUDAPEST, PF.1. TELEFON: 853-144 TELEX: 22-4946

gamma

BUDAPEST

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920

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



A mai ember legnagyobb ellensége az érrendszeri és daganatos megbetegedés. Korai felismerésükhöz, igy eredményes gyógyitásukhoz nyujt segitséget az izotópdiagnosztika.

Legujabb berendezéseink, a saját fejlesztésü MB-9101 tipusu adatfeldolgozó és megjelenitő berendezés és a hozzá csatlakoztatható, Picker Co. know-how alapján gyártott, MB-9100 tipusu szcintillációs gamma-kamera együttes alkalmazása lehetővé teszi az élő szervezetbe juttatott radioaktiv izotópok egyes szerveken belüli eloszlásának gyors feltérképezését, a kapott primér adatok feldolgozását és kijelzését. Lehetővé teszi a szervek funkcionális müködésének megitélését, a szerveken belüli daganatok felderitését, különféle keringési folyamatok ellenőrzését.

Az MB-9100 tipusu szcintillációs gamma-kamera primer képe csak vizuálisan és kvantitative értékelhető. A mérést viszont statisztikus hiba terheli. A kép csak bonyolult matematikai müveletekkel 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 begyüjtéséhez számitógépet kell alkalmazni, megfelelő háttértárolóval. Igy a számitógéppel az adatgyüjtésen kivül a felvételek feldolgozása is elvégezhető. Ezt a célt szolgálja az MB-9101 tipusu adatfeldolgozó és megjelenitő berendezés.

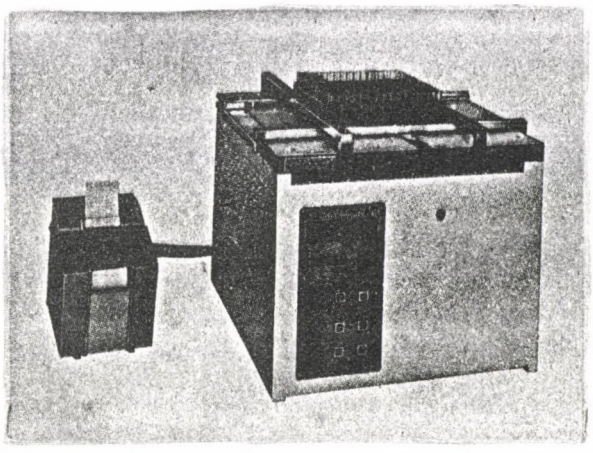
Cim: GAMMA MŰVEK, 1509, BUDAPEST, PF.1, TELEFON: 853-144 TELEX: 22-4946

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

gamma

BUDAPEST

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920



A radioizotópos vizsgálati módszerek ujabb 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 sornyomtatóval kinyomtatja. Ez az eszköz lehetővé teszi, hogy a módszer kikerüljön a radioaktivitás mérésével foglalkozó laboratóriumok viszonylag szük 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, 1505 BUDAPEST, PF.1. TELEFON: 883-144 TELEX: 22-4946

NEM GENERÁTOR! JELENLEG MÉG CSAK BUDAPESTEN!

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

Tc-RA-1 és Tc-RA-2

A készitmény leirása:		Szintelen, tiszta, steril, pirogénmentes, izotóniás oldat. pH: 5-7 NaCl-tartalma: 7-10 mg/ml
Fajlagos aktivitása:		Hordozómentes
Radioaktiv koncentráció:	RA-1	2-10 mCi/ml
	RA-2	20-100 mCi/ml
Radioizotópos tisztaság:		99,99%; /max. 0,01% ^{99}Mo-szennyeződés/
Radiokémiai tisztaság:		Parenterálisan adható A készitmény steril, 0,9%-os NaCl oldattal higitható.

* * *

A készitmény ára:	Alapár: 100,-Ft $\frac{\text{RA-1+10 Ft/mCi}}{\text{RA-2+12 Ft/mCi}}$
Szállitás:	Havonta 15-20 alkalommal, negyedéves szállitási ütemezés szerint.
Rendelés:	A szállitás kivánt időpontja előtt legalább hét nappal.

SZÁLLÍTÁSI PROGRAM

	November			December		
Hétfő		19	26		10	17
Kedd	13	20	27		11	18
Szerda	14	21	28		12	19
Csütörtök	15	22	29	6	13	20
Péntek	16	23	30	7	14	21

Cimünk: MTA Izotóp Intézete, Izotópforgalmi Osztály, 1525 Budapest, Pf. 77
Telefon: 166-485
Telex: 22-5360

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

309.024

IV

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

22. ÉVFOLYAM 4. SZÁM (1979)

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTOP BUDAPEST

IZOTÓPTECHNIKA

22. ÉVFOLYAM 4. SZÁM

BUDAPEST 1979. JÚLIUS

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 cime: MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Számunk irói:

Krasznai István, az orvostudományok kandidátusa; Takó József; Pogány György; Kapus István; Bános Csaba
A Fővárosi Tanács János Kórháza és Rendelőintézete, Budapest, Diós árok 1, 1125

Mangliár Ferenc
MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Góliánné Bartha Klára
Semmelweis Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézete, Budapest, Pf. 263, 1444

Udvarházi József; Mándli József
MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Mucha István; Tóth Géza, a kémiai tudományok kandidátusa; Tanács Béla
MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Méray László; Maleczki Emil, a kémiai tudományok kandidátusa; Badacsonyi Tivadar; Ujhidyné Farkas Klára
Veszprémi Vegyipari Egyetem Radiokémiai Tanszéke, Veszprém, Pf. 28, 8201

Ódor Gyula
Magyaróvári Timföld- és Mükorundgyár, Mosonmagyaróvár, Pf. 47, 9201

Kollár Judit
Paksi Atomerőmü Vállalat; jelenlegi cim: MTA Központi Fizikai Kutatóintézete, Budapest, Pf. 49, 1525

Molnár János; Padosné Farkas Éva
MTA Központi Fizikai Kutatóintézete, Budapest, Pf. 49, 1525

Tóth Tihamér
Semmelweis Orvostudományi Egyetem III. Sebészeti Klinikája, Budapest, Nagyvárad tér 1, 1096

Vittay Pál, az orvostudományok kandidátusa; Kopcsányi Zsuzsa; Jakab Tivadar, az orvostudományok kandidátusa
Orvostovábbképző Intézet, Budapest, Pf. 112, 1389

Spett Borbála; Bertók Loránd, az állatorvostudományok kandidátusa
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Gundy Sarolta; Farkas György
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Felelős kiadó: Veres Árpád, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója
Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének házi sokszorositójában
F.v.: Nagy Károly
Engedélyszám: III/SZI/299/1976 Indexszám: 25-399
1979. 4. szám Törzsszám: KFKI-1980-94

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalban, a kézbesitőnél, a Posta hirlapüzleteiben és a Posta Központi Hirlapirodájánál /KHI, Budapest, V., József nádor tér 1, távbeszélő: 180-850, postacim: A Posta Központi Hirlapirodája, Budapest, 1900/ a 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámlára.

Előfizetési dija: 240,-Ft Egyes szám ára: 40,-Ft
Példányszám: 300 Kettős szám ára: 80,-Ft

Megjelent 1980. március 1-én.

TARTALOM

A pajzsmirigy radiojód-felvételének mérése szabadszintü ^{131}I-mennyiséggel 151
Krasznai I., Takó J., Pogány Gy., Kapus I., Bános Cs.

Измерение поглощения щитовидным железом радиойода количеством ^{131}I активностью ниже 37 кБк /1 мккюри/

Radioiodine Uptake of Thyroid Determined by Quantities of ^{131}I under 37 kBq /1 μCi/

Irányfényforrásokban alkalmazható zárt ^{147}Pm sugárforrás 161
Mangliár F.

Закрытые источники излучения ^{147}Pm для люминофоров

Sealed ^{147}Pm Radiation Sources for Phosphor Light Sources

Farmakológiai hatások kvantitativ analizise a jódkinetikában 169
Góliánné Bartha K.

Количественный анализ фармакологических эффектов в кинетике йода

Quantitative Analysis of Pharmacological Effects in Iodine Kinetics

$Na^{99}Tc^{m}O_4$ oldatának előállitására szolgáló, speciális fülkesor 177
Udvarházi J., Mándli J.

Специальные боксы для изготовления раствора $Na^{99}TcO_4$

Special Boxes for the Production of $Na^{99}Tc^{m}O_4$ Solution

Jód-125-tel jelzett prosztaglandinok 190
Mucha I., Tóth G., Tanács B.

Простагландины, меченные йодом-125

Prostaglandins, Labelled with ^{125}I

Áramlási paraméterek nyomjelzéses meghatározása timföldgyári kaszkádrendszerben, II. 196
Méray L., Maleczki E., Badacsonyi T., Ujhidyné Farkas K., Odor Gy.

Определение параметров потока методом меченых атомов в каскадной системе глиноземных заводов, II.

Determination of Flow Parameters of Cascade Systems in Alum Earth Plants, II.

A légtér radioaktiv szennyezettségének ellenőrzése tapadóhálós mintavétellel 203
Kollár J., Molnár J., Padosné Farkas É.

Контроль радиоактивной загряненности окружающей среды путем взятия проб при помощи клейкого фильтра

Tackishade Sampling to Measure Airborne Radioactivity

A tüdő ^{133}Xe-eliminációjának változása endotoxinsokkban 210
Tóth T., Vittay P., Spett B., Kopcsányi Zs., Bertók L., Jakab T.

Изменение удаления ^{133}Xe из легких в шоке от эндотоксина

The Effect of Endotoxin Shock on the Elimination of ^{133}Xe by the Lungs

Az ionizáló sugárhatás citogenetikai indikátora, I. 214
Gundy S., Farkas Gy.

Цитогенетический индикатор эффекта облучения, I.

Cytogenetical Indicator of Radiation Effect I.

Könyvismertetés. Rendezvények 219

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 151-160

A PAJZSMIRIGY RADIOJÓD-FELVÉTELÉNEK MÉRÉSE SZABADSZINTŰ ^{131}I-MENNYISÉGGEL

Krasznai I., Takó J., Pogány Gy., Kapus I., Bános Cs.
Fővárosi Tanács János Kórház és Rendelőintézet

/Érkezett 1979. junius 25-én/

Hazai nukleáris mérőkészülékek felhasználásával készitett, nagy érzékenységü ^{131}I-detektáló berendezés a pajzsmirigy radiojód-felvételi görbéjének szabadszint alatti jódmennyiséggel végzett meghatározására. Sugárvédelmi célra is használható. Jódinkorporációnál 18,5 Bq /0,5 nCi/ ^{131}I vagy ^{125}I már kimutatható.

Измерение поглощения щитовидным железом радиойода количеством ^{131}I активностью ниже 37 кБк /1 мккюри/
Краснаи, И., Тако, Й., Погань, Дь., Капуш, И., Банош, Ч.

Составленный из отечественных ядерных измерительных приборов инструмент высокой чувствительности для определения поглощения радиойода щитовидным железом количеством изотопа ниже 37 кБк. Применяем также в защите от излучения. При поглощении йода 18,5 Бк /0,5 мкюри/ ^{125}I и ^{131}I обнаружимы.

Radioiodine Uptake of Thyroid Determined by Quantities of ^{131}I under 37 kBq /1 μCi/
Krasznai, I., Takó, J., Pogány, Gy., Kapus, I., Bános, Cs.

A high-sensitivity ^{131}I-detecting facility made up of Hungarian nuclear instruments is capable of determining iodine uptake of the thyroid with isotope quantities under 37 kBq /1 μCi/. Useful also in radiation protection. 18,5 Bq /0,5 nCi/ ^{125}I or ^{131}I can be detected with it.

A radioaktiv izotópok diagnosztikus alkalmazásának alapelve: maximális élettani információt nyerni, minimális sugárterhelés árán. A minimális sugárterhelés követelménye egyre nagyobb jelentőségü a civilizációs ártalmak növekvő folyamában. Az ionizáló sugárzások felhasználásával kapcsolatban a Nemzetközi Sugárvédelmi Társaság /ICRP/ 1977-ben[1] részletesen foglalkozott az indikáció kérdésével. Ezek közül kettőt emelünk ki:

1. a vizsgálatnak pozitiv haszna legyen;
2. a vizsgálat sugárterhelését az ésszerüen elérhető legkisebb értékre kell leszoritani.

Mindkét pont igen lényeges megállapitást tartalmaz a nukleáris medicina számára is. Izotópos vizsgálat akkor végezhető, ha a betegnek haszonnal jár, és a vizsgálat más, sugárterheléssel nem járó eljárással nem helyettesithető. A vizsgálat müszerezését, módszerét ugy kell megválasztani, hogy a lehető legkisebb sugárterheléssel járjon, mind a betegnél, mint a kezelő személyzetnél[2].

Ezt indokolja - többek között - a küszöbdózis létének vitatottsága is; egyre valószinübb, hogy nincs olyan kis sugármennyiség - küszöbdózis -, amely nem hozhat létre nem kivánt hatást[1]. Az ICRP-ajánlás a sugárterhelés csökkentését az ésszerüség elvével, a megvalósithatósággal, illetve annak árával kapcsolja össze.

A korszerü sugárvédelmi szempontok szem előtt tartásával célul tüztük ki, hogy korszerüsitjük hazánkban a legnagyobb gyakorisággal végzett orvosi izotópos vizsgálatot, a pajzsmirigy radiojód-felvételének mérését[3]. A vizsgálat izotópszükségletét a szabadszint (37 kBq /1 µCi/[4]) alatti mennyiségre kivántuk leszoritani.

A diagnosztikus eljárás feltétlen hasznot jelent a pajzsmirigy-kivizsgálásra küldött betegnek, noha ismeretes, hogy az esetek nagy részében helyettesithető lenne sugárterheléssel nem járó, in vitro módszerekkel. Addig azonban, amig e módszerek terjedésének gazdasági, devizális korlátai fennállnak, ugyanakkor a kivizsgálásra igényt tartó betegek száma növekszik, a radiojód-felvételi görbe mérésére egyre inkább szükség van.

A korszerüsitésnél szem előtt tartottuk, hogy a feladatokat hazai gyártmányu, kereskedelmi forgalomban kapható nukleáris müszerek felhasználásával, módositásával, illetve kiegészitésével lehessen megoldani.

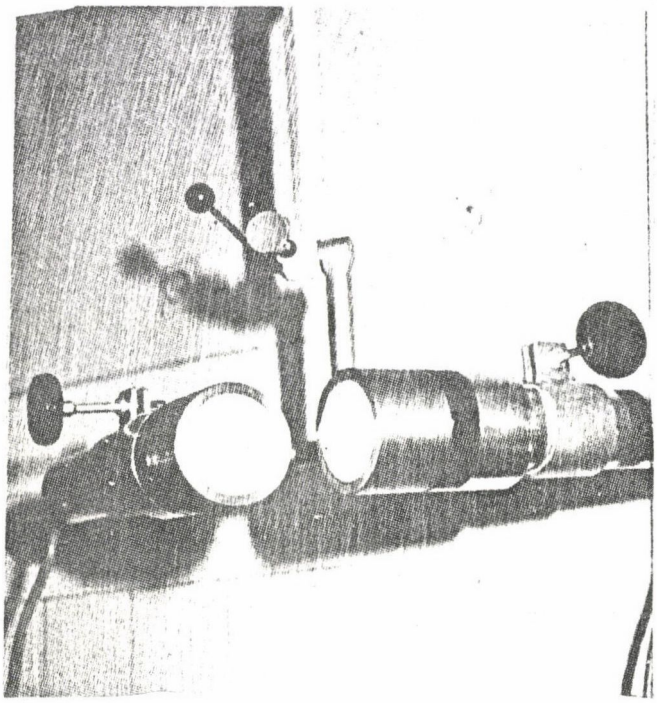
Dolgozatunkban ez irányu munkánkról szeretnénk beszámolni. Ismertetjük mérőkészülékeinket, a módszert, a hitelesitésére végzett méréseink eredményét és a berendezés több, mint egy éves, rutin üzemeltetése alapján szerzett tapasztalatainkat. Diagnosztikus célra kifejlesztett készülékünk - érzékenységénél fogva - alkalmas sugárvédelmi célu pajzsmirigymérés elvégzésére is. Segitségével igen kis mennyiségü jódizotóp-/^{131}I-, ^{125}I-/ inkorporáció kimutatható. Közleményünkben ilyen irányu vizsgálatainkról is beszámolunk.

A MÉRŐMŰSZER ÉS MÉRÉSI ELJÁRÁS

A célnak, a pajzsmirigy-felvételi görbe szabad szint alatti izotópmennyiséggel végzett meghatározásának eléréséhez detektáló rendszerünk érzékenységét többféle módon igyekeztünk növelni:

1. nagy érzékenységü, 63x63 mm méretü NaI/Tl/ kristállyal ellátott szcintillációs detektort választottunk /tipus: ND-134/;
2. két detektort alkalmaztunk /1. ábra/, amelyek jelét megfelelően illesztett, összegző áramkörön keresztül, egyesitve vezettük a további jelfeldolgozáshoz;
3. a kettős detektorfejet olyan közel helyeztük el a nyakfelszinhez, amit a kényelem és a beállitás reprodukálhatósága még megengedett.

Az igy elkészitett, igen érzékeny detektort ólomárnyékolással vettük körül, majd NZ 129/A tipusu kétkaru állványra szereltük.

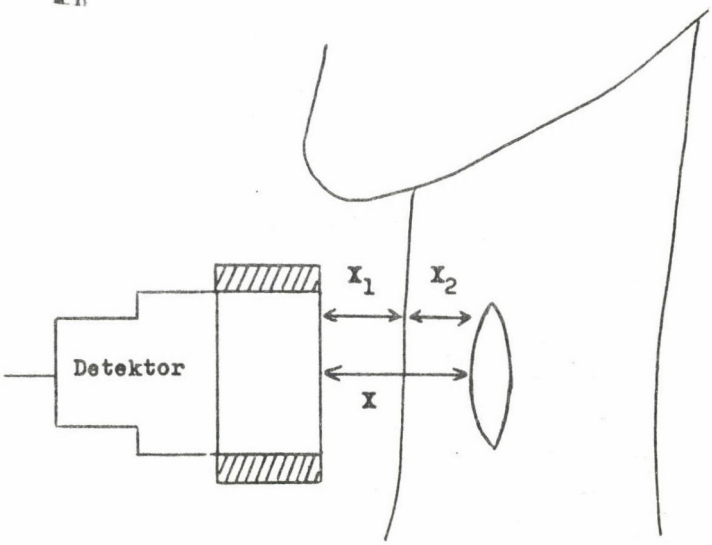


1.ábra

A nagy érzékenységet biztositó, két ND-134-es szcintillációs fejet tartalmazó, kollimált mérőfej

A sugárforráshoz közel elhelyezett detektornak az a hátránya, hogy az általa mért beütésszám igen erősen függ a távolságtól. A sugárforrás /pajzsmirigy/ és a detektor közti távolság /X/ pedig nem lehet állandó, tekintettel arra, hogy a különböző pajzsmirigyek a bőrfelszin alatt különböző mélységben helyezkednek el. Ahhoz, hogy készülékünkkel kvantitativ mérést végezhessünk /a pajzsmirigy felett mért beütésszámot összehasonlithassuk a pajzsirigyfantomnál mért beütésszámmal, százalékszámitási célból/, szükséges ismerni a valóságos mérési távolságot /X/ /2. ábra/. Ennek ismeretében a mért beütésszám átszámitható a pajzsmirigyfantom távolságára, s igy már elvégezhető a százalékszámitás /a pajzsmirigy radiojód-felvételének a beadott mennyiség százalékában való kifejezése/.

A pajzsmirigy mélységének a meghatározására többféle módszer ismeretes az irodalomban[5-7]. Közülük a Compton-analizis elvén alapuló módszert választottuk[7]: e szóróközeg je-



X_1 = detektor - bőrfelszin távolság / cm /

X_2 = bőrfelszin - pajzsmirigy távolság / cm /

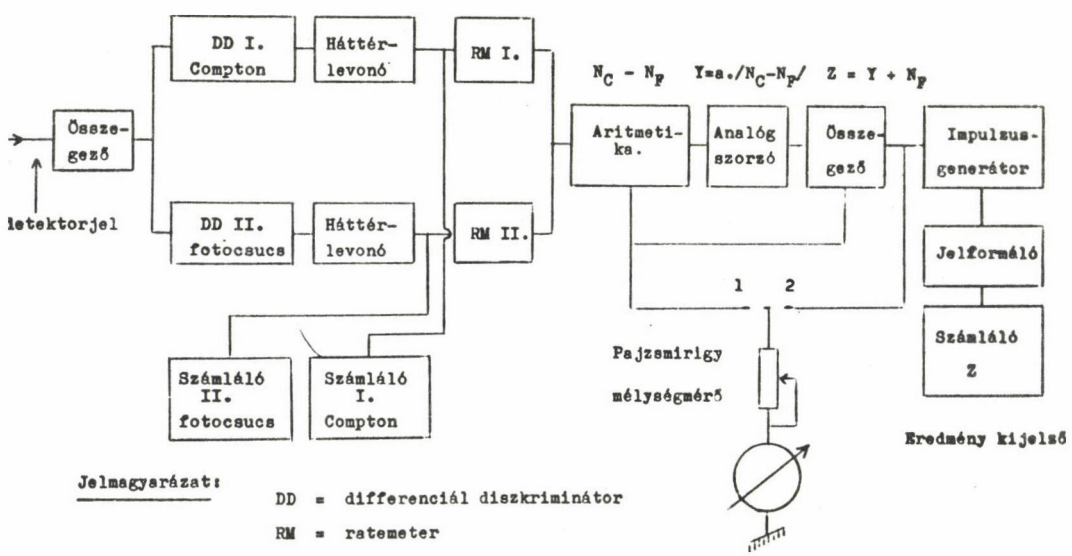
X = detektor - pajzsmirigy távolság / cm /

2. ábra

A pajzsmirigy radioaktivitása mérésének geometriai viszonyai

lenlétében, a fotocsucsban és a Compton-kontinuum megfelelő energiasávjában mért beütésszám nem azonos, de egyértelmü távolságfüggést mutat. Ez lehetőséget ad arra, hogy különböző mélységben elhelyezett sugárforrások fotocsucs- és Compton-beütésszámának változásából kalibrációs görbét vegyünk fel. A görbével az ismeretlen forrás /a mérendő pajzsmirigy/ mélysége meghatározható. A pajzsmirigy mélységének és a fotocsucs beütésszáma távolságfüggésének ismeretében a százalékszámitás, a standard állandó mélységére vonatkoztatva, elvégezhető.

Az elmondott korrekciós eljárás, majd az azt követő százalékszámitás automatikus elvégzésére a 3. ábrán tömbvázlaton bemutatott elektronikus jelfeldolgozást alkalmaztuk. Az alapkészülék ND-362 tipusu, kétcsatornás, digitál-analóg, energiaszelektiv mérőberendezés. A kettős fejü detektor összegezett jele a kétcsatornás differenciáldiszkriminátorra kerül. A II. csatorna a fotocsucs, az I. csatorna a megfelelően megválasztott Compton-tartomány jelét engedi tovább. A háttérlevonás után, a hasznos nettó jelek egyrészt egy-egy számlálóba kerülnek, másrészt analóg jellé alakulnak. A mélységi korrekcióhoz és az automatikus eredménykiadáshoz szükséges matematikai müveleteket analóg formában elvégezve, az eredményjel /Z/ ismét digitális alakban jelenik meg a Z számlálóban. Az eredményjel - a pajzsmirigy mélységi elhelyezkedésétől függetlenitett, százalékos radiojód-felvétel - kifejezéséhez az alábbi meggondolások alapján juthatunk.



3. ábra

A vizsgálathoz használt mérőberendezés tömbvázlata. A Compton- és a fotocsucs-beütésszámot mérő rataméterek jele analóg különbségképzés és egyéb elemi matematikai müveletek elvégzése után szolgáltatja az eredményfüggvény analóg formáját. Ez utóbbit impulzusgenerátor alakitja digitális formára, amelynek nagyságát a Z számláló méri.

Az alkalmazott elrendezésben a fotocsucs beütésszáma /N_F/ a radioaktivitás /A/ és a távolság /X/ lineáris függvénye. Állandó forráserősséget feltételezve /A = konstans/, a fotocsucs beütésszámának mélységfüggését az alábbi egyenlettel irhatjuk le:

$$N_F/X/ = N_F/O/ - k\,X \qquad /1/$$

ahol $N_F/X/$ - X mélységben mért beütésszám /cpm/,
$N_F/O/$ - a referenciatávolságban /a pajzsmirigyfantom mélységében, 0,5 cm/ mért beütésszámm
k - arányossági tényező /cpm/cm/.

A Compton-tartományban is található olyan energiaintervallum, amelyben, a fotocsucs beütésszámához hasonlóan, a Compton-beütésszám /N_C/ is lineáris távolságfüggést mutat. Állandó forráserősséget feltételezve:

$$N_C/X/ = N_C/O/ - \varkappa\,X, \qquad /2/$$

ahol $N_C/X/$ - az X mélységben lévő forrás esetén mért Compton-beütésszám /cpm/,
$N_C/O/$ - a referenciatávolságban /a pajzsmirigyfantom mélységében, 0,5 cm/, mért Compton-beütésszám /cpm/,
$\varkappa$ - arányossági tényező /cpm/cm/.

k és $\varkappa$ értéke kisérleti uton állapitható meg, közöttük fennáll a következő egyenlőtlenség: $|k| > |\varkappa|$.

A fotocsucsbefogás nagyságának változtatásával elérhető, hogy az $N_F/O/ = N_C/O/$ feltétel teljesüljön. Az elmondott feltételek mellett a távolságtól független jelsürüségfüggvényt /Z/ az alábbi egyenlet irja le:

$$Z\ /A/ = a \cdot (N_C/X/ - N_F/X/) + N_F/X/, \qquad /3/$$

ahol $\underline{a}$ dimenzió nélküli arányossági tényezőt jelent:

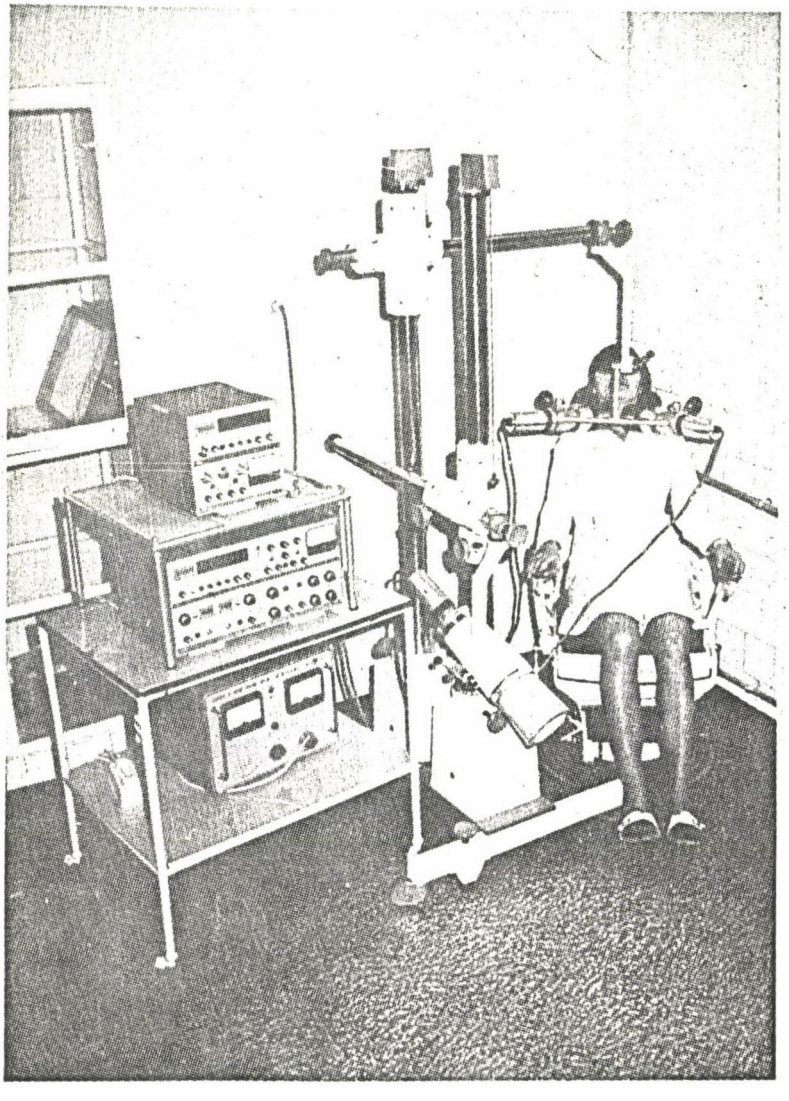
$$a = \frac{k}{k - \varkappa} . \qquad /4/$$

Azon mélységi intervallumon belül, amelyben $\underline{a}$ értéke változatlan, a jelfüggvény értéke X-től függetlenné válik, és megegyezik $N_F/O/$ értékével; nagysága ebben az intervallumban csak a pajzsmirigyben lévő radioaktiv anyag mennyiségétől /A/ függ. Ennek a pajzsmirigyfantomra vonatkoztatott relativ értékét százalékban kaphatjuk meg, ha a mérés megkezdése előtti kalibrálás folyamán - a pajzsmirigyfantom mérésekor - mindegyik számláló értékét 10 000 impulzusra állitjuk. Ez a fotocsucs és a Compton-csatorna azonos érzékenységével biztositható, amelyet a fotocsucsbefogás nagyságának változtatásával szabályozhatunk.

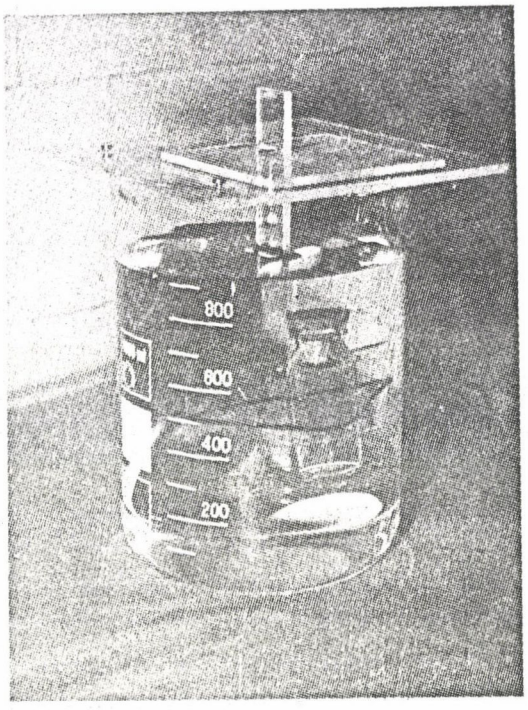
A jelfüggvény tárolójában jelentkező 10 000 impulzust 100,00%-nak értelmezve ezután az a = konst. távolságintervallumon belül a készülék a pajzsmirigyfantom beütésszámát azonosan 100%-nak méri, a betegek mérésekor pedig közvetlenül szolgáltatja a százalékos radiojódfelvételt.

KALIBRÁLÁS, HITELESÍTÉS, MÉRÉS

Az ismertetett készülék /4. ábra/ detektor-kollimátor rendszere 0,5 - 2,5 cm-es tartományban biztositotta a fotocsucs beütésszáma és a távolság közötti lineáris összefüggést. A készülék *kalibrálásakor* tehát arra törekedtünk, hogy a Compton-tartományban meghatározzunk egy olyan energiaintervallumot, amelynél ugyanebben a mélységi tartományban a beütésszám és a távolság között lineáris összefüggés áll fenn. Vizsgálatainkhoz speciális pajzsmirigyfantomot készítettünk /5. ábra/. A vizzel telt henger az emberi nyakat reprezentálja, amelynek felszínétől számitott különböző mélységben helyezhető el a radioaktiv jódot tartalmazó pajzsmirigyfantom. ^{131}I-gyel végzett méréseink eredménye szerint, ha a Compton-kontinuum 128-246 keV közötti tartományában mért analóg értéket használjuk referenciajelként, ez jó közelitéssel lineáris összefüggést mutat a távolsággal a kérdéses mélységi intervallumban /6. ábra/. A jelfüggvény kifejezésében szereplő $\underline{a}$ állandóra 2,33 $\pm$ 0,28 S.D. értéket kaptunk. Ennek értékét az analóg szorzón beállitva a jelfüggvény értéke 10%-os hibán belül függetlenné vált a 0,5 - 2,5 cm-es mélységi tartományban.



4. ábra
A mérőberendezés



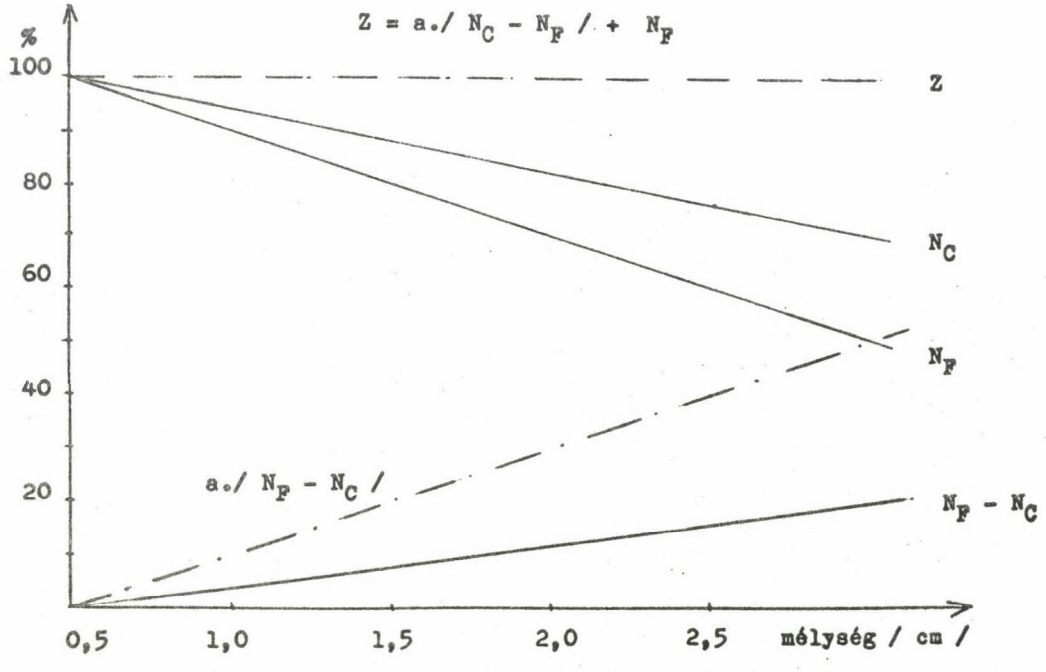
5. ábra

A nyakfantom és a benne különböző mélységre helyezhető, pajzsmirigyfantomként használt üvegedény

Az elektronika stabilitására utal, hogy az a érték eltérése, félévenkénti ellenőrzése során, kisebb volt ± 5%-nál.

Pajzsmirigyvizsgáló berendezésünk *hitelesítésére* az alábbi méréseket végeztük el:

a/ a már ismertetett pajzsmirigy-nyakfantomba különböző alaku és nagyságu pajzsmirigyfantomokat helyeztünk, amelyek azonos mennyiségü radioaktiv anyagot tartalmaztak. A mért beütésszám ± 15%-os hibán belül azonos volt. E mérési pontosság a rutin diagnosztika számára megfelelő, és ennek alapján választottuk állandó pajzsmirigyfantomként az 5. ábrán bemutatott, 25 ml térfogatu, könnyen kezelhető mérőedényt.



6. ábra

A fotocsucs- és Compton-beütésszám, valamint a belőlük képzett eredményfüggvény mélységfüggése

b/ A továbbiakban vizsgáltuk, hogy a készülékünkkel kapott százalékos radiojód-felvételi érték mennyire egyezik a NAÜ ajánlás szerint mért értékkel. Ehhez meghatározott izotópmennyiséget mértünk ki készülékünk saját pajzsmirigyfantomába, és ugyanennyi izotópot, illetve felét NAÜ pajzsmirigyfantomokba helyeztünk. A NAÜ fantomokba kimért izotópmennyiséget fogadtuk el "valódi" értéknek, 100%, illetve 50%-nak. Készülékünkkel - a már ismertetett módon saját fantomával méréshez beállitva - meghatároztuk a NAÜ fantomban lévő izotópok százalékos mennyiségét. Eredményeinket az 1. táblázat tartalmazza. Igen jó egyezést kaptunk, ami más szavakkal azt jelenti, hogy a készülékünk által mért százalékos érték megegyezik a NAÜ fantommal mért értékekkel, tehát valóban a beadott izotópmennyiségre vonatkoztatott százalékot mérünk.

1. táblázat

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség pajzsmirigyfantomába helyezett radiojód százalékos beütésszáma a kétfejes detektorrendszerrel meghatározva

Névlegesen, térfogatilag kimért "beütésszám" %	A NAÜ fantomban mért érték, kis aktivitásu mérőhely százalékalapjára vonatkoztatva %
50,0 ± 1,5	52,18 ± 1,39 S.D.
50,0 ± 1,5	51,25 ± 1,34 S.D.
100,0 ± 3,0	102,60 ± 1,29 S.D.
100,0 ± 3,0	104,50 ± 1,68 S.D.

A gyakorlati, napi, rutin *méréshez* készülékünk igen egyszerüen állitható be. A pajzsmirigyfantomot ugyanolyan mennyiségü izotóppal töltjük meg, mint amennyit a vizsgálatra váró beteg megivott, és a nyakfantomba, a felszintől 0,5 cm mélyre helyezzük. A fotocsucsbefogás nagyságának változtatásával biztositjuk az összes számláló azonos érzékenységét, hogy időegység alatt azonos impulzusszámot regisztráljanak. A megfelelő háttérlevonás után meghatározzuk a 10 000 impulzus begyüjtéséhez szükséges időt, és ezt időalapnak beállitva, készülékünk már alkalmas a mérésre. A számláló ezután a vizsgált egyén radiojód-felvételének százalékos értékét mutatja.

A HUMÁN VIZSGÁLAT TAPASZTALATAI

A kis aktivitás mérésére alkalmas pajzsmirigy-radiojódmérő készülékünket mintegy év óta használjuk a rutin betegellátásban. A vizsgálathoz felhasznált ^{131}I mennyisége mindössze 18,5 kBq /0,5 µCi/ /szabadszint/, a vizsgálati idő 3·20 másodperc. A rutin alkalmazás előtt 300 betegnél összehasonlitottuk a készülékünkkel kapott felvételi görbét a "hagyományos" NAÜ

ajánlás szerint mért görbével /2. táblázat/. Az összevetés jó egyezést mutatott, a diagnózist megkérdőjelező eltérést nem tapasztaltunk. Legnagyobb eltérés, kis jódfelvétel esetén, a 2 órás mérés időpontjában volt, amikor a keringésben lévő radiojód mennyisége leginkább zavarta a mélységmeghatározást. A használatba vétel óta a készülékkeltöbb mint 1000 beteget vizsgáltunk meg.

3. táblázat

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlása szerinti müszerezettséggel és a kétfejes detektorrendszerrel meghatározott radiojódfelvétel összehasonlitása tiz betegen

Beteg neve	A pajzsmirigy százalékos radiojód-felvétele a beadás utáni időpontokban					
	NAÜ ajánlás szerint mérve			Kis aktivitásu mérőhellyel meghatározva		
	2 h	24 h	48 h	2 h	24 h	48 h
A.K.	10	32	32	11	29	30
B.C.	15	41	39	16	34	40
D.L.	19	49	44	19	43	41
M.P.	34	65	67	35	67	66
R.I.	24	52	52	26	50	50
L.C.	18	46	45	21	46	44
T.N.	59	56	44	52	52	38
T.K.	21	56	22	21	53	25
V.I.	27	70	53	29	69	49
K.I.	5	21	66	7	21	70

A jódtárolási görbe minden esetben jól értékelhető volt. A készülékkel a betegek sugárterhelését több mint egy nagyságrenddel csökkentve, még a vizsgálati időt is sikerült lerövidítenünk, és ezzel a vizsgálat hatékonyságát növelnünk.

A KIS AKTIVITÁSÚ MÉRŐRENDSZER ÉRZÉKENYSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

A bevezetőben emlitett sugárvédelmi inkorporációs mérés teljesitőképességének meghatározásához megvizsgáltuk készülékünk érzékenységét ^{125}I és ^{131}I izotóp esetén. Kimutathatósági határnak tekintettük a háttéreffektus meghatározásának háromszoros standard deviációját:

$$\acute{E} = \frac{3}{\vartheta} \cdot \sqrt{\frac{N_h}{t}} \quad , \qquad /5/$$

ahol ϑ - arányossági tényező, cps/kBq,
N_h - a háttér beütésszáma, cps
t - mérési idő, s,
É - érzékenység, kimutathatósági határ, kBq.

A méréshez használt ^{125}I és ^{135}I sugárforrás abszolut aktivitását NDK gyártmányu dóziskalibrátorral határoztuk meg. Az 1 µCi radioaktivitásra mérhető beütésszámot és a háttéreffektus nagyságát a 3. táblázatban foglaltuk össze, feltüntetve a méréshez használt spektrumbeállitást is. A jódkimutatási méréshez a mélységi korrekciós elektronikát nem használtuk, csak a fotocsucsban mért impulzusokkal számoltunk.

3. táblázat

A kis aktivitásu mérőhely érzékenysége és háttéreffektusa ^{131}I és ^{125}I izotóp esetén

Izotóp	Háttér cps	cps/kBq (cps/µCi)	Energiabefogás keV
^{131}I	10,0	22,5 /833,3/	337 - 383
^{125}I	20,2	32,4 /1198,0/	16 - 40

A táblázat adatai alapján a készülékkel kimutatható legkisebb izotópmennyiségre - 5 perces mérési időt feltételezve - az alábbi értékeket kaptuk:

^{131}I : É = 24,4 Bq /$6,6 \cdot 10^{-4}$ µCi/ ^{125}I : É = 24,8 Bq /$6,5 \cdot 10^{-4}$ µCi/

IRODALOM

1. ICRP Report No. 26 /1977/
2. *J.B. Stanbury*, On the Use of Radioisotopes in Human Experimentation, J. Nucl. Med. 11 /1970/ 586
3. *Földes J.*, Basedow - kór /Kórélettan-Klinikum/, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1976
4. A sugárzó /radioaktiv/ anyagokról és készitményekről. 10/1964/ /V.7./ Korm. rendelet, Magyar Közlöny 30 /1964/ 189
5. *H.N. Wellmann, J.G. Kereiakes, T.B. Yeager* és mások, A Sensitive Technique for Measuring Thyroidal Uptake of Iodine-131. J. Nucl. Med. 8 /1967/ 86
6. *A.G. Schulz, F.D. Rollo*, A Method for Measuring Radioiodine Uptake Which Corrects for Thyroid Depth, J. Nucl. Med. 11 /1970/ 508
7. *P.M. Martin, F.D. Rollo*, Estimation of Thyroid Depth and Correction for 125-I Uptake Measurement, J. Nucl. Med. 18 /1977/ 919

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 161-168

IRÁNYFÉNYFORRÁSOKBAN ALKALMAZHATÓ ZÁRT ^{147}Pm SUGÁRFORRÁS

Mangliár F.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

/Érkezett 1979. augusztus 2-án/

1,85 GBq /50 mCi/ aktivitásu sugárforrással gerjesztett fényforrás felépitése, anyagai, gyártása és vizsgálata. Minőségellenőrzés. A fényforrás szolgálati ideje 10 év.

Закрытые источники излучения ^{147}Pm для люминофоров
Манглиар, Ф.

Конструкция, материалы, производство и испытание источников света, возбужденных радиоактивным изотопом активности в 1,85 ГБк /50 мкюри/. Контроль качества. Срок службы - 10 лет.

Sealed ^{147}Pm Radiation Sources for Phosphor Light Sources
Mangliár, F.

The construction, materials, production and testing of light sources activated by 1.85 GBq /50 mCi/ activity radiation source. Quality control. The working time of a source amounts to 10 years.

A radioaktiv sugárzás energiáját hasznositó fényforrások előállitása már az 1940-es évek végén, az 50-es évek elején megkezdődött. Kezdetben α-sugárzó, majd később β-sugárzó izotópokat alkalmaztak erre a célra.

Hazánkban Ádám L. és munkatársai 1959-ben kezdtek foglalkozni a bányászatban is felhasználható izotópos fényforrások kifejlesztésével. Stroncium-90 gerjesztő izotóp alkalmazásával, tetraédes alaku, két oldalán 50-50 cm^2 világitó felületü fényforrásokat készitettek[1,2,3].

Az MTA Izotóp Intézetében 1969-től gyártunk ^{147}Pm izotóptartalmu radioaktiv festéket. Készitményeinkben rézzel optikailag aktivált cink-szulfidot, illetve kadmium-szulfidot; kötőanyagként pedig epoxigyantát használunk.

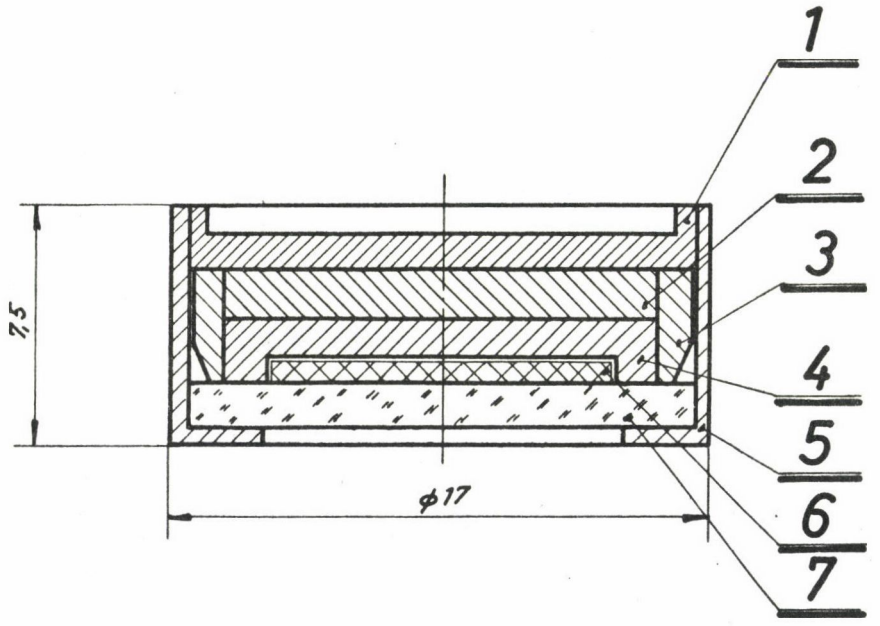
A festékek alkalmasak müszerlap, mutató, osztott tárcsa, jelezni kivánt felület kitöltésére, illetve megvilágitására. A festékelőállitásnál szerzett gyártási tapasztalat tette lehetővé olyan zárt radioaktiv fényforrások kifejlesztését, amelyek helyettesithetik a Központi Bányászati Fejlesztési Intézet által gyártott irányfényforrásokban a rendkivül veszélyes kategóriába sorolt ^{90}Sr-^{90}Y radioaktiv sugárforrásokat.

A továbbiakban a Pm-147 radioaktiv izotóp felhasználásával készült, PmS-2OH-1 tipusu sugárforrás gyártásánál szerzett tapasztalatokat ismertetjük.

A SUGÁRFORRÁS

A sugárforrás tervezésénél figyelembe vettük a nemzetközi ajánlásokat[4,5]. Olyan sugárforrást igyekeztünk kialakitani, amely elviseli a felhasználási területet jellemző igénybevételt. Figyelembe vettük, hogy a sugárforrást készülékekben /"source in device"/ alkalmazzák, majd, és ez csökkenti a sugárforrásra eső terheléseket /pl.: ütés, szurás stb./.

A sugárforrásnak a radioaktiv anyagot vizben nehezen oldható vegyületben, a sugárhatást jól türő kötőanyaggal rögzitett állapotban kell tartalmaznia. A korrózió elkerülésére a sugárforrástok rözsdamentes acélból készült.



1 ábra

PmS-2OH-1 tipusu sugárforrás összeállitási rajza

1/-fedél, 2/-távtartó, 3/-gyürü, 4/-rögzitő, 5/-tok, 6/-aktiv anyag, 7/-ablak.

Az 1. ábrán látható összeállitási rajz szemlélteti a PmS-2OH-1 tipus sugárforrást, megadja főbb méreteit.

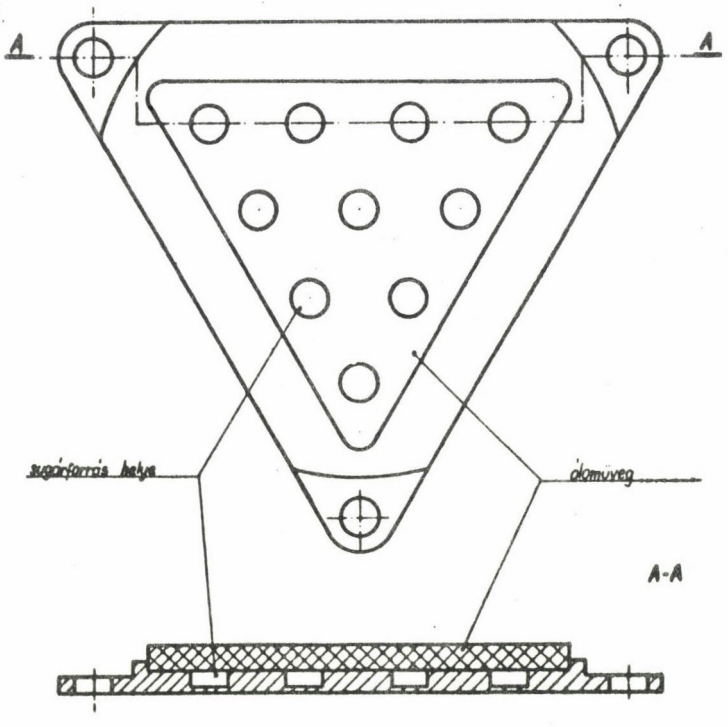
A sugárforrástok és -fedél KO-36 minőségü rozsdamentes acélból /5,1/, a rögzitő, a gyürü, valamint a távtartó /4,3,2/ aluminiumból van, a fénykilépést biztositó ablak /7/ üvegből készült.

A sugárforrás zártságát az összes érintkező felületnél epoxi tipusu ragasztóval végzett ragasztás, illetve a tok és fedél közötti - a sugárforrás pereménél lévő - hegesztés biztositja.

Az ablak anyagának meghatározására ellenőrző kisérletet végeztünk hat, egyenként 1,85 GBq/50 mCi/ ^{147}Pm aktivitásu, PmS-2OH-1 tipusu sugárforrások. Kétkét sugárforrás ablakának anyaga plexi, epoxigyanta, illetve üveg volt. Az ellenőrzési idő alatt /3 hónap/ az epoxigyantából készült ablak fokozatosan elszinesedett /megsárgult/, a plexi-, valamint üvegablaknál elváltozást nem tapasztaltunk /a 2,5 év mulva ugyanazon sugárforrásokon végzett ellenőrző vizsgálat is ezt igazolta/. A végső konstrukciónál az üvegablakot választottuk, mert a plexiablak elkészitése igen munkaigényes, készen nem kapható, könnyen karcolódik, és emiatt fényáteresztő képessége csökken.

A 17 mm átmérőjü sugárforrás világitó felülete 1 cm^2, pontszerünek tekinthető az irányfényforrások 50, illetve 100 cm^2-es világitó felületéhez képest. Ez lehetőséget ad arra, hogy a fénypontokból az irányfényforráson belül esetleg különböző szinü és jelentésü jelzéseket alakitsunk ki.

A Központi Bányászati Fejlesztési Intézet, az OLAJTERV és az MTA Izotóp Intézet együttmüködésével kifejlesztett, RAL-1-P tipusu biztonsági irányfényforrást mutatja a 2. ábra.



2. ábra
RAL-1-P tipusu biztonsági irányfényforrás

Az ábráról jól látható, hogy több, illetve más szinü forrással nyilat, háromszöget stb. tudunk kirakni. A sugárforrások az irányfényforrásban szükség esetén cserélhetők, igy jelentése is megváltoztatható.

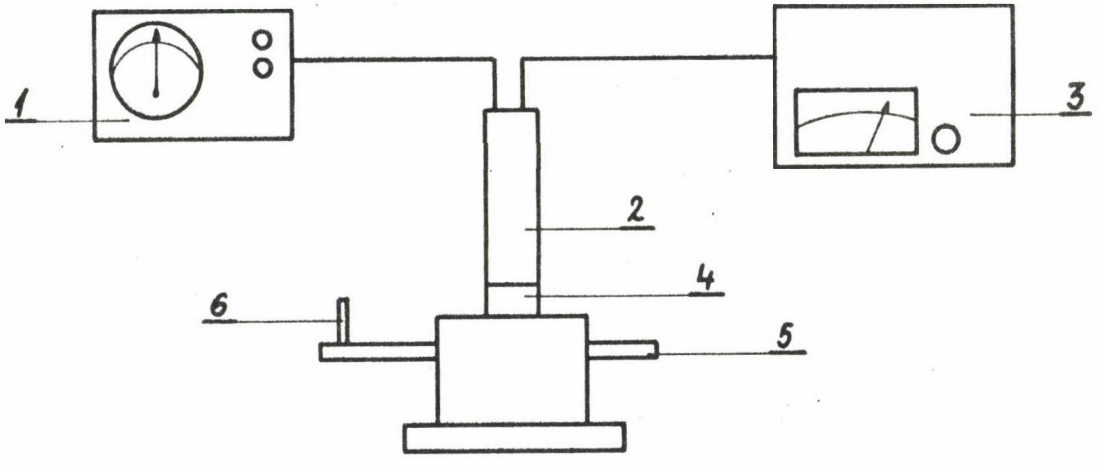
A sugárforrás készitése során első lépésként ki kellett választani azt a fényport /foszfor, luminofor néven is ismeretes/, amely alkalmasnak látszott arra, hogy az általunk megadott technológiával radioaktiv fényport gyártsunk belőle[6].

A cinkszulfidból készült fényporok viz- és nedvességállók, magasabb hőmérsékletet is elviselnek, ezért készitményünkhöz a Lumilux-N tipusu fényport használtuk. A belőle gerjesztett fény hullámhossza 550 nm, ami közel van az emberi szem érzékenységi tartományának maximumához.

FÉNYSŰRŰSÉGMÉRÉS

Mérési módszerünk a fotoelektron-sokszorozó anódáramának mérésén alapul. Ismeretes, hogy az anódáram-változás arányos a radioaktiv fényforrás fénysürüségével, és alkalmas annak relativ módszerrel történő meghatározására[6,7].

A berendezés elvi vázlata a 3. ábrán látható. Mintaváltóból, detektorból, nagyfeszültségü stabilizált tápegységből és nanoampermérőből áll.



3. ábra

Mérőberendezés

1/ tápegység, 2/ detektor, 3/ nanoampermérő, 4/ fényrekesz, 5/ mintaváltó, 6/ adagoló

A detektor és a mérendő minta közé fémből készült fényrekeszt helyeztünk el, hogy a detektorra jutó fénymennyiséget szabályozni tudjuk, ami által méréseinket optimális körülmények között végezhetjük. Zsilipként müködő sugárforrás-adagoló révén sem a forrás, sem a detektor nem kaphatott külső fényt a mérés ideje alatt.

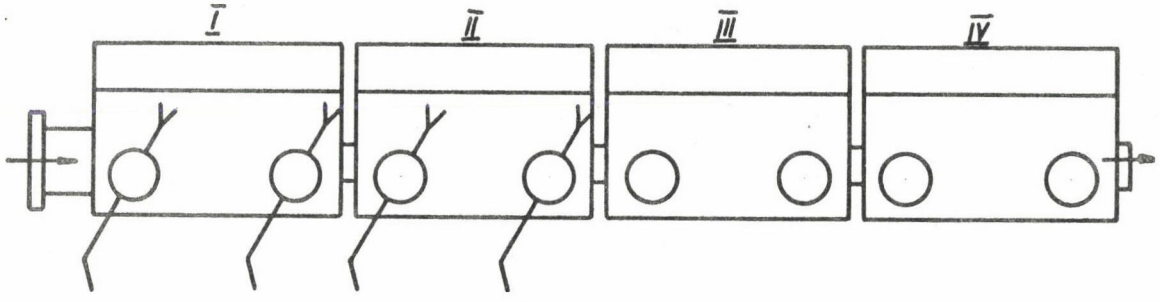
A mérőberendezés hitelesitésére etalonként SrS-12H-1 tipusu ^{90}Sr-^{90}Y sugárforrást alkalmaztunk. A sugárforrás ablaka 0,1 mm rozsdamentes acél, aktivitása 3,7 GBq /100 mCi/, aktiv mérete ϕ 10 x 1 mm, inaktiv mérete ϕ 18 x 5 mm volt. Fényforrásként a fenti sugárforrással gerjesztett CAWO-62 tipusu, utánvilágitás nélküli röntgenernyő anyagát használtuk /ϕ = 10 mm/.

Relativ módszerü mérést végeztünk az előállitott fényporokon, a megfelelő fényerősség és a homogenitás ellenőrzésére, és egyedenként ellenőriztük a forgalomba hozott sugárforrások fényerősségét is.

Az eredmények két év multán is hibahatáron belül reprodukálhatók voltak /a radioaktiv bomlásnak megfelelően/, ami a mérőberendezés stabilitását mutatja.

ZÁRT SUGÁRFORRÁS ELŐÁLLÍTÁSA

A müveleteket rudmanipulátorral, illetve kesztyübenyulóval felszerelt béta-fülkékben végeztük. A speciálisan erre a célra kialakitott és berendezett fülkékben a részmüveleteket ugy csoportositottuk, hogy a gyártási folyamat előrehaladtával a fülke, illetve termék felületi szennyezettsége állandóan csökkenjen, és a sugárforrás összeszerelése után minimális legyen.



4. ábra
Fülkesor összeállitási elve

Az I. béta-fülkében végeztük a 22,2 TBq/g (600 Ci/g) fajlagos és 9,25 TBq (250 Ci) összaktivitásu $^{147}Pm_2O_3$ rozsdamentes acélból készült, hegesztett tokjának felbontását, valamint a prométium-oxid nitráttá való átalakitását. A müvelethez, a nagy aktivitás miatt, zsilipes, rudmanipulátoros fülkét használtunk, amelyben a légforgalmat a bontás idejére megszüntettük, nehogy a kb. 400 mg aktiv anyag a levegőbe kerüljön. Az 1 mm falvastagságu acéltok felbontásához célkészüléket alkalmaztunk,

Az aktiv fénypor készitéséhez szükséges 1,1-1,5 TBq /30-40 Ci/ aktivitásu prométium-nitrátot szivással juttattuk át a II. fülkébe, igy a két fülkét

egymástól légtechnikailag elválasztottuk. A még mindig nagy dózisteljesitmény, valamint porozódási veszély miatt rudmanipulátoros fülkében végeztük a munkát. Mivel a soros elrendezésü rendszerben a gyártáshoz szükséges anyagokat nem továbbithattuk az egyes fülkéken át - hiszen célunk a fülkék szeparáltsága volt - ezért minden fülkénél, minden anyaghoz külön-külön beadót készitettünk. Igy adagoltuk be a II. fülkébe pl. a vizüveget, rögzitőt, cinkszulfidot stb.

A $^{147}Pm/NO_3/_3$ oldattal szuszpenziót készitettünk a Lumilux-N tipusu fényporból, majd a $^{147}Pm/NO_3/_3$-t ammóniumhidroxiddal $^{147}Pm/OH/_3$ formájában leválasztottuk a fénypor kristályaira. Ezután a 20-25 µm szemcsenagyságu aktiv fényport szüréssel elválasztottuk az oldattól, és néhány órán át 120-130°C-on tartottuk a hidroxidnak oxiddá való átalakitása céljából. A fényporból /fajl. akt.: 7,4 TBq/g (200 Ci/g)/ vizüveges kötőanyaggal festéket készitettünk. Az egy sugárforrás előállitásához szükséges festéket aluminiumból készült tálkába az un. rögzitőbe /1. ábra/ helyeztük, és zsilipes átadón keresztül adtuk át a III. fülkébe, ahol a sugárforrások összeszerelését végeztük. Az összeszerelés igen gondos, pontos munkát kivánt, ezért itt kesztyüvel dolgoztunk. Az aktiv anyag mennyisége is csökkent 37 GBq-re /1 Ci-re/, igy ez a változtatás sugárvédelmi szempontból is megengedhető volt. Az ellenőrzéshez gyürü alaku termolumineszcens dózismérőt használtunk.

Az előzőhöz hasonló fülkében /IV/ argon védőgázas ivhegesztéssel zártuk le a sugárforrásokat. Az esetleges szennyezettséget ultrahangos mosogatóban, desztillált vizzel távolitottuk el.

A fülkéket központi elszivórendszerrel szivattuk meg, de minden fülkénél egyedi légszürőt is alkalmaztunk. A depressziót ugy szabályoztuk, hogy a maximum mindig a II. fülkében legyen, s ennek következtében az I., illetve IV. fülke zsilipjeiben porszennyeződés ne léphessen fel.

Az aktiv anyag utját az átadókra rajzolt nyilak mutatják /4. ábra/.

A SUGÁRFORRÁSOK VIZSGÁLATA

Az MSZ 14340/1. szerinti minőségellenőrző vizsgálatot /zártság-, felületi szennyezettség-vizsgálat/, tipusvizsgálatot, valamint a szolgálati idő becslésére vonatkozó vizsgálatot végeztük el.

A gyártás után a sugárforrásokat nagyitó alatt, vizuálisan ellenőriztük, mechanikai repedések, varrathiányosság megállapitása céljából, és csak a teljesen ép, kifogástalan forrásokon végeztük el a további vizsgálatokat.

A felületi szennyezettség meghatározásánál a sugárforrást 70 W teljesitményü, ultrahangos mosogató tartályba helyeztük, melyben 1 órán keresztül rá zattuk desztillált vizben. A sugárforrást akkor találtuk megfelelőnek, ha az oldat teljes aktivitása nem haladta meg a 1,85 kBq-t /0,05 µCi-t/. Az aktivitás meghatározásánál folyadékszcintillátort alkalmaztunk.

A sugárforrások fényintenzitását a korábban már emlitett mérőberendezéssel mértük. A mérőkészülék detektora Zeiss gyártmányu, 35 mm átmérőjü fotomultiplier cső, amelynek anódkörébe nA-mérő van kötve. A fényforrás fényintenzitása akkor volt megfelelő, ha a kitérés 100 nA ± 20% volt.

A sugárforrások tipusvizsgálatához sugárforrásmaketteket használtunk, és a nemzetközi ajánlásoknak megfelelő vizsgálati módszereket alkalmaztunk[4,8].

Hő-, nyomás- és vibrációs vizsgálatot végeztünk, melyek alapján a PmS-2OH--1 sugárforrástipus osztályszáma az ISO/DIS 2919 szerint C 24141 lett. Mivel e sugárforrásokat irányfényforrásokban alkalmazzák, ütési és szurási vizsgálatot nem végeztünk.

A szavatossági időt az öregedés vizsgálatával becsültük meg. Készitettünk három, egyenként 22,2 GBq /600 mCi/ ^{147}Pm aktivitásu, PmS-2OH-1 tipusu sugárforrást. A forrásokat időszakonként zártságvizsgálatnak vetettük alá /1,2, illetve 3 hónap mulva/. Megállapitottuk, hogy az alkalmazandó aktivitáshoz képest tizenkétszeres aktivitásu sugárforrások három hónap elteltével, sőt a készitéstől számitott 2,5 év mulva is zártak maradtak.

A vizuális vizsgálat sem mutatott ki elváltozást a sugárforrás felületén, igy nem tapasztaltuk a ragasztó öregedését, porlódását, és nem változott meg a fényáteresztő ablak szine sem.

Mindezek alapján a darabonként 1,85 GBq /50 mCi/ ^{147}Pm radioizotópot tartalmazó, PmS-2OH-1 tipusu sugárforrások szavatossági idejét, vagyis azt az időtartamot, mely alatt a sugárforrást üzemszerü használat során fellépő meghibásodáskor dijtalanul kicseréljük, 2 évben állapitottuk meg, a sugárforrás szolgálati idejét, azaz azt az időt, amig gondos ellenőrzés mellett várhatóan alkalmazható, 10 évre becsüljük.

Összegezve az elmondottakat, az MTA Izotóp Intézetében kifejlesztett, cinkszulfid fényport tartalmazó, PmS-2OH-1 tipusu, zárt radioaktiv fényforrás, amely zöldessárga fénnyel világit /550 nm/ a beépitett 1,85 GBq /50 mCi/ ^{147}Pm gerjesztő izotóp hatására, kis méreténél fogva nagyon alkalmas változtatható jelentésü biztonsági irányfényforrásban való felhasználásra.

A tizéves szolgálati idő, a védett körülmények közötti alkalmazás /pl. RAL-1-P/ széleskörü lehetőséget ad a fényforrás biztonságos felhasználására bánya, üzem megvilágitatlan folyosóin, helyiségekben a menekülési irány, tüzveszélyes, robbanásveszélyes anyag stb. jelzésére.

IRODALOM

1. *Ádám L.*, Radioaktiv bányabiztonsági jelzések és világitótestek, Bányászati Kutató Intézet, Budapest, 1959.
2. *Ajtai Z., Ádám L.*, Radioaktiv bányabiztonsági jelzések. Szolgálati szabadalom, 1959. Msz: 147.758

3. *Ajtai Z., Ádám L.*, Radioaktiv bányavilágító testek. Szolgálati szabadalom, 1959. MSz: 147.861.
4. Sealed Radioactive Sources - Classification, Draft International Standard ISO/DIS 2919.3. 1978.
5. Классификация закрытых источников ионизирующего излучения, KGST, RSZ 4575-74 sz. szabványajánlás
6. *A. Bradley*, Observations on Packaged ^{147}Pm-Activated Phosphor Light Sources Int. J. Appl. 13 /1962/ 15
7. *Ádám L., Tari L.*, Fotoelektronsokszorozós fénymérő radioaktiv gerjesztésü kis fényforrások vizsgálatához, Bányászati Kutató Intézet Közleményei /1968/ 4
8. Radioactive Low Energy Photon Sources, The Radiochemical Centre, Amersham, Technical Bulletin 75/6.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 169-176

FARMAKOLÓGIAI HATÁSOK KVANTITATIV ANALIZISE A JÓDKINETIKÁBAN

Góliánné Dr. Bartha K.
Semmelweis Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézete, Budapest
/Érkezett 1979. augusztus 29-én/

Patkányokon végzett radioizotópos vizsgálatok továbbfejlesztése. A jódanyacsere kisérleti eredményeinek kiértékelése három-, hét- és tizrekeszes modell segitségével. A kinetikai állandók megváltozása jódanyagcserét serkentő, illetve gátló szerek hatására.

Количественный анализ влияния фармаконов на кинетику йода
Голиан Барта, К.

Усовершенствование измерений, произведенных радиоактивными изотопами на крысах. Модели с тремя, семью и десятью ячейками для оценки опытных данных. Влияние возбуждающих и задерживающих йодообращение средств на йодо-кинетические постоянные.

Quantitative Analysis of Pharmacological Effects in Iodine Kinetics
Gólián-Bartha, K.

Development of radioisotopic measurements in rats. Three-, seven- and ten-compartmental model and their experimental test. The dependence of iodine kinetic constants on the effect of agents, stimulating or hindering iodine metabolism.

A biológiai reguláció régóta kutatott területe a biológiának. Minthogy a jódanyagcsere is egyike azoknak a folyamatoknak, amelyek a szervezet biológiai egyensulyának kialakitásában szerepet játszanak, ismerete hozzásegit ezen egyensuly általános törvényeinek megismeréséhez. Nem kevésbé jelentős a jódanyagcsere megváltozásával járó betegségek differenciáldiagnosztikája, illetve a betegségekre ható gyógyszerek hatásmechanizmusának megismerése, amely éppen a kóros jódforgalom kvantitativ jellemzése révén tehető egyre egzaktabbá.

Munkánk célja az volt, hogy kisérleti adatok felhasználásával, amelyeket in vivo és in vitro mérési módszerekkel kaptunk, olyan kvantitativ jellemzőket találjunk, amelyek a teljes jódforgalomról, ezen belül a részfolyamatokról megbizható adatokat szolgáltatnak. Felhasználásukkal kivántunk közelebb jutni a jódanyagcsere-megbetegedések mechanizmus szerinti differenciálásához, illetve azoknak a gyógyszereknek a kiválasztásához, amelyekkel a jódanyagcsere valamely lépésénél beavatkozva a legjobb hatást lehet elérni.

A probléma megoldását két oldalról próbáltuk megközeliteni. Egyrészt a radioizotópos módszer továbbfejlesztésével és finomitásával arra törekedtünk, hogy mérési adataink megbizhatók és reprodukálhatók legyenek, hogy a belőlük számitott paraméterek megváltozása a tényleges jódanyagcsere-változás irányát és mértékét tükrözze. Másrészt, rekeszmodellek segitségével, olyan kiértékelési módszert igyekeztünk kidolgozni, amely a jódkinetika egészéről szolgáltat kvantitativ adatokat. Az alábbiakban röviden összefoglalom azokat az eredményeket, amelyeket e témakörben egy kis munkacsoport a Semmelweis Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézetében az utóbbi években elért.

KISÉRLETI MÓDSZEREK

Kisérleteinkben albino him patkányokat használtunk, amelyeket a kisérlet megkezdése előtt heteken keresztül jódszegény diétán tartottunk. Minden esetben az egyidőben született, egy tenyészetből származó kisérleti állatokkal kapott eredményeket hasonlitottuk össze, hogy a biológiai variabilitásból szükségszerüen adódó egyedi magatartásukon kivül más tényezők ne növeljék a mérési eredmények szórását. A nyomjelzéshez ^{131}I-izotópot alkalmaztunk.

Két szcintillációs detektorral egyidőben, in vivo mértük az aktivitás változását a kisérleti állatok pajzsmirigyében és farok vénájában a radiojód beadása után 2, 6, 24, 48 és 72 óra mulva. E mérési eredmények alapján elkészitettük a jódtárolási és véraktivitás-csökkenési görbéket, amelyekből a jód vérre és pajzsmirigyre vonatkozó biológiai felezési ideje és több más kinetikai paraméter meghatározható[3-6].

A pajzsmirigy és a vérplazma hormonkomponenseit előbb papir-, majd vékonyréteg-kromatográfiás módszerrel választottuk szét. A radioaktiv jódhormonkomponensek mennyiségi analiziséhez radiokromatográfiás és autoradiográfiás módszert alkalmaztunk[2,4]. Meghatároztuk az inaktiv hormonkomponensek százalékos megoszlását is, UNICAM P-700 spektrométerrel[5,7,8]. A hormonkomponensek elkülönitése, valamint az aktivitáseloszlási görbék felvétele és kiértékelése lehetővé tette, hogy a pajzsmirigyben és a plazmában egyaránt öt-öt komponens változását kisérhessük figyelemmel az idő függvényében.

EREDMÉNYEK

Az in vivo mérési eredményeket - amelyek több száz *normofunkciós kisérleti állat jódtároládsáról, illetve véraktivitásának csökkenéséről* szolgáltattak információt - háromrekeszes kinetikai modellel értékeltük ki. A modellben a rekeszek a pajzsmirigyet, a vért, illetve a vizeletet képviselték. Feltételeztük, hogy e rekeszekben oszlik el a szervezetbe juttatott összes radioaktiv jód[3,11].

A háromrekeszes modell azt az egyszerü esetet reprezentálja, amelyben csak a vérben, a pajzsmirigyben és a vizeletben kimutatható összes radiojód változását vesszük tekintetbe, és nem különböztetjük meg sem a szerves és szervetlen radiojódot, sem pedig a szerves radiojódfrakción belüli hormonfrakciókat.

A háromrekeszes modellt leiró három differenciálegyenlet megoldásából a pajzsmirigy radiojód-tartalmára /T/ az alábbi összefüggés adható meg:

$$T = A(e^{-\sigma t} - e^{-(\alpha+\eta)t}),$$

ahol α, σ, η rendre a felvételi, a mobilizációs és a kiválasztási állandó. Az A a jódtárolási görbe mobilizációs szakaszának a t = 0 időpontra való extrapolásából adódik, vagyis megadja azt a radiojód-mennyiséget, amit a pajzsmirigynek a t = 0 időpontban tartalmaznia kellene, ha kezdettől fogva a σ -val jellemzett sebességgel adna le jódot. A folyamatokra jellemző α, σ, η sebességi állandó kiszámitását a mérhető felezési idők felhasználásával az alábbiakban adhatjuk meg:

$$\alpha + \eta = \frac{0{,}693}{T_{1/2,\ v}},$$

$$A = \frac{\alpha}{\alpha + \eta},$$

$$\sigma = \frac{0{,}693}{T_{1/2,\ pm}},$$

ahol $T_{1/2,\ v}$ és $T_{1/2,\ pm}$ a jódnak a vérben, illetve a pajzsmirigyben mért biológiai felezési idejét jelöli.

A kisérleti eredmények és a modell összevetése alapján az alábbi jódkinetikai állandókat kaptuk:

$$\alpha = 0{,}08 \pm 0{,}02\ h^{-1}; \qquad \eta = 0{,}08 \pm 0{,}02\ h^{-1};$$

$$\sigma = 0{,}005 \pm 0{,}001\ h^{-1}.$$

A direkt hatásu, pajzsmirigymüködést stimuláló *Ambinon, valamint a trijódtironin és tiroxin* esetében tartós és egyszeri kezelés hatását vizsgáltuk. Ugyanakkor Metothyrinnel előkezelt, azaz mesterségesen hipotireotikussá tett állatcsoporton is megvizsgáltuk az Ambinon, a trijódtironin és a tiroxin hatását. /A trijódtironin és a tiroxin ez esetben csak helyettesiti a plazmában a hipofunkció miatt lecsökkent endogén jódhormonokat./

A háromrekeszes modell szerinti értékelésünk jódkinetikai állandói arra utalnak, hogy *Ambinon hatására a jódanyagcsere növekedése* mind az előke-

zelés, mind az egyszeri kezelés esetében kimutatható, bár a kiváltott hiperfunkció mértéke a kezelés módjával változik. Általában mindhárom paraméter háromnapos előkezelés hatására változik meg legkifejezettebben. Tapasztalataink szerint nem lehet viszont különbséget kimutatni a normofunkciós és az egyszeri adaggal hiperfunkcióssá tett állatcsoportra gyakorolt serkentő hatás között. A tartósan kezelt állatcsoportnál szembetünő a mobilizációs együttható nagymértékü /háromszorosára/ való növekedése.

Külön érdemes kiemelni, hogy a *tiroxinkezelésnél* az α értéke a kezelt állatoknál már egyszeri adagolás esetében is szignifikánsan megnövekszik, s ez a hatás tartós adagolással még kifejezettebbé válik. A *Metothyrinnel* előkezelt esetben olyan kifejezett a serkentő hatás, hogy a jódfelvételi állandó a kontrollénak mintegy ötszörösére nő. Figyelemreméltó azonban, hogy tartós kezelésnél a tárolási görbe maximumát jellemző A állandó az α növekedése ellenére is rendkivül kicsinek adódik, mig a hipotireotizáló előkezelést követően feltünően nagy értéket mutat. A *trijódtironin* egyszeri kezelésnél kis mértékben növeli a kinetikai állandók értékét, előkezelésnél pedig a hatás iránya is megváltozik.

Ugyancsak háromrekeszes modellt használtunk *Metothyrin, dijódtirozin és káliumperklorát* esetében is a pajzsmirigyfunkcióra gyakorolt direkt hatás kvantitativ jellemzésére[10,12]. E gyógyszerek hatását kétféle kisérletben vizsgáltuk. Egyrészt négynapos előkezelés, másrészt egyszeri, megfelelő dózisban alkalmazott tireosztatikus kezelés hatását tettük vizsgálat tárgyává. Megállapitható, hogy a pajzsmirigymüködés csökkentésére irányuló gyógyszeres beavatkozás hatásosságát a kisérletekből kapott α, η, σ, valamint az A állandó jól jellemzi, és azt mutatja, hogy az alkalmazott hatóanyagok mindegyike csökkenti a jódanyagcserét. A gátló hatás mindhárom tipusu tireosztatikum esetében szignifikáns, mértéke azonban az alkalmazott hatóanyag hatásmechanizmusától és a kezelés módjától függ. Külön ki szeretném emelni, hogy a használt gyógyszerek különböző mértékben változtatják meg a három jódkinetikai állandót. Az állandók változásából a gyógyszerek támadáspontjára következtethetünk. A gyógyszerek hatását a korábban használt módszerekkel nem lehet ilyen differenciáltan vizsgálni.

1. táblázat

A gátló hatás

Tireosztatikum	4 napon keresztül előkezelt				Egyszeri adagolás			
	$\alpha\ [h^{-1}]$	$\delta\ [h^{-1}]$	$\eta\ [h^{-1}]$	A	$\alpha\ [h^{-1}]$	$\delta\ [h^{-1}]$	$\eta\ [h^{-1}]$	A
Dijódtirozin	0,013 ±0,005	0,00079 ±0,0010	0,012 ±0,002	20,30	0,022 ±0,008	0,0018 ±0,0007	0,019 ±0,004	20,94
Káliumperklorát	0,026 ±0,003	0,00036 ±0,0001	0,020 ±0,003	12,29	0,013 ±0,002	0,0036 ±0,0007	0,044 ±0,010	2,61
Metothyrin	0,035 ±0,010	0,0035 ±0,0006	0,030 ±0,010	35,10	0,093 ±0,008	0,0015 ±0,0004	0,088 ±0,015	41,10
Kontroll	0,080 ±0,010	0,0050 ±0,0010	0,080 ±0,010	45,5	0,080 ±0,010	0,0050 ±0,0010	0,080 ±0,010	45,5

Eredményeinkkel kapcsolatban szeretnénk hangsulyozni, hogy a különféle eredetü /és mértékü/ jódanyagcserezavaroknál az optimális hatás eléréséhez differenciált gyógyszeres kezelést kell alkalmazni. Adataink éppen a hatás mértékének, irányának, támadási helyének felmérésére nyujthatnak lehetőséget.

A globális pajzsmirigyfunkció nyomon követésén kivül a radiojód beadása utáni különböző időszakokban /2, 6, 24, 48, 72 óra mulva/ meghatároztuk 100 normál kisérleti állatban a *pajzsmirigy, valamint a vér radioaktiv jódtartalmának jódfrakciók szerinti megoszlását*, radiokromatografiás és autoradiográfiás módszerekkel.

Példaként megemlitem, hogy a ^{131}I-beadás után 24 órával a normofunkciós pajzsmirigyben levő összes radioaktiv jódnak 73 ± 5,4%-a jódhormon előfázis-frakció /ezen belül 25,2 ± 1,8% a mono- és 48,1 ± 3,6% a dijódtirozin/, mig a fő hormonfázis az összes radiojód 11,6 ± 0,9%-a. Ez utóbbin belül a trijódtironin 2,9 ± 0,2%-ot, a tiroxin pedig 8,7 ± 0,7%-ot tesz ki. A vérben ugyanezek az arányok az alábbiak: anorganikus jód 47,5 ± 1,5%, trijódtironin 2,8 ± ± 0,9%, tiroxin 37,2 ± 1,8%.

Vékonyréteg-kromatográfiával elválasztott inaktiv jódkomponensek mennyiségének spektrofotometriás meghatározásával megállapitottuk, hogy a radioaktiv jód beadása után 24 órával a pajzsmirigyben és a vérben az inaktiv jódot tartalmazó egyes komponensek aránya megegyezik a radioaktiv komponensek arányával[5,7,9]. E tapasztalat képezte alapját azoknak a következtetéseinknek, amelyekben feltételeztük, hogy radiokromatográfiásan kapott jódhormonmegoszlási adataink /l. pl. fentebb/ a pajzsmirigyben lévő hormonfrakciók valódi megoszlásának felelnek meg. Vékonyréteg-kromatográfiás adataink egyszersmind értékes információt adnak a jódhormonok képződési kinetikájánál is: képződésük sebessége a konstansan mérhető inaktiv jód értéke körül hormononként változó időállandó szerint ingadozik. E jelenséget a jódanyagcserében szerepet játszó visszacsatolással magyaráztuk.

A radiojód-hormonfrakciók megoszlására vonatkozó kisérleti eredményeink értelmezésére továbbfejlesztettük háromrekeszes kinetikai modellünket. E modell már tartalmazza a jód kinetikájának azt a fázisát is, amelyet az eredeti modellnél elhanyagoltunk. E modellben a pajzsmirigyen belül három rekeszt, a szervetlen /T/ jódot, a hormonelőfázist /T*/ és a fő fázist /T**/ különböztetjük meg. A vérben külön szerves /S**/ és szervetlen /S/ frakciót vettünk figyelembe. A hét rekesznek megfelelően a jódkinetikát hét differenciálegyenletet tartalmazó egyenletrendszerrel jellemeztük[11,12]. A differenciálegyenlet-rendszert MEDA 41 és CDC 3300 számitógéppel oldottuk meg. Az elméleti görbéknek a kisérleti adatokhoz való illesztéséből meghatároztuk a radiojód rekeszek közötti vándorlására jellemző kinetikai állandókat. A kétféle számitógéppel kapott paraméterértékeket közel azonosnak találtuk, a konfidenciatartomány azonban a digitális kiértékelésnél szélesebbnek adódott.

Hétrekeszes modellünkkel lemértük a jódanyagcserére indirekt ható *Aktedron hatását*, és összehasonlitottuk a normofunkciós pajzsmirigy kinetikai állandóival[1]. Megállapitottuk, hogy tartós Aktedron-szintet biztositó kezelés a közismert idegrendszeri hatáson kivül a pajzsmirigymüködést is befolyásolja. Az Aktedron ugyanis gátolja a szervetlen jód felvételét a vérből, valamint a szervetlen jódnak a hormonokba való beépülését is. E gátlás azonban nem befolyásolja a pajzsmirigy hormonmobilizációját. Az állandók meghatározásának pontossága különböző. Általában annál nagyobb a konfidenciatartomány, minél távolabb esik a meghatározott állandó attól a rekesztől, amelyben a számitáshoz felhasznált mérést végeztük.

Mérési adataink, amelyeket a pajzsmirigy és plazma radiokromatográfiás analizisével kaptunk, a pajzsmirigyben, illetve a vérben lejátszódó folyamatok további lépésekre való felbontását, finomitását tették lehetővé. Igy készült el tizrekeszes modellünk, amely a pajzsmirigyben a szervetlen jodid fázison kivül a két hormon-előfázist /mono- és dijódtirozin/ és a két fő fázist /trijód- és tetrajódtironin/ külön veszi figyelembe. A plazmában a szervetlen jodidot, a trijódtironin-, és a tiroxinfázist különböztettük meg. E modell megoldásához természetesen még bonyolultabb differenciálegyenletrendszerre van szükség, amely csak digitális számitógéppel oldható meg.

Az illesztést CDC 3300 digitális számitógéppel végeztük, és azokat a paramétereket fogadtuk el a legjobb közelitésnek, amelyeknél az elméleti görbe és mérési adataink között az eltérés négyzetösszege minimálisnak adódott. Az igy kapott paraméterek konfidenciatartománya feltünően nagy. Ennek oka részben abban keresendő, hogy a szétválasztásnál a komponensek csak binyos hibával különithetők el. Ez a mérésben nagy szórást eredményez, ami a számitott paraméterek hibáját is nagymértékben növelte. A nagy konfidenciatartomány másik oka az lehet, hogy az idő függvényében ugyan tiz közül nyolc rekesz változását tudtuk követni, de technikai okokból, a paraméterek nagy számához viszonyitva, az illesztéshez felhasznált görbék mérési pontjait csak kevés /összesen hat/ időpontban határoztuk meg. Ez annyit jelent, hogy a görbék lefutásáról nem volt elegendő adatunk. Ha tehát a rekeszek számát növelnünk kell, illetve növelni akarjuk, akkor a kiértékeléshez használt kisérleti görbéknek is több pontját kell ismernünk. Az adott hat mérési pont birtokában szerkesztett görbék kiértékeléséhez hétrekeszes modellünk bizonyult a legalkalmasabbnak.

A dolgozatban példákon mutattuk meg, hogy a különböző kinetikai modellek, illetve a velük kapható paraméterek segitségével a normális és a gyógyszeresen kezelt pajzsmirigy jódanyagcsere-folyamatai kvantitative jellemezhetők. Jóllehet az itt bemutatott eljárásokat állatkisérletek eredmé-

nyeinek kiértékelésére használtuk, a módszer a humán pajzsmirigy-diagnosztikában is alkalmazható. A szokásos izotópos vizsgálatok során felvett pajzsmirigy-jódtárolási görbe, valamint a különböző időpontokban meghatározott plazma-hormoneloszlás alapján a pajzsmirigy jódfelvételét, tárolását, a trijódtironin és -tiroxin kidobását, illetve metabolizációját jellemző diagnosztikai állandók adhatók meg. Ezek standard /normál/ értékeinek ismeretében a kóros eltérések egyértelmüen és kvantitative jellemezhetők lennének.

Az utóbbi években szemmel láthatóan erősödött az a törekvés, hogy az orvosi diagnosztika minden területén kvantitativ adatokkal irjuk le a vizsgált szerv normális vagy kóros müködését a külső hatásra létrejövő változásokat. A dolgozatban bemutatott kinetikai modellekkel kapott adatok révén a különböző időben vagy helyen elvégzett vizsgálatok eredménye, illetve a gyógyszeres kezelés hatása a kisérleti hibával együtt megkapható, és az eltérés mértéke a szokásos statisztikus módszerekkel /szignifikanciával/ megadható. Megfontolandó a módszer bevezetése a klinikofarmakológiai vizsgálatok értékelésénél.

Természetesen tudomásul kell vennünk, hogy az előzőkben ismertetett kinetikai paraméterek meghatározásához több mérési adatra lenne szükség, mint amennyivel napjainkban általában dolgoznak, ezt azonban a laboratóriumok kapacitása csak kevés helyen tenné lehetővé. Elsősorban ezzel magyarázható, hogy hazánkban, de másutt is, csak néhány kezdeti próbálkozással találkozunk a rutin pajzsmirigy-diagnosztika területén. Várható azonban, hogy a korszerüen felszerelt, automatizált munkahelyek számának növekedésével az itt bemutatott kinetikai modellek alkalmazási köre is szélesedni fog.

IRODALOM

1. *Góliánné Bartha K.*, Aktedron /benzpropamin-foszfát/ hatása a pajzsmirigy jódfelvételére és hormontermelésére, Acta Pharm. /Budapest/ 35 /1965/ 129
2. *Góliánné Bartha K.*, Egyes gyógyszerek hatása a pajzsmirigy jódtárolására és jódhormon szintézisére, Gyógyszerészet 11 /1967/ 231
3. *G. Bartha K., Kanyár B.*, Some Problems of Investigating Iodine-Kinetics, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 3 /1968/ 466
4. *Gazsó J., G. Bartha K.*, Réteg-chromatographiás lemezek aktivitás eloszlásának automatikus kiértékelése, Kisérl. Orvostud. 22 /1970/ 108
5. *G. Bartha K.*, Pajzsmirigyhormonok spektrofotometriás vizsgálata, Acta Pharm. /Budapest/ 42 /1972/ 271
6. *G. Bartha K., Kanyár B.*, Módositott eljárás patkányok jódkinetikai vizsgálatához, Kisérl. Orvostud. 24 /1972/ 65
7. *G. Bartha K.*, Study of the Kinetics of Iodine Hormones by Absorption

Spectrophotometry, Acta Med. /Budapest/ 30 /1973/ 159

8. *Góliánné Bartha K.*, Jódhormonok kinetikájának vizsgálata abszorpciós spektrofotometriás módszerrel, Gyógyszerészet, 17 /1973/ 2
9. *Gólián-Bartha K., Sugár I.*, Application of Several Compartment Models for Interpreting the Iodine Kinetics of the Organism, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 8 /1973/ 194
10. *G. Bartha K., Sugár I.*, Farmakológiai hatások analizise jódkinetikai állandók segitségével, Acta Pharm. /Budapest/ 44 /1974/ 37
11. *Góliánné Bartha K., Sugár I.*, A szervezet jódkinetikájának vizsgálata rekeszmodellek segitségével, Gyógyszerészet 18 /1974/ 233
12. *G. Bartha K.*, Utilization of Iodine Kinetics Coefficients for the Analysis of Pharmacological Responses, Acta Med. /Budapest/ 31 /1974/ 51

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 177-189

$Na^{99}Tc^{m}O_4$ OLDATÁNAK ELŐÁLLÍTÁSÁRA SZOLGÁLÓ, SPECIÁLIS FÜLKESOR

Udvarházi J., Mándli J.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

/Érkezett 1979. szeptember 28-án/

A fülkék felépitése és sugárvédelmi vizsgálata. A szállitórendszer.

Специальные боксы для изготовления раствора $Na^{99}Tc^{m}O_4$
Удвархази, Я., Мандли, Я.

Конструкция и испытание по радиационной защите боксов. Система транспортировки обрабатываемого материала.

Special Boxes for the Production of $Na^{99}Tc^{m}O_4$ Solution
Udvarházi, J., Mándli, J.

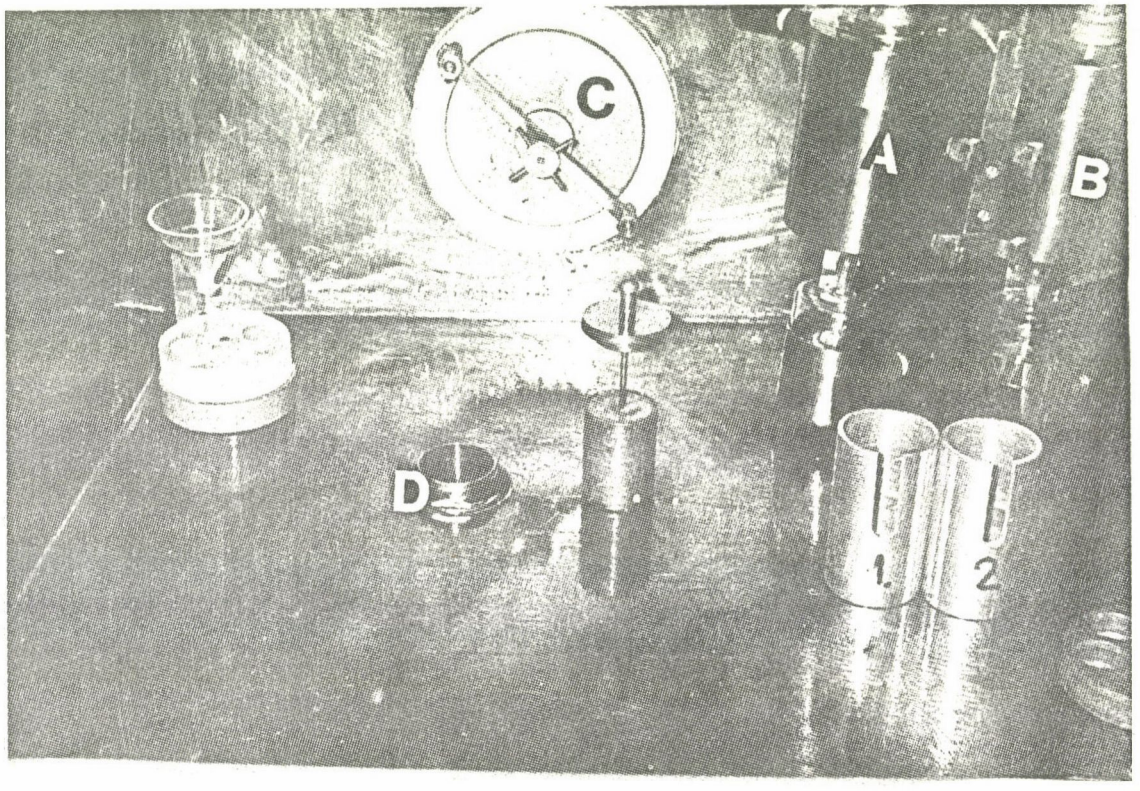
The construction and health physics testing of boxes. The transport system.

BEVEZETÉS

Az MTA Izotóp Intézetében szolgálati szabadalom alapján hordozómentes technécium-99 m oldatának előállitása kezdődött meg a közelmultban. A szabadalom, amely az oldat előállitására vonatkozó technológiát irja le, a jó hatásfok eredményeképpen nagy mennyiségü jelzett oldat gazdaságos termelését tette lehetővé.

A hordozómentes $^{99}Tc^{m}$-mel jelzett $NaTcO_4$ oldatának készitésére az intézet egyik, 2,4 x 5,7 m^2 alapterületü, földszinti helyiségét jelölték ki. A feldolgozandó radioaktiv anyag toxicitási csoportja és aktivitása B tipusu /közepes szintü/laboratórium kialakitását tette szükségessé. A helyi adottságokhoz igazodva, olyan szerkezeti megoldást kellett keresni, amely alkalmassá tette a normál terhelésre /300 kp/m^2/ készült padlószerkezetet a fülkesor önsulyából adódó, némely helyen a megengedettnél tizszerte nagyobb terhelés elviselésére. Lehetővé kellett továbbá tenni, hogy a fülkék kiszolgálása és karbantartása szük helyen is elvégezhető legyen. Az első két fülkében,

amelyekben az atomreaktorban aktivált molibdén vegyületből a $^{99}Tc^{m}$ elkülönítése generátorban folyik /1. ábra A., B. részlet/ lényegesen nagyobb aktivitás mérhető, mint azon boxokban, ahol a jelzett vegyületeket állitják elő /2. ábra/. Ennek következtében némiképpen eltér a generátorokat tartalmazó fülkék felépitése a többi fülkéétől, mivel az előbbiek sugárárnyékoló védelme a bennük feldolgozandó izotópok nagy aktivitásának /1,48 · 10^{11}Bq/ megfelelően erősebb.



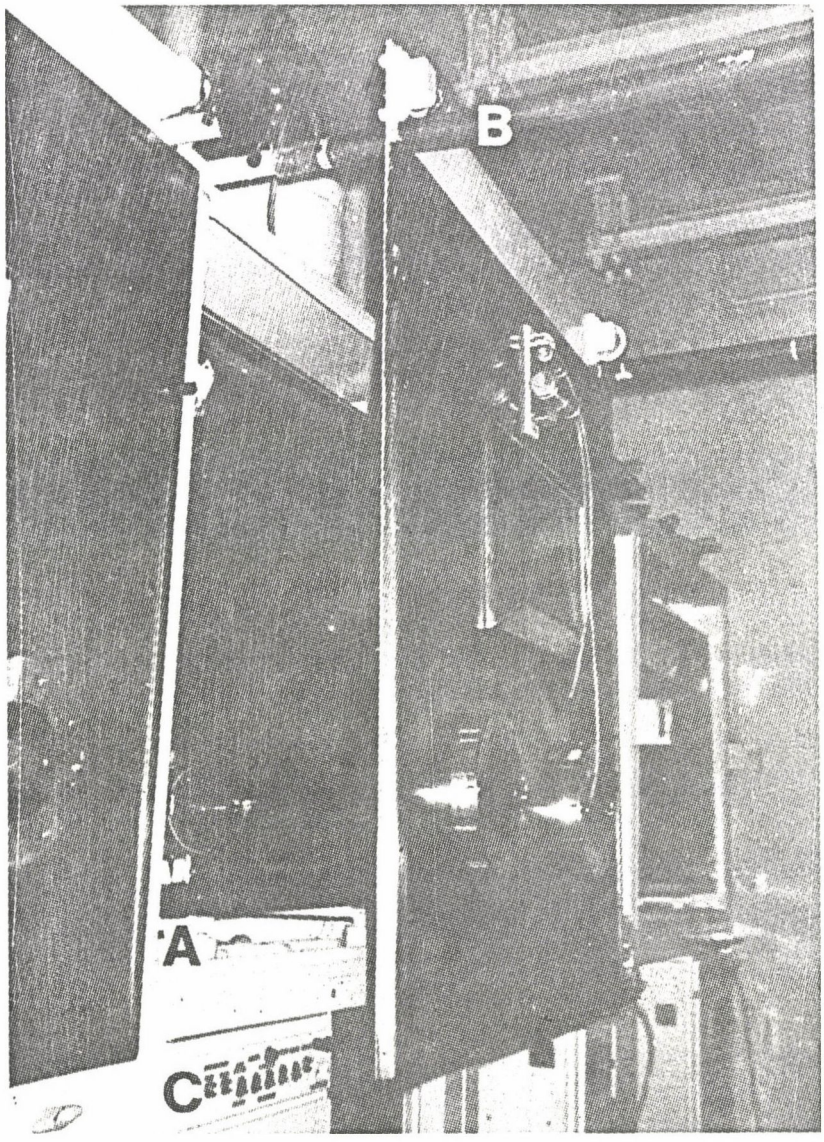
1. ábra

A technéciumnak a molibdéntől való elválasztására szolgáló fülke

A FÜLKÉK FELÉPÍTÉSE

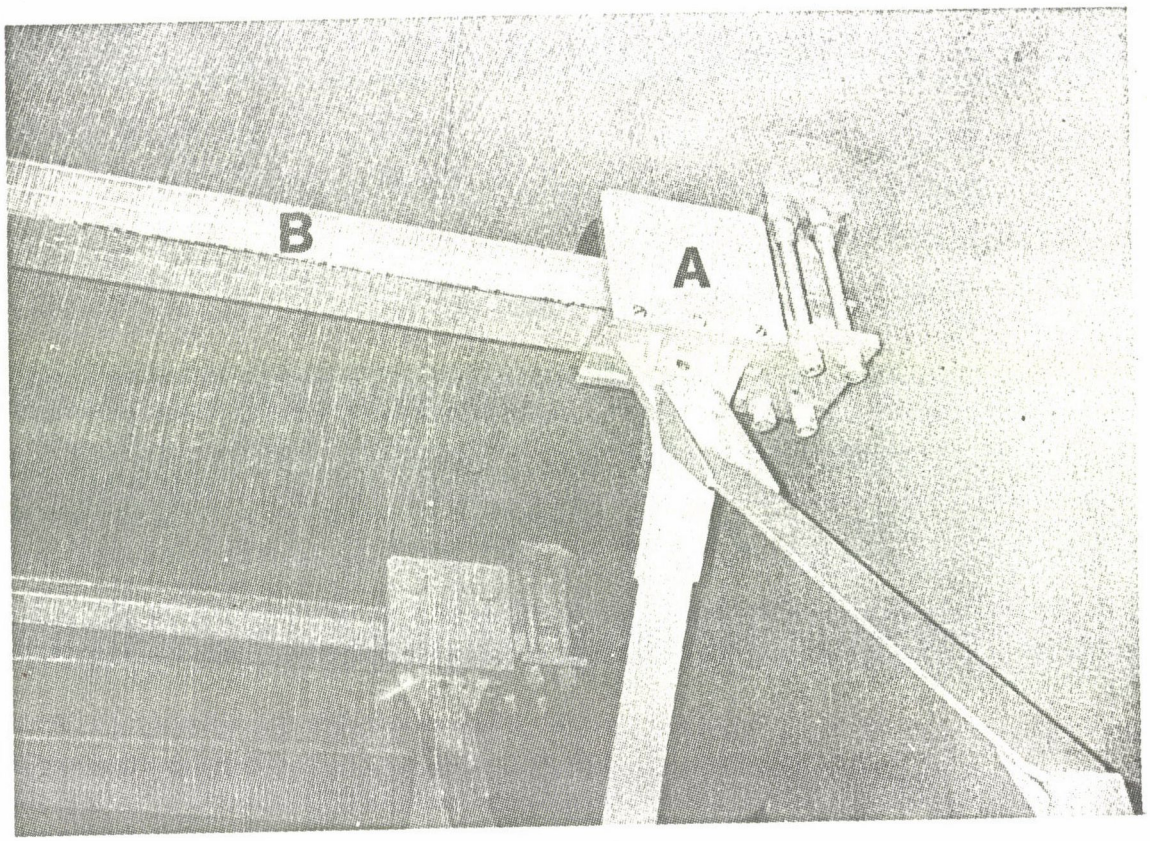
A nagy védelmü fülkéknél a mellső határoló falakat a födémszerkezet vasbeton tartógerendáira erősitett tartóbakokra /3. ábra A. részlet/ gördithetően függesztettük fel, egymásnak háttal összefordított U-profilu acélgerenda közbeiktatásával /3. ábra B. részlet/. Igy a padozat szerkezeti elemei mentesültek a fal sulyától. Ugyanakkor a karbantartáshoz szükséges falmozgatást kézi erővel, könnyen el lehet végezni.

A fülkesor kétféle szerkezetü fülkéből áll. A generátorokat tartalmazó fülkék nagyobb védelemmel, és alsó határoló lapjukban kialakitott, a célanyag beadására szolgáló nyilással vannak ellátva /1. ábra D. részlet/.



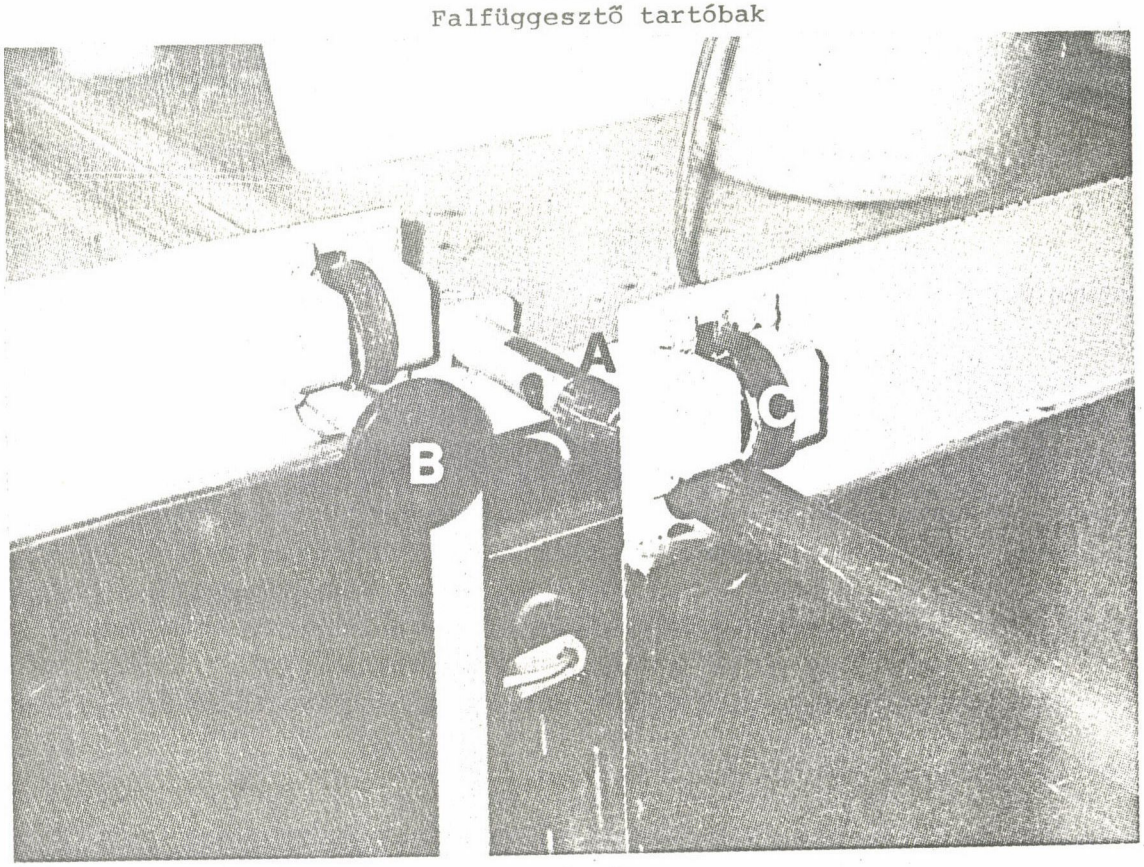
2. ábra
Jelzett vegyület előállitására szolgáló fülke

A jelzett vegyület előállitására szolgáló fülkék mellső, mozgatható falainak egy részét csapágyazott pántokkal a fülkék oldalfalára erősitettük fel. Azon fülkéknél, amelyeknél a szük hely miatt nem lehetett ezt a megoldást alkalmazni, a mozgatható falakat a fülke fedőlemezére rögzitett sinre erősitettük /4. ábra/. E fülkék szerelőfalainak mozgatását csapágyazott profilkerekek, valamint külön erre a célra szerkesztett szétszedhető állvány teszi lehetővé /2. ábra B. részlet/. Az állványzat az ajtótartó sinek végéhez csatlakozik /4. ábra A. pont/. A mozgatható fal, a "B" rögzitőcsavarok eltávolitása után, a tartóbakon és csapágyazott kerekein a fülkesorral szembeni tartófal mellé tolható, és ott hagyható mindaddig, ameddig a fülkében szerelés, javitás folyik. A védőfal fülkére való visszaszerelése után, a levételt szolgáló állvány leszerelhető, illetve másik fülkénél ismét felhasználható.



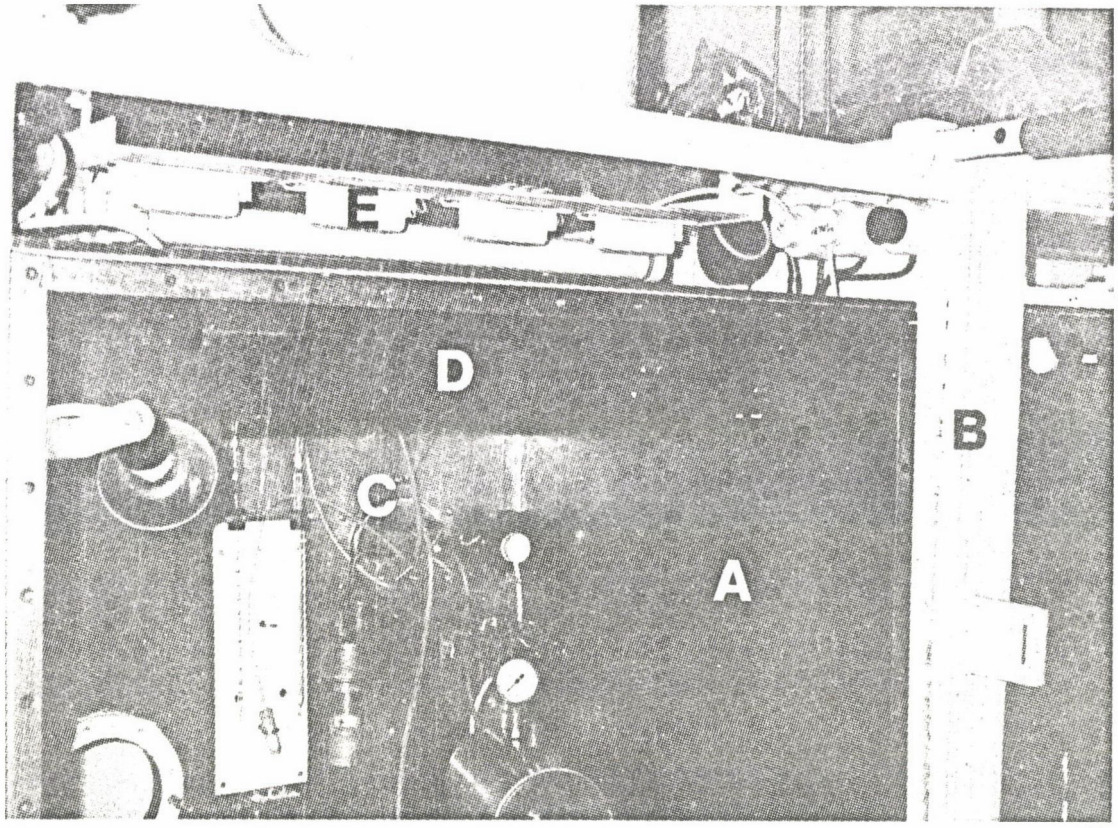
3. ábra

Falfüggesztő tartóbak



4. ábra

Sinen mozgatható falak



5. ábra
A belső fülke és külső burkolata

A fülkék konstrukciós szempontból két egymástól elkülönithető egységből állnak: belső, ausztenites szövetszerkezetü, korrózióálló acélból és plexiüvegből felépitett boxból /5. ábra A. rész/, valamint sugárvédelmi és mechanikai feladatokat egyaránt ellátó, külső burkolatból /5. ábra B. rész/. A külső falak anyag ólom és acél.

A belső box lehetővé teszi, hogy a radioaktiv izotópos szennyeződés ne az egész fülkére, hanem csak viszonylag kis, könnyen dekontaminálható, jól hozzáférhető területre korlátozódjék.

SUGÁRVÉDELMI MÉRETEZÉS

A fülkék külső határoló falait a feldolgozandó radioaktiv anyagok által kibocsátott sugárzás fizikai tulajdonságainak megfelelően alakitottuk ki, mivel a kémiai védelmet a box megfelelő mértékben ellátja. A fülkék rögzitett falainak feladata tehát elsősorban a radioaktiv sugárzás megfelelő gyengitése, illetve intenzitásának és energiájának oly mértékü csökkentése, hogy a fülkénél dolgozó személyt ne érje a megengedett maximális értéknél nagyobb sugárterhelés. A tervezésnél figyelembe vett megengedhető maximális dózis az I. szervcsoportra 5 rem/év, a II. szervcsoport 30 rem/év, a III. szervcsoportra 75 rem/év, mig a IV. szervcsoportra 15 rem/év.

Az egész testre megengedhető maximális dózist figyelembe véve /5 rem/év - 2,8 mrem/h/ méreteztük a falvastagságot. Az atomreaktorban felaktivált, maximális 74 GBq /2 Ci/ aktivitásu molibdén vegyületet a feldolgozás előtt két, megközelitően egyenlő részre osztják, és a két nagy védelmü fülkében helyezik el. A dózis számitásánál a fülkében feldolgozható maximális aktivitásu izotóp folyamatos jelenlétét tételeztük fel. A mellső, kezelőszemélyzet felöli fülkefalakat ugy kellett méretezni, hogy 36 órás munkahetet figyelembe véve, a felhasznált ^{99}Mo célanyagtól származó, falon kivül mért legnagyobb dózis az MMD alapján a 100 mrem/hét értéket ne haladja meg. A falvastagságot Guszev szerint méreteztük, figyelembe véve a $Mo^{99} \longrightarrow Tc^{99}$ bomlása során kibocsátott energiaspektrumot.

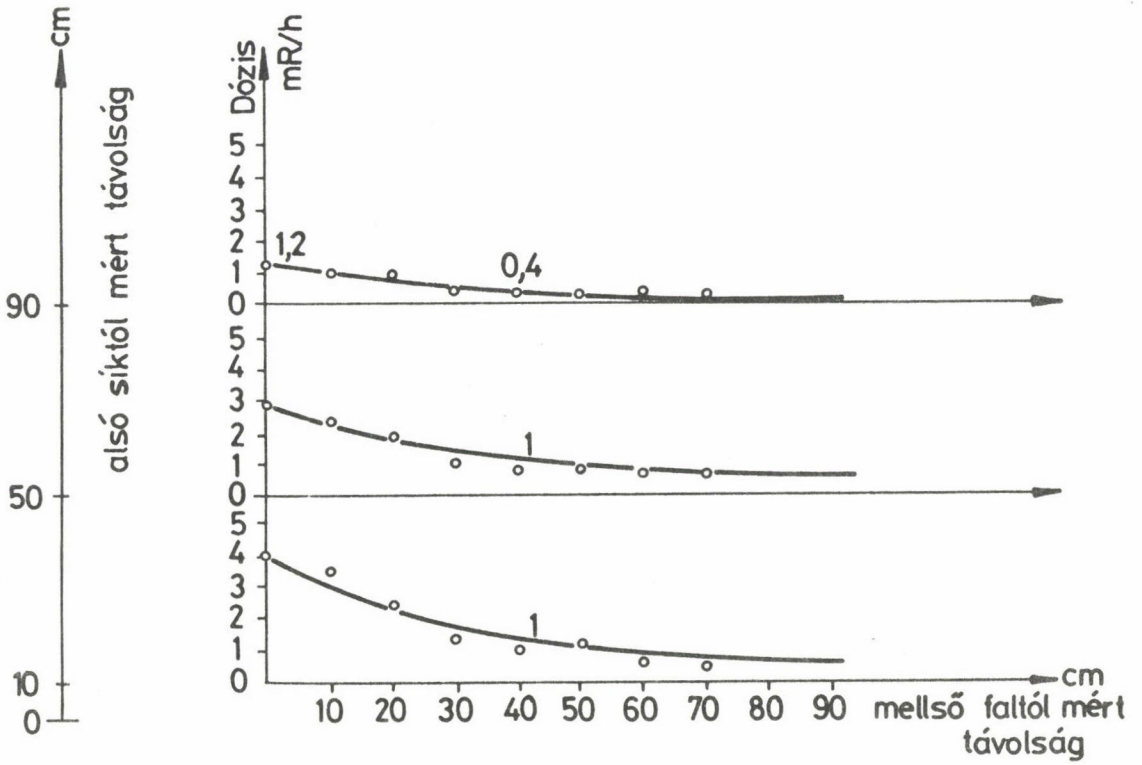
A fülkesor elkészülte után különböző aktivitásu sugárforrásokkal ellenőriztük a védelem sugárgyengitő képességét. Az alábbi jellemző vizszintes sikokban és a box függőleges felezősikjában mért dózis azért szolgálhatta az ellenőrző mérés és számitás alapját, mivel munka közben a kezelő személyzet gonádtájéka elsősorban e sikok által határolt térben van.

Az első mérési sik a box alsó határoló sikjától 10 cm-re, a második 50 cm-re, a harmadik 90 cm-re volt. Az első mérésnél 193,1 GBq /5220 mCi/, a másodiknál 106,6 GBq /2880 mCi/ aktivitásu sugárforrást használtunk. A dózis-eloszlást a 6-7. ábrán tüntettük fel. Méréskor a sugárforrásokat oda helyeztük el, ahol üzem közben lesznek: a boxok hátsó oldalsó sarkába. A mellső falon, a koordinátarendszer "0" vonalán mért dózis a lényeges, a falméretezés szempontjából.

A kezelőszemély a fal külső határoló sikjától legalább 20 cm-re áll, igy a dózis számitásánál - különösen egésztestdózis esetén - elegendő a 20 cm-re kialakuló dózist figyelembe venni. A 6-7. ábrán látható, különböző magasságokban mért, egymástól eltérő dózisokra a sugárforrás elhelyezése ad magyarázatot. Egyes szervcsoportok dózisterhelésének számitásánál, a dózistér inhomogenitása miatt, nem lehet átlagos dózissal számolni, hanem az adott sikban uralkodó szintet kell figyelembe venni. Látható, hogy 193,1 GBq /5220 mCi/ esetén a 90 cm-es sikban már 60 cm-re a fülkefaltól kialakul a 0,3 mR/h-es dózisszint, amely a fülkék elhelyezésére szolgáló helyiségben mért átlagos szintnek felel meg. A második és harmadik sikban ugyanezen távolságban még 1 mR/h a dózisszint.

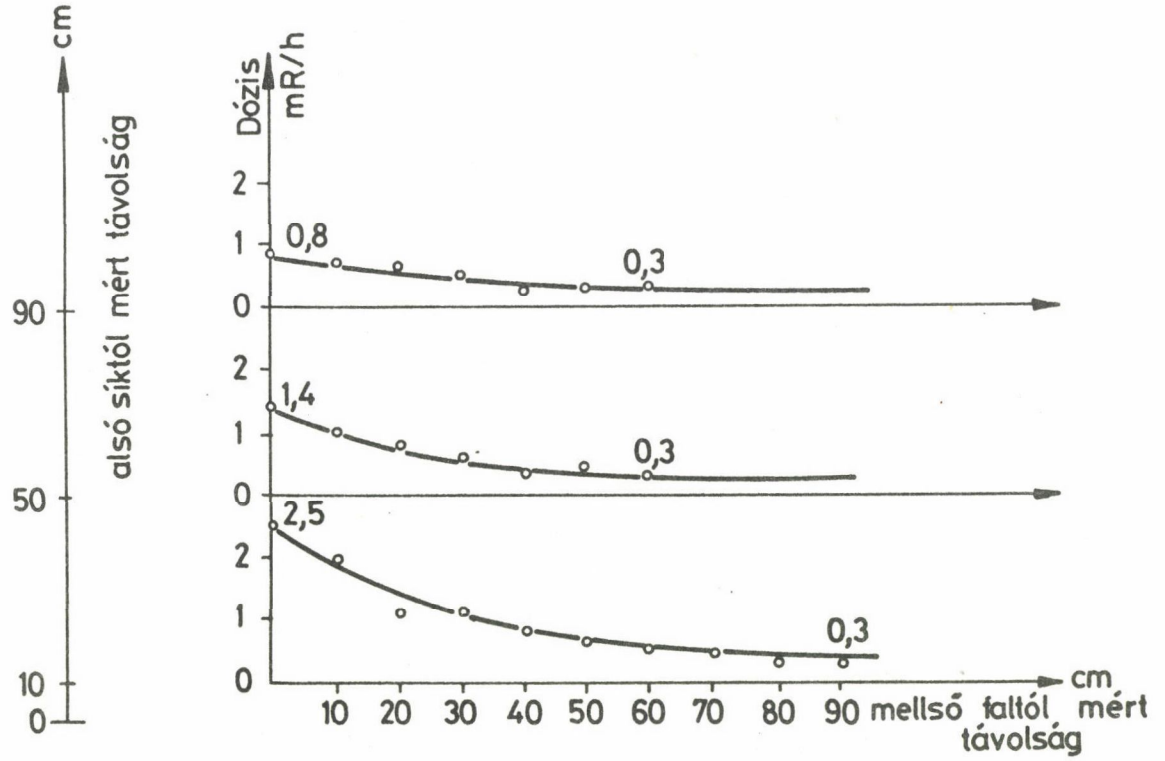
Mint az ábrán látható, 106,6 GBq /2880 mCi/ esetén 90 cm távolságban már egy sikban sem észlelni a sugárforrás közvetlen hatását, csupán az átlagos dózis mérhető.

Végeztünk mérést a fülke előlapjával párhuzamos irányban is, 20 cm-es magasságban, vizszintesen és a fülke felezősikjában, függőlegesen, a határoló külső felülettől 1 cm-es távolságban. A mért értéket a 8-9. ábrán tüntettük fel.



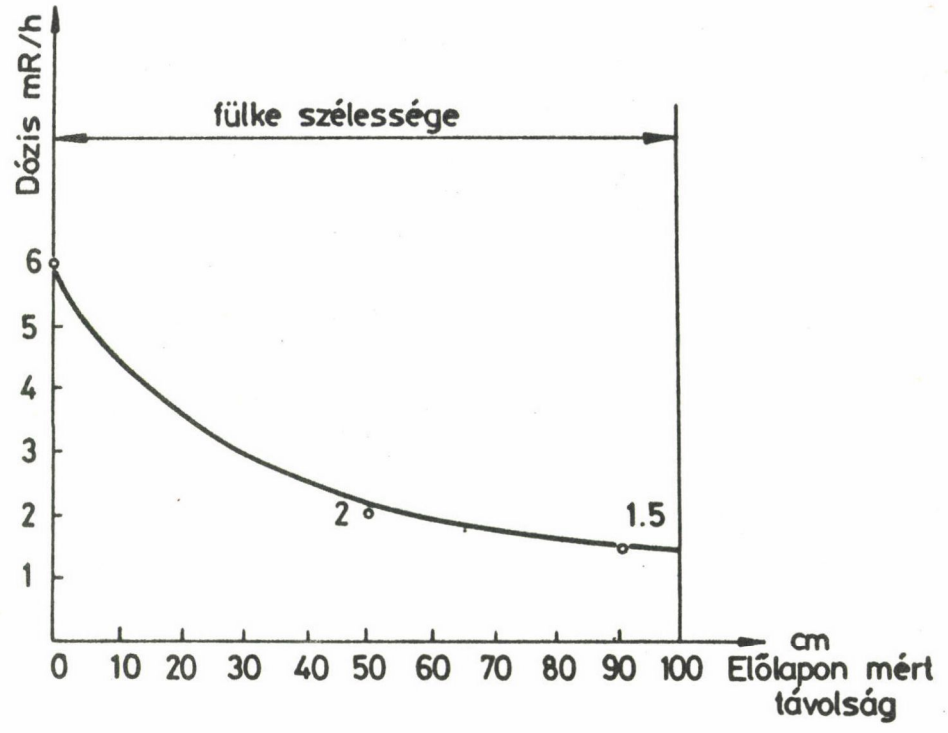
6. ábra

Nagy védelmü fülke elõtti dóziseloszlás 193,1 GBq /5220 mCi/ esetén



7. ábra

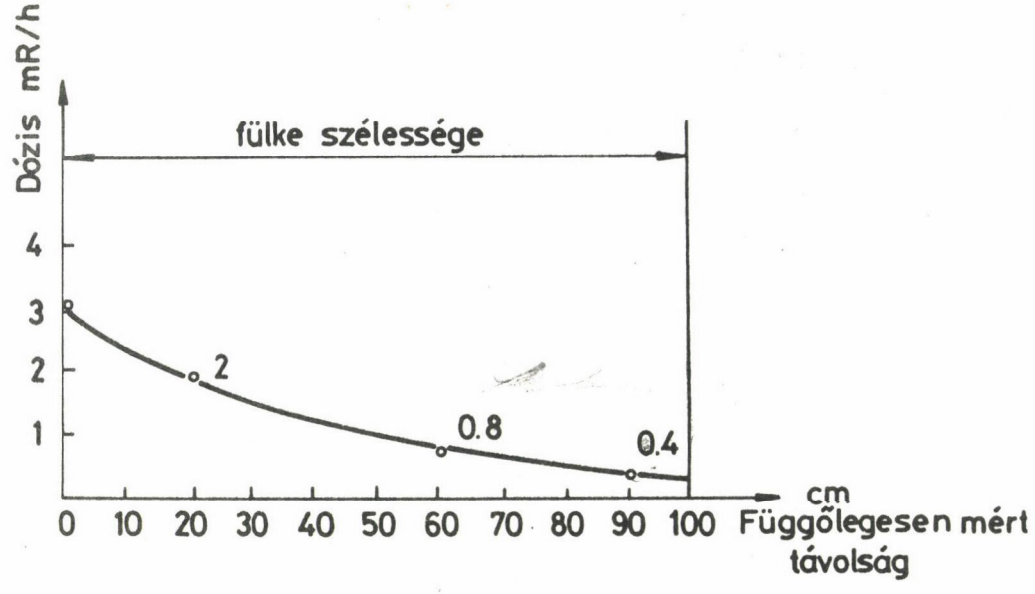
Nagy védelmü fülke elõtti dóziseloszlás 106,6 GBq /2880 mCi/ esetén



8. ábra

Nagy védelmü fülkén vizszintes irányban mért dóziseloszlás 145,2 GBq-es /3924 mCi/ aktivitásu sugárforrás esetén

Mérési sik az alsó határoló felülettől 20 cm-re



9. ábra

Nagy védelmü fülke felező sikjában függőleges irányban mért dóziseloszlás 145,2 GBq-es /3924 mCi/, oldalt elhelyezett sugárforrás esetén

A dóziseloszlás erősen függ a sugárforrás helyzetétől. A mérés alkalmával a sugárforrást a boxok bal oldalfala mellett helyeztük el. Üzem közben, a sugárterhelés csökkentésére célszerü a sugárforrásokat ebben /az 1. ábrán is látható/ helyzetben tárolni, mivel igy a fülke felező sikjában mért dózisintenzitás rendre a 8. ábrán szereplő maximális értéknek kb. a harmadrészére csökken. A $^{99}Tc^{m}$-et előállitó generátorokat a boxok hátsó fala előtt, az oldalfal mellé helyeztük el /1. ábra A., B. részlet/.

A számitás és ellenőrző mérés alapján megállapitható, hogy a nagyvédelmü fülkékben egyidejüleg legfeljebb 196,1 GBq /5300 mCi/ aktivitásu sugárforrás dolgozható fel. Mint ahogyan a 6. ábrán látható, a fülke előlapjától 20 cm-re kialakuló dózis ekkora aktivitásnál 2,7 mR/h értékü, ami egy hétre - 36 órás munkaidőt figyelembe véve - 97,2 mrem sugárterhelést jelent. A mért értéket összevetve az MMD alapján megadott 100 mrem/hét dózisértékkel megállapitható, hogy a falak megfelelő védelmet nyujtanak. A fülkesoron természetesen nagyobb aktivitásu sugárforrás is feldolgozható, ebben az esetben azonban az alkalmazandó időfaktort számitással kell meghatározni.

A FÜLKEÉPÍTÉS GYAKORLATI KÉRDÉSEI

A kettősfalu fülkék alkalmazása lehetővé teszi, hogy a fülkesoron adott esetben szükséges átalakitás gyorsan és könnyen, a termelés hosszabb leállitása nélkül legyen elvégezhető. Szerkezeti változtatás esetén ugyanis csak a belső boxot kell átalakitani, ami rövid idő alatt végrehajtható, mert a box, kis sulya és kezelhetősége következtében dekontaminálás után bármilyen géphez, illetve az átalakitás végző műhelybe szállitható. A fülkesorhoz készitett tartalékbox alkalmazásával a termelés teljesen folyamatossá tehető, mivel a kiszerelendő box előkészithető a cserére, még a fülkéből való kivétele előtt. A belső boxokat a külső fülkében elhelyezett sinre csuszó csapágyazással rögzitettük /2. ábra A. részlet/, ugyancsak a csere megkönnyitésére.

A belső boxok gáz-, villany-, viz- és sürítettlevegő-szerelvényeit henger alaku tartólemezre szereltük fel, ezt pedig a sugárárnyékoló külső fülke hátsó falához rögzitettük /5. ábra C. részlet/. A belső box hátsó lemezére O-gyürüs tömitéssel ellátott tömitőgyürüt épitettünk be, oly módon, hogy ütközésig betolt boxhelyzetben a tömitőgyürü rácsusszék a tartólemez palástjára. Az igy létrejött kötés tökéletes tömitést nyujt az elszivásnál alkalmazott 5 torr vákuumnál.

A szerelvények ilyen elhelyezése következtében a belső box cseréje esetén nem kell a csatlakozásokat leszerelni, megbontani, ezáltal jelentősen csökken az átszerelési idő, a kötés megbontásából nem keletkeznek hibák.

A fokozott kémiai hatás mellett radioaktiv sugárzásnak is kitett szerkezetek, berendezések anyagának megválasztása az egyik leglényegesebb és legjelentősebb feladat. Az eddig gyakran használt mügyanta alapu védőbevonatok a kémiai és sugárzási igénybevétel hatására igen hamar elszineződnek, elri-

degednek. Az elszineződés nem egyenletes, igy a fülkék esztétikai és optikai minősége erősen romlik. Ezt a problémát ugy oldottuk meg, hogy a belső felületek megvédésére passziváló polirozást és szintelen lakkréteget használtunk. Az igy kikészitett felületek azonban zavaróan erősen verték vissza a fényt, emiatt a boxokat a szokásosnál egyenletesebb szórt fénnyel kellett megvilágitani. A fényforrásokat a manipulációs boxok fölé, a külső védelemre szereltük fel /5. ábra E. részlet/. A fedőlemezeket mattitott plexiüvegből készitettük. Ennek, valamint a világitótestek megfelelő elhelyezésének és fényterelő lemezek alkalmazásának /5. ábra D. részlet/ következtében a belső boxokban nincs árnyék, igy a kezelőszemélyzet figyelme kevésbé lankad el, mint a hagyományos megvilágitású fülkéknél.

A manipulációs boxok anyaga az összes berendezésével egyetemben Ko 36-os ausztenites szövetszerkezetü acél és plexiüveg. A hegesztési varratokat AWI eljárással készitettük. Optimális hegesztési sorrendnél is keletkezhet jelentős maradó deformáció, ezért ahol lehetett, csavaros és szegecselt kötést alkalmaztunk. A belső boxok mellső fala plexiüvegből készült. Ennek az az előnye, hogy nem kellett külön ablakokat kiképezni, valamint, hogy a beépitett plexi elnyeli a $^{99}Mo \longrightarrow {}^{99}Tc$ átalakulásnál keletkező β-sugárzást, igy a külső védelem anyagában nem jön létre fékezési röntgensugárzás.

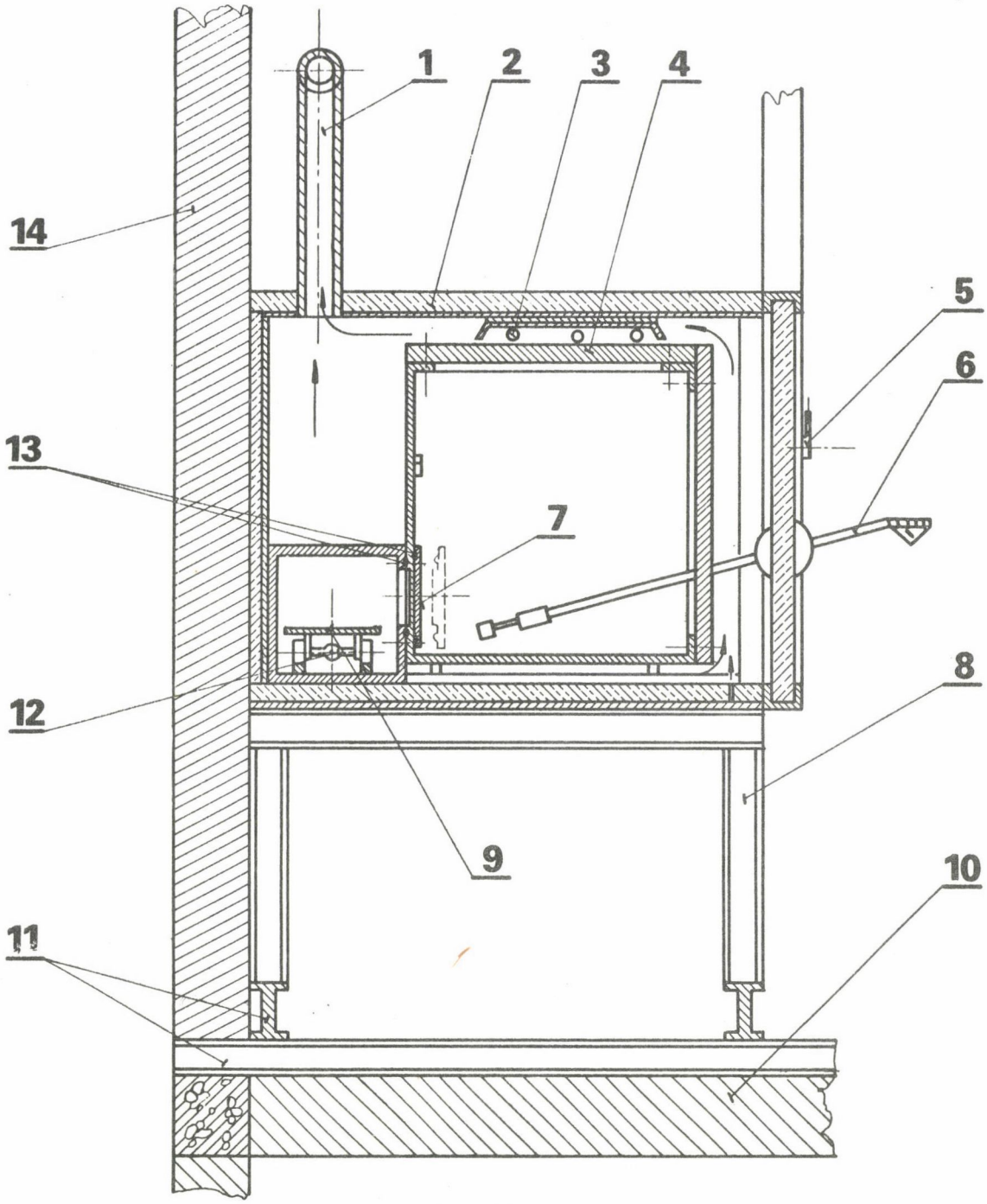
A belső manipulációs box alkalmazásával elértük, hogy normál üzemmód esetén a külső falat kémiai hatás nem éri, tehát nincs szükség a stabil karbid és az ausztenites szövetszerkezet jelenlétére az acéllemezben. Ennek megfelelően a sugárárnyékoló fülkéket A 34. minőségü acélból és ólomból terveztük, jelentősen csökkentve ezáltal a fülkesor épitési költségét.

A kémiai procedura közben a fülkében keletkezett aktiv gázokat elszivó berendezés vezeti el /10. ábra/. Az elszivórendszer az épület központi vezetékrendszeréhez kapcsolódik, külön szürőberendezésen keresztül. Az épités során alkalmazott tömitések /Silorka HK 35 és terosztát gumigyurma/ megfelelő tömitettséget biztositanak az elszivásnál alkalmazott 5 torr vákuum esetén.

A CÉLANYAGSZÁLLÍTÁS ESZKÖZEI ÉS MEGOLDÁSAI

A fülkesornak külön speciális konténere van, a célanyagnak az atomreaktorból a feldolgozás helyszinére, tehát zárt belterületen történő szállitására. A konténert a fülkesor elhelyezésére szolgáló épületen belül kerekes állványon szállitjuk /11. ábra/. A konténer a fülkesor nagy védelmü fülkéinek beadó nyilása /1. ábra D. részlet/ alá tolható, ott rögzithető. Ezt követően a konténer zárszerkezetét tolóruddal lehet nyitottállásba állitani.

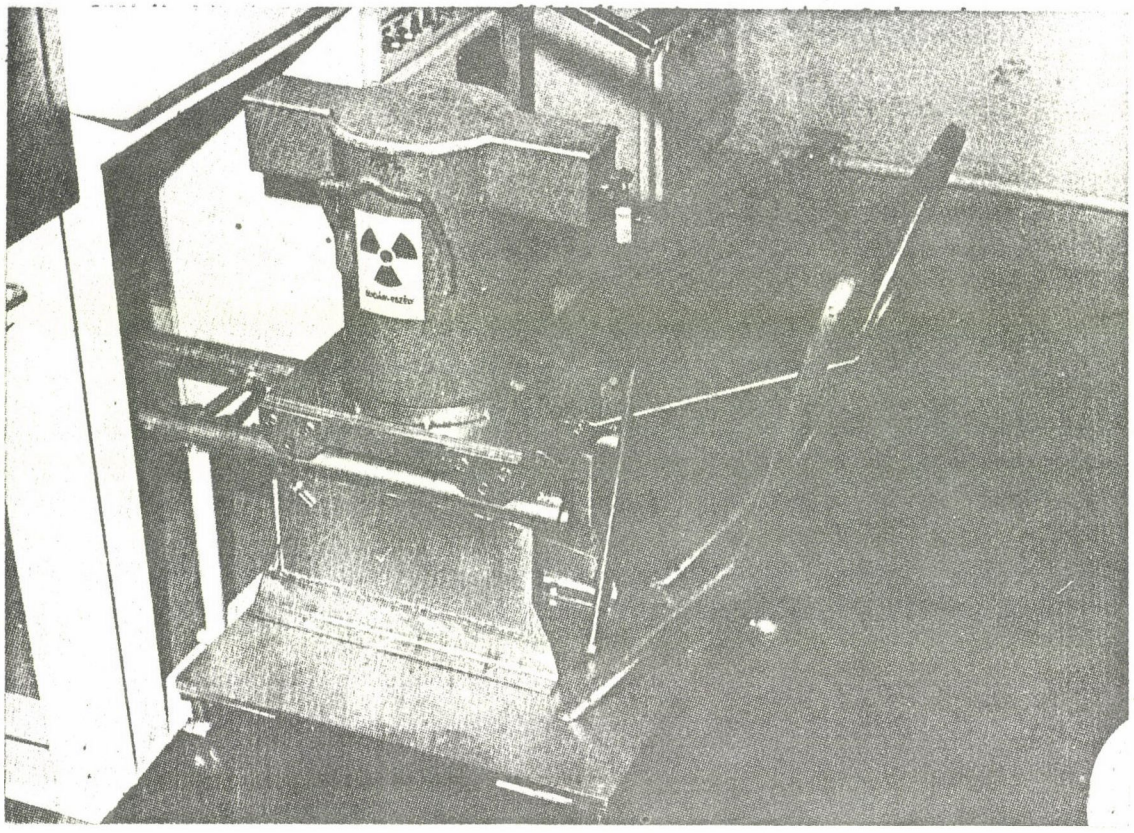
A sugárforrást távirányitásu csőrlős emelőszerkezet mágneses fejéről lehet leemelni, a fülkébe épitett manipulátorok segitségével, a mágnes áramkörének megszakitása után.



10. ábra

Nagy védelmü fülke metszete

1. szivócső
2. külső védelem
3. világitótest
4. belső manipulációs box
5. előfalrögzitő
6. manipulátor
7. adagolóajtó
8. tartóláb
9. szállitókocsi
10. pincefödém
11. terhelésmegosztó
12. végtelenitett fémhuzal
13. O-gyürüs tömités
14. az épület főfala



11. ábra
Konténerszállitó állvány

A fülkék között az anyagot szállitókocsi mozgatja. A kocsi a fülkék kezelőlapjára szerelt kapcsolókkal bármelyik fülkétől vezérelhető /2. ábra, C. részlet/. A kocsit végtelenitett sodronykötél révén villanymotor huzza, a boxok mögött kiépitett csőben elhelyezett sinen. A szállitandó anyag ki- és berakodása hermetikusan záró, mechanikus rögzitésü plexiajtón át végezhető el /1. ábra C. részlet/, igy a kocsi mozgása nemcsak elektromos jelzéssel, hanem bizonyos korlátok között szabad szemmel is követhető. Az elektromos helyzetmeghatározó égőit, amelyek a szállitócső szakaszait jelképezik, a kocsi hajtóművéről müködtetett mellékhajtómü kapcsolja, igy a hajtómü hibája esetén a szállitókocsi helyzete pontosan meghatározható, ami a javitásnál lényeges előny. A szállitókocsit a kiválasztott fülke beadónyilása előtt a vezetősint boritó cső oldalfalára szerelt elektromos kapcsoló állitja meg. A beadónyilásra szerelt plexiajtók manipulátorral reteszelhetők.

A KÉSZTERMÉK ELLENŐRZÉSE

A fülkesor utolsó fülkéje a késztermék csomagolására és az aktivitás ellenőrzésére szolgál. Az aktivitást üreges ionkamrával mérik. Az ionkamrát

az intézet területén mért átlagos háttérsugárzás, valamint a fülkében mérhető dózis zavaró hatásainak kiküszöbölése érdekében a fülke alá helyeztük el, megfelelő védelemmel körülvéve.

A fülkébe az ionkamra mérőüreqe felett mainpulátorral működtethető, eltolható ólomvédelmü ajtót épitettünk be. Méréskor a tolóajtó félrehuzása után, a kamra üregébe helyezhető a készitmény. A mérőmüszer bekapcsolása előtt, a zavaró sugárzás csökkentésére a tolóajtót zárt állásba kell állitani. A mérés befejeztével a készitmény a tolóajtó félretolása után ismét kiemelhető az ionkamra mérőüregéből, és a csomagoló anyagba helyezhető. Az ionkamra mérőmüszerét a fülkesor előlapjára szereltük fel, igy az érték könnyen és gyorsan leolvasható.

Eddigi tapasztalataink szerint e megoldások a gyakorlatban beváltották a hozzájuk füzött reményeinket. A hordozómentes $^{99}Tc^{m}$-mel jelzett $NaTcO_4$ oldatának előállitása a rendszer átadásának időpontjától kezdve folyamatosan és zökkenőmentesen, a tervezett ütemben és módon folyik.

IRODALOM

1. *Zsinka L., Mándli J., Sugár I.*, Eljárás és készülék hordozómentes technécium-99 m oldatának előállitására, Szolgálati szabadalom 10, 6 5 75. 1974. 07. 11.
2. *Mándli J., Répás L., Hirling J.*, Izotóptermelő laboratórium technológiai-gépészeti berendezéseinek üzemviteli tapasztalatai, Nukleáris Gépészeti Konferencia, Budapest 1970. nov. 17-19.
3. *Udvarházi J., Répás L., Mándli J.*, Специальное конструкционное решение боксов для производства изотопа $^{99}Tc^{M}$, KGST konferencia, Héviz 1978. nov.5.
4. *Bonta J., Virágh E.*, Sugárvédelem, Kézirat, Budapest, 1974

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 190-195

JÓD-125-TEL JELZETT PROSZTAGLANDINOK

Mucha I., Tóth G., Tanács B.
MTA Izotóp Intézete, Budapest

/Érkezett 1979. október 16-án/

Jód-125-tel jelzett prosztaglandin tracer alkalmazásával a triciummal jelzett PG-khez képest tizedannyi anyag mutatható ki. A $PGF_{2\alpha}$-t és a PGE_2-t karbodiimid reagenssel tirozin-metilészterhez kapcsolták. A kapcsolt származékokat kettős nyomjelzéses módszerrel azonositották. A jódozást $Na^{125}I$-tel, foszfát pufferben, klóramin T jelenlétében végezték; a jelzett terméket kromatográfiásan tisztitották.

Простагландины, меченные йодом-125
Муха, И., Тот, Г., Танач, Б.

Простагландином, меченным ^{125}I вещество десять раз меньше обнаружимого при помощи простагландина, меченного тритием можно обнаружить. $ПГФ_{2\alpha}$ и $ПГЕ_2$ были привязаны к метилэстеру тирозина реагентом карбодиимида. Происходные были опознаны двойной меткой. Йодирование происходилось $Na^{125}I$-ом в буферной среде, в присутствии хлорамида Т, а продукт был очищен хроматографически.

Prostaglandins, Labelled with Iodine-125
Mucha, I., Tóth, G., Tanács, B.

By prostaglandin tracer, labelled with ^{125}I a tenth of substance detectable by ^{3}H-labelled PG-s can be detected. $PGF_{2\alpha}$ and PGE_2 were bound to methyl L-thyrosinate by carbodiimide reagent. The derivatives were identified by double labelling method. Iodination was performed by $Na^{125}I$ in phosphate buffer, in the presence of chloramin T. The labelled product was purified by chromatography.

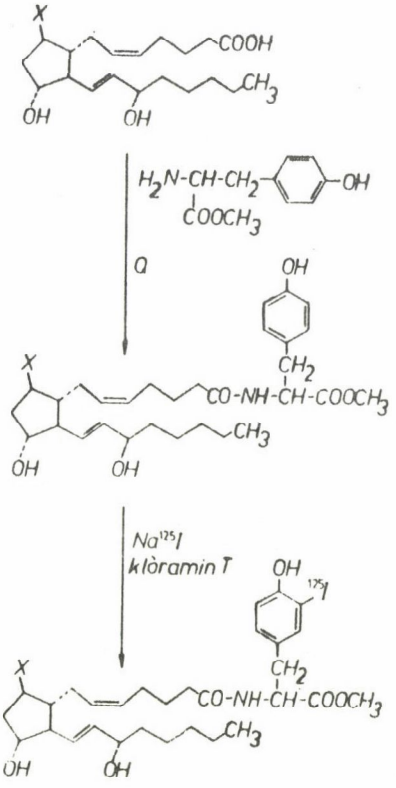
BEVEZETÉS

Az élő szervezetben rendkivül kis koncentrációban jelenlevő prosztaglandinok pontos mennyiségének ismerete az utóbbi években igen fontos diagnosztikai jelentőségre tett szert. Éppen ezért szükségessé vált megfelelő érzékenységü bioanalitikai módszerek kidolgozása, amelyek közül a klinikumban ma szinte kizárólag a radioimmunoassay-t /RIA/ alkalmazzák. A prosztaglandin/PG/-RIA-kitek kidolgozása a 70-es évekkel kezdődött meg[1-3], és napjainkra valamennyi fontosabb PG-fajtából a megfelelő RIA-kit kereskedelmi forgalomban van. Ezekben a kitekben a jelzett anyag /"tracer"/ triciummal jelzett prosztaglandin, amelynek elérhető maximális moláris aktivitása 3,7-7,4 TBq/mmól/ /100-200 Ci/mmól/, igy a legkisebb anyagmennyiség, amelynek kimutatásáról eddig beszámoltak, 3 pg PGE_2 volt[4]. Az érzékenység további növelése csak a tracer moláris aktivitásának növelésével lehetséges. Erre leginkább a PG-k radiojódos jelzése alkalmas, amely nemcsak az érzékenységet növeli mintegy tizszeresére, de a méréstechnikát is

jelentősen egyszerüsiti. Magát a jód-125 izotópot nem célszerü közvetlenül bevinni a PG-molekulába[5], hanem az alapmolekulát kell ellátni olyan reakcióképes oldallánccal, amelyre a jódatom egyszerü, gyors, radioaktiv szintézisre is alkalmas kémiai reakcióval épithető be. Igy pl. számos szteroidszármazéknál a szteroid molekulához tirozin-metilésztert kapcsoltak, majd erre, elektrofil szubsztituciós reakcióban bevitték a radioaktiv jódatomot, a fenolos hidroxilhoz képest orto-helyzetben[6,7]. Hasonló eljárást 1976-ban irtak le először a PG-k tiramin- és hisztamin-származékaira[8], amelyek segitségével már 0,5 pg PG kimutatása is lehetővé vált. Laboratóriumunkban a diagnosztikai szempontból legfontosabb $PGF_{2\alpha}$ és PGE_2 radiojódos jelzését végeztük el az alapmolekulák tirozin-metilészter-származékain keresztül. Jelen cikkünkben ennek eredményeit kivánjuk ismertetni.

AZ EREDMÉNYEK

A radiojódos jelzés két fő lépésre tagolható: a PG-molekula kapcsolására tirozin-metilészterhez /a továbbiakban TME/, és a tulajdonképpeni radioaktiv szintézisre, a jód-125 atom beépitésére az aromás oldalláncba. A reakció vázlatosan a következő:



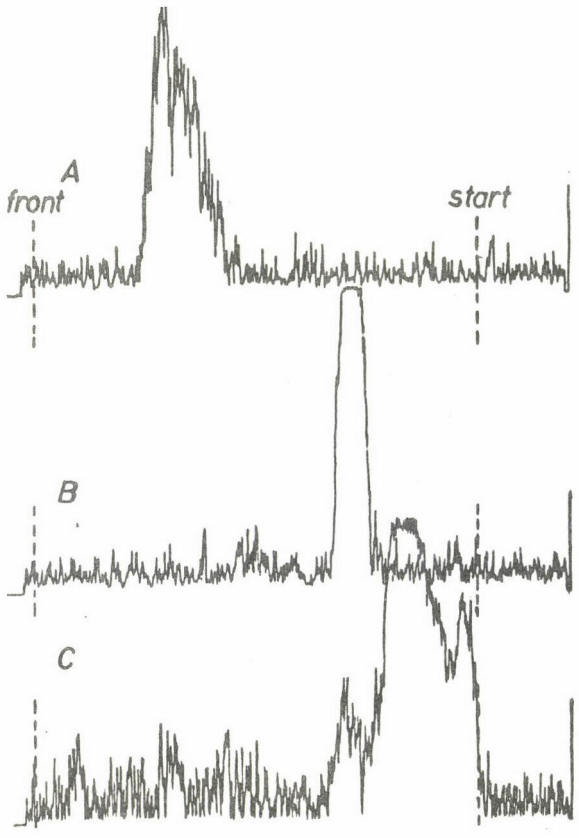
X: { -OH /$PGF_{2\alpha}$/ ; =O /PGE_2/ }

Q: kapcsoló ágens

PG-TME SZÁRMAZÉKOK ELŐÁLLITÁSA

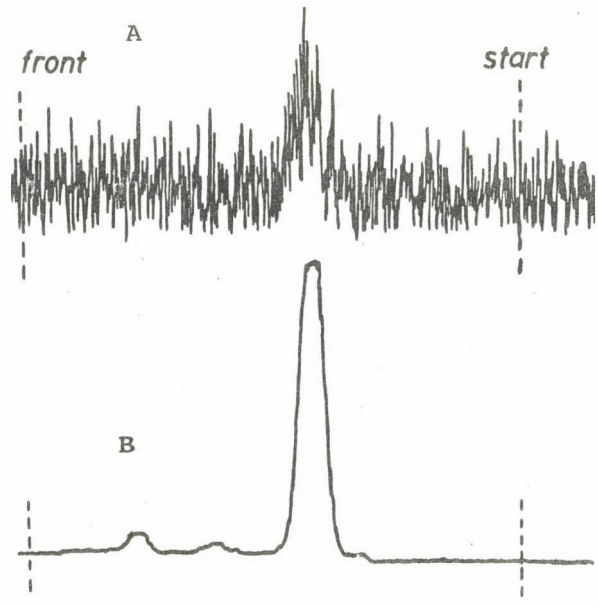
A $PGF_{2\alpha}$-TME ELŐÁLLITÁSA

A reakcióvázlaton feltüntetett kapcsolási reakcióban a kapcsoló ágens a peptidkötés kialakitására széles körben alkalmazott karbodiimid-származék[9], az 1-etil-3/3'-dimetil-aminopropil/-karbodiimid-hidroklorid, a továbbiakban CDI. A kapcsolást először triciummal jelzett $PGF_{2\alpha}$/$PGF_{2\alpha}$-^{3}H/ és TME között vizsgáltuk. A reakcióelegyből kivett minták radiokromatográfiás vizsgálatával megállapitottuk, hogy az elegy 24 óra mulva csak minimális mennyiségü változatlan $PGF_{2\alpha}$-t tartalmaz. Ugyanakkor megállapitottuk, hogy a $PGF_{2\alpha}$ önmagában is reakcióba lép a CDI-vel, mint ez az 1. ábrán látható. Mivel a termék azonositása emiatt bizonytalan, a kapcsolást inaktiv $PGF_{2\alpha}$ és TME-^{3}H között is elvégeztük. Ennek eredményeként a $PGF_{2\alpha}$-^{3}H-ból kiinduló szintézisnél kapott termékkel azonos radioaktiv anyaghoz jutottunk, ezzel bebizonyitottuk, hogy a végtermék valóban a két kiindulási anyag kapcsolt származéka. A 2. ábra a kétféle uton kapott származék radiokromatogramját hasonlitja össze. A reakcióelegyben lévő bomlástermékeket és változatlan kiindulási anyagokat a végterméktől extrak-



1. ábra

$PGF_{2\alpha}$-^{3}H átalakulása TME és CDI jelenlétében
A: $PGF_{2\alpha}$-^{3}H + TME reakcióelegy
B: Standard $PGF_{2\alpha}$
C: $PGF_{2\alpha}$-^{3}H + CDI reakcióelegy



2. ábra

Kettős jelzéssel kapott $PGF_{2\alpha}$-TME összehasonlitása
A: TME-^{3}H-ból kapott $PGF_{2\alpha}$-TME
B: $PGF_{2\alpha}$-^{3}H-ból kapott $PGF_{2\alpha}$-TME

ciós módszerrel választottuk el. Ezen tisztitás után a végtermék gyakorlatilag egységes, bár időnként néhány %-ban 215°C olvadáspontu, nem azonositott anyagot tartalmaz szennyezésként.

A PGE_2-TME ELŐÁLLITÁSA

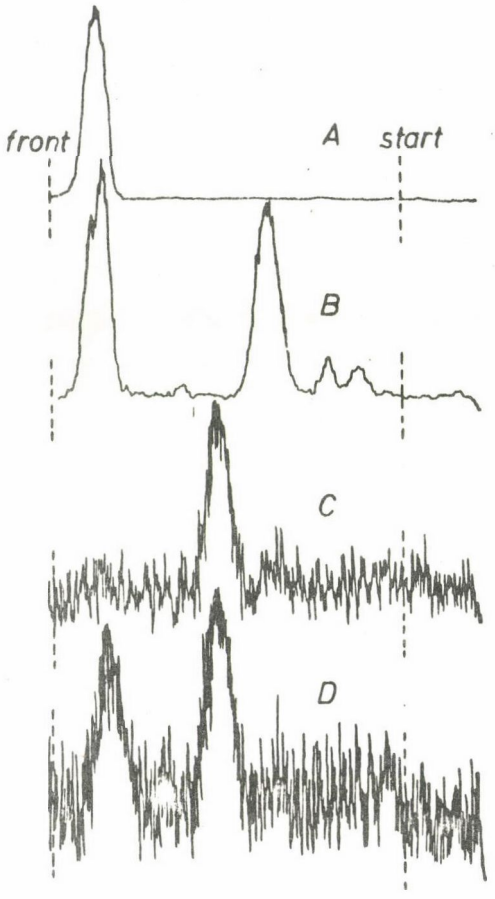
A PGE_2-t a $PGF_{2\alpha}$-hoz hasonló módszerrel kapcsoltuk TME-vel. Megfigyeléseink szerint azonban a megfelelő konverzió eléréséhez a kiindulási anyagok mólarányát változtatni kellett. További eltérés mutatkozott a vékonyrétegkromatográfiás azonositásban, mivel a kapcsolt termék a legkülönbözőbb futtató rendszerekben a PGE_2-vel azonos Rf-értéket mutatja. TME-^{3}H-val azonban igazolni lehetett, hogy a kérdéses folt nem változatlan PGE_2, hanem a kapcsolt termék, mivel a TME-^{3}H-ból kiinduló szintézisnél is aktivitást mutatott. Az összefüggéseket a 3. ábra szemlélteti.

A ^{125}I-IZOTÓP BEÉPITÉSE A PG-TME-SZÁRMAZÉKOKBA

A tirozin oldallánc aromás gyürüjének elektrofil jódozása kiválóan alkalmazható mikroléptékü radiokémiai szintézisekben is. A reakció pufferolt közegben, pozitiv jódforrás jelenlétében pillanatszerüen játszódik le, de mivel többszörös szubsztitucióra is lehetőség van, ezért a radiokémiai szintézisnél ugy járunk el, hogy a jódozandó anyagot igen nagy - 70-80 szoros - feleslegben adjuk a radioaktiv nátrium-jodidhoz, majd a reakciót megfelelő redukálószer - esetünkben nátrium-metabiszulfit - hozzáadásával azonnal le is állitjuk.

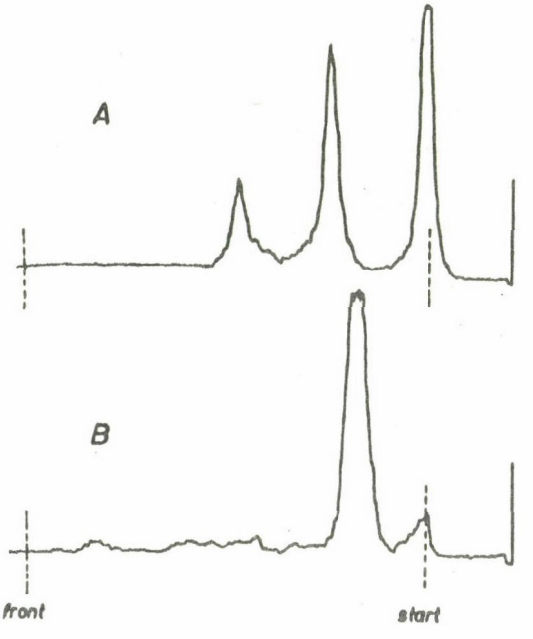
Megjegyzendő, hogy pozitiv jódforrás jelenlétében maga a $PGF_{2\alpha}$ is többféleképpen reagálhat, amely reakciók közül elsősorban egy biciklusos haloéter /"jódéter"/[10,11] képződésével kell számolni. Ha azonban a fent leirttal teljesen azonos módon $PGF_{2\alpha}$-t jódozunk, akkor a reakcióelegyben organikus jódszármazék nem mutatható ki. Ez azt jelenti, hogy az általunk használt klóramin T-s jódozásnál a $PGF_{2\alpha}$-TME származék PG-részén sem jódéter-képződéssel, sem egyéb jódozott termék keletkezésével nem kell számolni, és kizárólagosnak tekinthető az aromás oldallánc elektrofil szubsztituciója.

A jódozás után legfontosabb feladat a radioaktiv végtermék tisztitása, amelynek legcélszerübb módja a vékonyrétegen végzett elválasztás. Ezt azonban jelentősen megnehezíti az, hogy egyetlen jódatom beépitése - mint ez a 4. ábrán látható - csak igen csekély mértékben változtatja meg a PG-származék kromatográfiás tulajdonságait, ugyanakkor a tökéletes elválasztás elengedhetetlenül fontos, mivel az inaktiv kiindulási anyag a termék moláris aktivitását csökkenti. Megfelelő oldószerelegyben kétszeri kromatografálással sikerült tökéletes elválást elérni, amelyet ugy igazoltunk, hogy a jódozást triciummal jelzett PG-TME-ből kiindulva végeztük el, és a termék összetételét jód-125-re és triciumra nézve külön-külön vizsgáltuk. A fent leirt jódozási



3. ábra

PGE_2 és TME reakciótermékének azonosítása kettős jelzéssel
A: Standard PGE_2-^3H
B: PGE_2-^3H + TME reakcióelegy
C: Standard TME-^3H
D: PGE_2 + TME-^3H reakcióelegy



4. ábra

Radiojóddal jelzett PGE_2-TME kromatográfiás elválasztása
A: PGE_2-TME + $Na^{125}I$ reakcióelegy
B: Standard PGE_2-^3H-TME

eljárás és elválasztási módszer mind a $PGF_{2\alpha}$, mind a PGE_2 esetében eredményes volt, segitségével több, min 74 TBq/mmól /2000 Ci/mmól/ moláris aktivitásu, radiojóddal jelzett PG-származékokat sikerült nagy tisztasággal előállitani.

KÍSÉRLETI RÉSZ

PROSZTAGLANDIN-TIROZIN-METILÉSZTER SZÁRMAZÉKOK ELŐÁLLITÁSA

0,6 mmól $PGF_{2\alpha}$ és 1,2 mmól frissen kristályositott tirozin-metilészter 10 cm^3 tetrahidrofurános oldatához hozzáadjuk 0,9 mmól 1-etil-3/3-dimetil--aminopropil/-karbodiimid-HCl 0,5 cm^3 vizes oldatát. /PGE_2 esetében a mólarányok a következők: 0,6 mmól PGE_2, 2,0 mmól tirozin-metilészter és 2,0 mmól CDI-HCl/. Az elegyet szobahőmérsékleten 24 órát kevertetjük, az oldószert

vákuumban lepároljuk, a maradékot 60 cm^3 éterben oldjuk, majd sorrendben 10 cm^3 0,5 n HCl-oldattal, 20 cm^3 vizzel, 2x15 cm^3 1,8%-os /pH8,9/ TRISZ-oldattal és 2x20 cm^3 vizzel mossuk. Az éteres fázist vákuumban szárazra pároljuk, igy 118 mg sárgás, üvegszóró, viszkózus anyagot kapunk; a hozam 37,3%.

JÓD-125-TEL JELZETT PROSZTAGLANDINOK ELŐÁLLITÁSA

0,15 mmól/11,1 MBq /300 μCi/; 74 TBq/mmól /2000 Ci/mmól// $Na^{125}I$ 1 mm^3 foszfát-pufferes /pH=7,4/ oldatához hozzáadunk 7 mmól PG-TME-t 10,5 mm^3, 5 μg klóramin-T-t 2 mm^3 és 32 μg nátrium-metabiszulfitot 2 mm^3 foszfát-pufferben. A reakcióelegyet 20 x 20 x 0,025 cm-es szilikagél rétegre /MERCK, HP-TLC-Alufolien-Kieselgel-60/ visszük fel, és kloroform-metanol-viz/ /9:1:0,1/ rendszerben kétszer kromatografáljuk. Radiokromatográfiás azonositás után a terméket etanollal leoldjuk a rétegről. A termék aktivitása 3,33 MBq /90 μCi/, radioaktiv hozama 30%.

IRODALOM

1. *B.M. Jaffe, H.R. Behrman, C.W. Parker,* J.Clin. Invest. 52 /1973/ 398
2. *L. Levine, H. Van Vunakis,* Biochem. Biophys. Res. Comm. 41 /1970/ 1171,
3. *L. Levine, R.M. Gutierez-Cernosek, H.Van Vunakis,* J.Biol. Chem. 246 /1971/ 6782
4. *F. Dray, B. Charbonnel, J. Maclouf,* Eur. J. Clin. Invest. 5 /1975/ 311
5. *Kocsár L., Merétey K., Virág S., Kovács G.,* Izotóptechnika /Budapest/ 17 /1974/ 335
6. *G.C. Oliver, B.M. Parker, D.L. Brasfield, C.W. Parker,* J. Clin. Invest. 47 /1968/ 1035
7. *A. Massaglia, U. Barbieri, Ch. Siri-Upathum,* Int. J. Appl. Rad. Isotopes 24 /1973/ 455
8. *J. Maclouf, M. Pradel, P. Pradelles, F. Dray,* Biochim. Biophys. Acta 431 /1976/ 139
9. *J.C. Sheehan, C.P. Hess,* J. Amer. Chem. Soc. 77 /1955/ 1067
10. *E.J. Corey, G.R. Keck, I. Székely,* J. Amer. Chem. Soc. 99 /1977/ 2006
11. *I. Tömösközi, G. Galambos, V. Simonidesz, G. Kovács,* Tetrahedron Letters 30 /1977/ 2627

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 196-202

ÁRAMLÁSI PARAMÉTEREK NYOMJELZÉSES MEGHATÁROZÁSA TIMFÖLDGYÁRI KASZKÁDRENDSZERBEN, II.

Méray L.*, Maleczki E.*, Badacsonyi T.*, Ujhidyné Farkas K.*, Ódor Gy.**
*Veszprémi Vegyipari Egyetem, Radiokémiai Tanszék, Veszprém
**Magyaróvári Timföld- és Mükorundgyár, Mosonmagyaróvár

/Érkezett 1979. október 17-én/

Módszer három, sorosan kapcsolt tartály áramlási paramétereinek meghatározására visszaáramlás esetén. Lerakódásra és pangó térre következtettek. Müszaki változtatással mindkettőt csökkentették.

Определение параметров потока методом меченых атомов в каскадной системе глиноземных заводов, II.
Мераи, Л., Малецки, Э., Бадачоньи, Т., Уйхиди Фаркаш, К., Одор, Дь.

Метод для определения параметров потока в трех серийных резервуарах с рециркуляцией. Было заключено, что образуются осадки и застойные пространства. Техническими изменениями обе были уменьшены.

Determination of Flow Parameters of Cascade Systems in Alum Earth Plants, II.
Méray, L., Maleczki, E., Badacsonyi, T., Ujhidy Farkas K., Ódor, Gy.

Method to determine the flow characteriszics of three recipients connected in series in case of recirculation. Deposits and stagnation spaces were suspected. Technical changes helped to reduce them.

BEVEZETÉS

Előző közleményünkben[1] olyan kaszkádrendszer vizsgálatáról irtunk, mely sorosan kapcsolt tartályokból állt. Gyakori eset, hogy az egymás után kapcsolt egységek valamelyikéből az anyag egy része visszaáramlik valamelyik előzőbe, igy a rendszerben recirkuláció alakul ki. Ebben az esetben az egyes tartályokat jellemző tartózkodási időeloszlás-sürüségfüggvény /a továbbiakban sürüségfüggvény/ a már ismertetett módszer alkalmazásával nem határozható meg, hiszen a jelzőanyag egy része a tartályokon többször is áthaladhat. Ennek figyelembevételével olyan módszert dolgoztunk ki, mellyel a tartályok külön-külön vizsgálhatók.

A timföldgyári technológiai folyamatban a zagyhomogenizáló tartálysort vizsgáltuk. A bauxit és nátronlug adagolása és együttes őrlése után a zagy

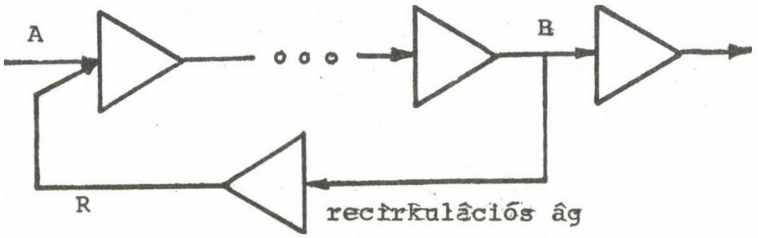
keverésére három, egyenként 140 m^3 névleges térfogatu, kónuszos alju hengeres tartály van sorba kötve. A harmadik tartályból történik egyrészt a zagy elvétele, másrészt a visszaáramlás az első tartályba.

Az üzemi kisérletnél jelzőanyagnak ^{24}Na izotópot használtunk, mert igy a folyadékfázis egyértelmüen jelezhető. Az előzetes mérés alapján 11,1 GBq ^{24}Na izotópot használtunk. A szállitásra használt konténerből egyenként vettük ki az öt ampullát, mely a jelzőanyagot tartalmazta. A kisérlet helyszinén 1,5 dm^3 beállitó nátronlughoz elegyitettük az összesen 15 cm^3 térfogatu, ^{24}Na-et tartalmazó oldatot. Az igy készitett radioaktiv jelzőanyagot pillanatszerüen, az első tartály tetején adtuk a zagyhoz. A dózisterhelés csökkentése céljából a müveletet 5 cm vastag ólomfal mögött végeztük. A tartályokból eltávozó zagyból külön e célra kiképzett helyeken vettük a mintát, és meghatároztuk az időközönként vett minták radioaktiv koncentrációját.

A radioaktivitás mérésénél energiaszelektiv számlálót használtunk, melyhez NaI/Tl/ kristállyal ellátott szcintillációs mérőfejet csatoltunk. A detektort 5 cm falvastagságu ólomárnyékolás védte a háttérsugárzástól. Az ólomköpeny kiképzése olyan volt, hogy a 150 cm^3 mintát tartalmazó müanyag pohár pontosan illeszkedjék a falhoz.

A RECIRKULÁCIÓS TARTÁLYOK MATEMATIKAI MODELLJE

A recirkuláció egyszerü modelljét az 1. ábrán tüntettük fel. /A háromszögek a tartályokat jelképezik, a nyilak az áramlás irányát mutatják./ A zagy



1. ábra
A recirkuláció modellje

a B pontból vagy a következő müveleti egységbe kerül, vagy - a recirkulációs ágon keresztül - az A pontba jut vissza. A következőkben r jelöli azt az egynél kisebb számot, amely megadja, hogy a rendszeren A-tól B-ig áthaladó anyagnak hányszorosa kerül be legalább egyszer a recirkulációs ágba. Ez tehát azt jelenti, hogy B pontból az anyagmennyiség /1-r/-szerese recirkuláció nélkül távozik. Az ábrán vázolt modell természetesen csak akkor használható, ha az anyag a recirkulációs ágból és az előző rendszerből az első tartályba egy pontban ömlik be. /Esetünkben a beömlés két pontban, a tartály felső részén történt./

Az A és B pont között nincsen elágazás, ezért a következőkben ezt egyetlen rendszernek tekintjük, melyet a meghatározandó $E_{AB}/t/$ időeloszlás-sürüségfüggvény jellemez. /Amennyiben a rendszer több tartályt tartalmaz - az üzemi mérésnél is ez volt a helyzet -, az $E_{AB}/t/$ függvényből és a közbülső pontokban kapott aktivitás-időfüggvényekből az egyes tartályok sürüségfüggvénye az előzőekben ismertetett módon számolható./

Az $E_{AB}/t/$ függvény meghatározásához az A, B és R pontban mért $y_A/t/$, $y_B/t/$ és $y_R/t/$ aktivitás-időfüggvényt kell ismerni. A belőlük normálással és bomlásfaktorral való szorzással - az előző közleményben közölt összefüggés alapján - adódó függvényeket rendre $E_A/t/$, $E_B/t/$ és $E_R/t/$ jelöli.

A recirkuláció az A pontban ugy vehető figyelembe, mintha az A és B közötti rendszert egyidejüleg az $E_A/t/$ és $E_R/t/$ függvénynek megfelelően jeleznénk. A belépőfüggvény tehát $E_A/t/$ helyett a két függvény lineáris kombinációja. Mivel állandó zagyszint esetén az A pontban ugyanannyi anyag ömlik be, mint amennyi B-ből recirkuláció nélkül távozik, ezért az A pontban az előző rendszerből, illetve a recirkulációs ágból a tartályba kerülő jelzőanyag aránya $\frac{1-r}{r}$. A közös belépőfüggvény tehát:

$$E_{AR}/t/ = /1-r/\ E_A/t/ + rE_R/t/. \qquad /1/$$

Ezzel a probléma megoldását a már tárgyalt esetre vezettük vissza: ismert be- és kilépőfüggvény esetén meghatározandó a közbülső sürüségfüggvény. Ennek megfelelően

$$E_B/t/ = \int_0^t E_{AR}/t'/\ E_{AB}/t-t'/dt'. \qquad /2/$$

Ez az integrálegyenlet az előző közleményünkben megadott /15/ lineáris egyenletrendszerrel helyettesithető. Az együtthatók most/1/ alapján:

$$a_i = /1-r/\ E_A/i/ + rE_R/i/, \qquad /3/$$

$$b_i = E_B/i/ .$$

Külön említést érdemel az az eset, amelynél a pillanatszerű jelzés éppen az A pontban történik. Ekkor a belépőfüggvényt az $E_R/i/$ értékekből ugy kaphatjuk meg, hogy a 0 pillanatnak az $a_o = /1-r/$ együtthatót feleltetjük meg.

Példaként vizsgáljunk egy elméleti tartályt, melyben a keveredés tökéletes, és amelyből az anyag 40%-a visszacirkulál. Tételezzünk fel az A pontban pillanatszerű jelzést. Ekkor

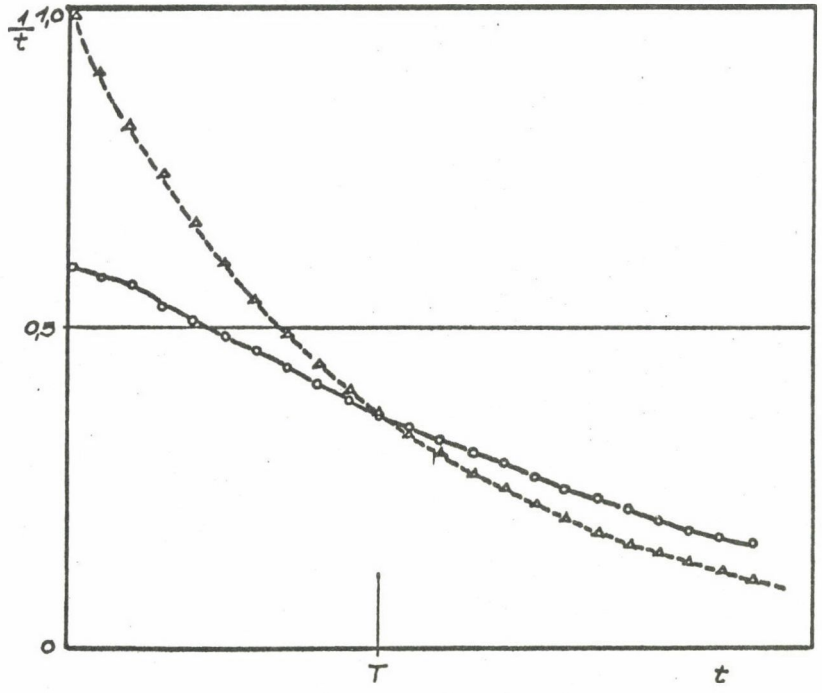
$$E_A/t/ = \delta/t - 0/;$$

$$E_{AB}/t/ = \frac{1}{T} e^{-\frac{t}{T}} .$$

Ha a recirkulációs ágban a tartózkodási idő T-hez képest elhanyagolható, akkor $E_R/t/ = E_B/t/$ minden pillanatban. Igy /1/ és /2/ alapján $E_B/t/$ meghatározására az

$$E_B/t/ = \frac{1}{T} \int_o^t [0,6\ \delta/t'-0/+0,4\ E_B/t'/] e^{-\frac{t-t'}{T}} dt' \qquad /3/$$

integrálegyenlet adódik. Anélkül, hogy a megoldás részleteivel foglalkoznánk, a 2. ábrán közöltük az $E_B/t/$ függvényt /folytonos vonal/. Összehasonlitásul feltüntettük a recirkuláció nélkül adódó $E_{AB}/t/$ sürüségfüggvényt is. Látható, hogy a recirkuláció következtében, a betáplálás és az elvétel változatlan paraméterei mellett, a rendszer átlagos tartózkodási ideje megnő.



2. ábra

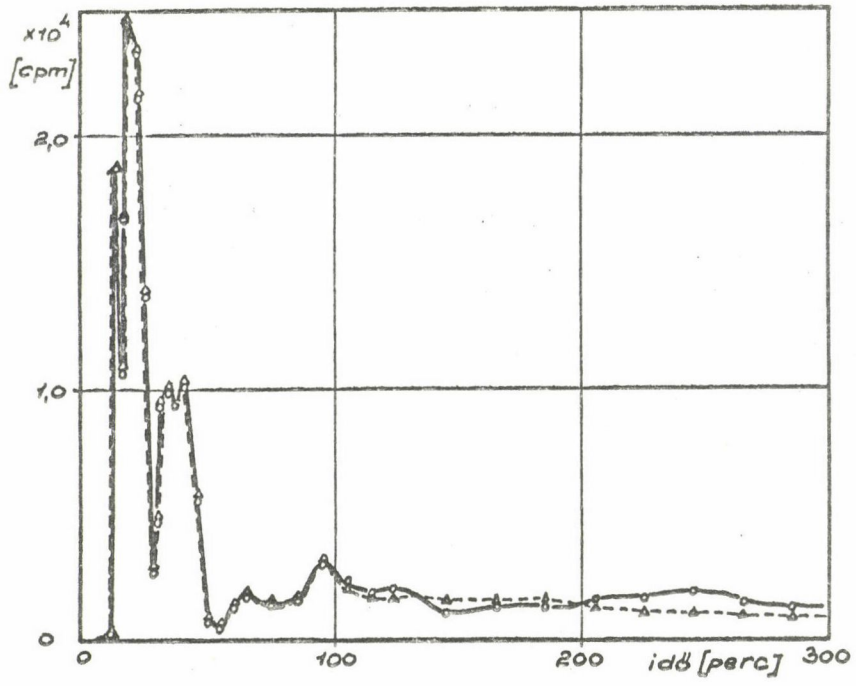
A cirkuláció hatása tökéletes keveredésnél /t az idő, T az átlagos tartózkodási idő, tetszőleges egységben/

Megjegyezzük, hogy a fentiekben vázolt modell kevés módosítással a tartályokban keverés hatására kialakuló belső cirkuláció leírására is alkalmas.

A 4. ábrán közölt sürüségfüggvény számos csucsa is igy értelmezhető.

A MÉRÉSI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

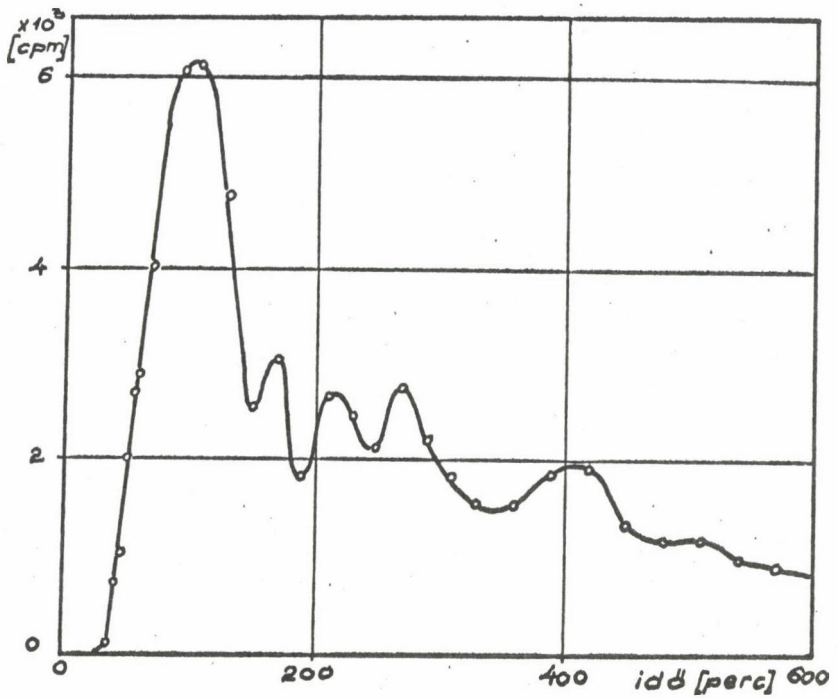
Az általunk vizsgált timföldgyári zagyhomogenizáló rendszer három tartályból állt. A harmadikból a kifolyó zagy 33%-a visszaáramlott az elsőbe. A 3.ábrán folytonos vonallal ábrázoltuk az első tartály kiömlőnyilásánál mért aktivitás-időfüggvényt. A harmadik tartály után a 4. ábrán látható eloszlást mértük. Az első tartálynál a jelzés a recirkuláció miatt nem tekinthető pillanatszerünek, ezért a 3. ábra folytonos görbéje nem tekinthető az első tartály sürüségfüggvényének. A matematikai modell alapján ugy jártunk el, hogy belépőfüggvénynek a 3. ábrán látható függvény értékeinek 0,33-szorosát tekintettük, az első perchez tartozó értéket azonban az eredeti függvény integráljának 0,67-szeresére cseréltük ki, ezzel véve figyelembe az első percben pillanatszerüen beadagolt jelzőanyagot. /Az igy adódó függvény természetesen nem volt normálva, a normálást az átlagos tartózkodási idő és standard deviáció számitására használt program tartalmazta./ Ezek után az előző közleményünkben közölt módszerrel meghatároztuk az első tartály sürüségfüggvényét /3. ábra, szaggatott vonal/. Jól látszik, hogy az első tartály után adódó csucsok egy része nem a tartályon belül bekövetkező cirkulációból, hanem a recirkulációból származot . Az ismertetett matematikai eljárást mindhárom tartálynál elvégezve az 1. táblázatban közölt adatokat kaptuk.



3. ábra

Zagyhomogenizáló tartály mért és a recirkuláció figyelembevételével számitott aktivitás-idő függvénye

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA



4. ábra

Zagyhomogenizáló tartálysor aktivitás-idő függvénye

1. táblázat

Zagyhomogenizáló tartálysor áramlási paraméterei

	Átlagos tartózkodási idő /min/	D /standard deviáció/	Anyagvisszatartási szám	Térfogat /m^3/
1. tartály	69 ± 7	68 ± 7	0,37 ± 0,02	80,5
2. tartály	61 ± 7	39 ± 4	0,26 ± 0,02	71,0
3. tartály	68 ± 7	55 ± 7	0,31 ± 0,02	80,0
	Anyagáram: 70 m^3/h			

TECHNOLÓGIAI KÖVETKEZTETÉSEK ÉS INTÉZKEDÉSEK

Ebben a fejezetben az előző és a jelenlegi közlemény anyagának együttes értékelését irjuk le.

A timföldgyári technológiai folyamatban a kovasavtalanitó tartályok áramlási paraméterei nem kedvezőek. Feltünő, hogy a tartályok hasznos térfogata kisebb a névleges térfogat felénél. Ez és a technológiai folyamat ismerete azt a következtetést engedte levonni, hogy az áramlás szempontjából a pangó tereken kivül lerakódás is van a tartályokban. Ugyancsak szembetünő, hogy az 1. tartályban az átlagos tartózkodási idő jelentősen kisebb, mint a másik két

tartályban. Az 1. tartály sürüségfüggvénye alapján megállapitható, hogy a zagy egy része - számottevő keveredés nélkül - "előresiet". Ennek mértékét ugy határozhatjuk meg, hogy a sürüségfüggvény első csucsa alatti területet elosztjuk az egész görbe integráljával. Az igy számitott - keveredés nélküli - előresietés 8%-os.

A zagyhomogenizáló tartálysornál a három tartályban az áramlási paraméterek gyakorlatilag azonosak. A hasznos térfogat itt is kicsi, de a névleges térfogat felénél nagyobb. Ezekben a tartályokban a pangó tereken kivül a zagyszint tartása okoz gondot: ha a szint süllyed, természetesen kisebb a hasznos térfogat.

Megjegyezzük, hogy a mérés ideje alatt a tartályokban a zagyszint gyakorlatilag állandó volt.

Az áramlási paraméterek javitása, s ennek következtében a technológiai folyamatok hatásfokának növelése érdekében, több intézkedés történt. A kovasavtalanitó tartályokat leüritették, és valóban lerakódást találtak a falon. A lerakódást eltávolitották, és a keveredés nélküli előresietés csökkentésére megváltoztatták a zagy beömlését. A tartály közepére folyó direkt zagyáram utját ugy irányitották, hogy a falra tangenciálisan érkezzék be. Ezáltal jobb a keveredés, és kisebb a lerakódás valószinüsége. Az első tartály után bekötött hőcserélőt kiiktatták, és a tartály elé helyezték. Ez is elősegiti, hogy a három tartályban azonos paraméterek alakuljanak ki.

A zagyhomogenizáló tartálysoron a zagy bevezetését az első tartályba és a recirkulációt automatikus adagoló beépitésével összhangba hozták, igy a zagyszintet magasan tudják tartani, és ezzel a hasznos térfogatot növelhetik.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 203-209

A LÉGTÉR RADIOAKTIV SZENNYEZETTSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE TAPADÓHÁLÓS MINTAVÉTELEZÉSSEL

Kollár J.*, Molnár J.**, Padosné Farkas É.**
*Paksi Atomerőmű Vállalat
**MTA Központi Fizikai Kutatóintézete, Budapest

/Érkezett 1979. november 9-én/

A KFKI Sugárvédelmi Osztályán 1976 első hónapjaiban került sor a tapadóhálós mintavétel bevezetésére. A műgyantával átitatott gézszerű anyagot, az angoloktól átvett elvek szerint, lámpaernyő alaku keretre feszitve helyezik el a szabadban. γ-spektrometriával határozzák meg radioaktivitásukat. Fall-out és aeroszolmintákkal összevetve az eredmények időbeli változása jól egyezik egymással. A módszer a Paksi Atomerőmű környezetellenőrző hálózatának is szerves része lesz.

Контроль радиоактивной загрязненности окружающей среды путем взятия проб при помощи клейкого фильтра
Коллар, Ю., Молнар, Й., Падош Фаркаш, Э.

В начале 1976 г. в Отделе радиационной безопасности ЦИФИ был введен метод взятия проб при помощи клейкого фильтра. Марлеподобный материал, пропитанный искусственной смолой - по английскому методу - натягивается на рамку в форме абажура и устанавливается на открытом месте. Определение радиоактивности производится гамма-спектрометрическим измерением. Сравнение данных, взятых указанным методом, методом выпадения и методом аэрозольных образцов показывает, что изменение по времени сходно. Новый метод будет свалять неотъемлемую часть сети контроля окружающей среды АЭС в г. Пакш.

Tackishade Sampling to Measure Airborne Radioactivity
Kollár, J., Molnár, J., Pados Farkas, É.

Tackishade sampling has been used since early 1976 by the Health Physics Department of the Central Research Institute for Physics, Budapest, Based upon experiments carried out in Great Britain a material impregnated with synthetic resin is taken in lampe shade frames and is placed at appropriate outdoor measuring sites. Gamma-spectroscopy is used to determine radioactivity. Comparison of the measurement data with those of fallout and aerosol sampling shows a good agreement. The method will also find use at the Paks Nuclear Power Station.

BEVEZETÉS

A nukleáris létesitmények, különösen az atomerőművek számának rohamos növekedésével egyre nagyobb jelentőségre tesznek szert az egyszerü és gyors környezetellenőrzési módszerek. A légtér radioaktiv szennyezettségének vizsgálatára általánosan az aeroszol- és a fall-out-mintavételi eljárást alkalmazzák[1-4]. Az aeroszol-mintavétel folyamatos energiaellátást, a fall-out mérés előtti feldolgozást igényel. Az angol atomerőművek környezetének ellenőrzésére mintegy másfél évtizede egy uj, gyorsan értékelhető módszert vezettek be: a tapadóhálós /Tacky Shade Collector/ mintavételezést. Cikkünkben a KFKI-ban alkalmazott tapadóhálós eljárással kapott mérési eredményeinket és tapasztalatainkat ismertetjük.

A TAPADÓHÁLÓ TULAJDONSÁGAI

A tapadóháló ritka szövésü /gézszerü/ anyag, melyet nagy tapadóképességü mügyantával itatnak át. Ez az anyag a levegőből kiülepedő /10^{-6} m-nél nagyobb/ méretü részecskéket jó hatásfokkal gyüjti. Irodalmi adatok szerint[5-8] a tapadó képesség gyakorlatilag független a hőmérséklettől, az eső és a hó sem befolyásolja. Azonos légáramlási viszonyok mellett vizsgálva, azt tapasztalták, hogy a gyüjtési hatásfok bizonyos mértékben függ a szélsebességtől: 1 ms^{-1} alatt növekvő, 1-20 ms^{-1} tartományban pedig lineáris, kis mértékben növekvő jellegü. Az expoziciós idő hatását vizsgálva megállapitották, hogy a tapadóképesség négy hétig gyakorlatilag változatlan, és nyolc hét alatt kb. felére csökken. A reaktorok normál üzeménél a szellőző kéményen távozó levegőben és a környezeti tapadóhálókon mért radioaktiv izotópösszetétel jól egyezik.

A kedvező angliai tapasztalatok és a hazai előkisérletek után 1976-ban a KFKI rendszeres környezetellenőrzésére is bevezettük ezt az egyszerü mintavételi eljárást.

MINTAVÉTEL

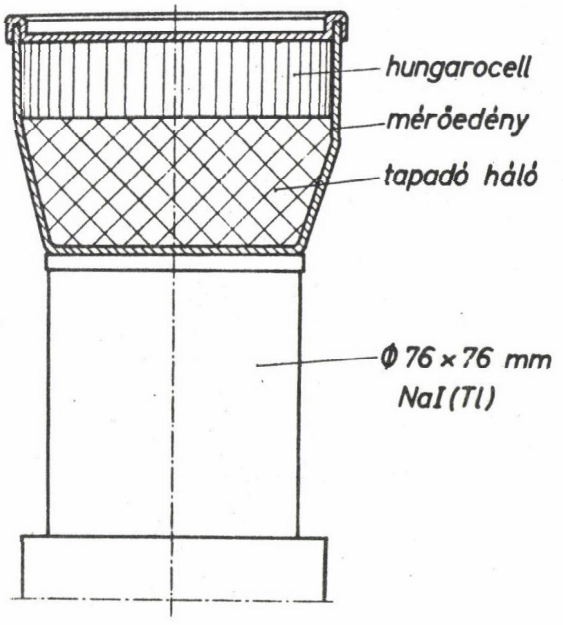
A mintavevő anyagot huzalkeretre feszitjük ki /1. ábra/, és kb. 2 m magasra függesztjük fel ugy, hogy az ernyő forgó és lengő mozgást is tudjon végezni. A tapadóhálós ernyőket a fall-out- és az aeroszol-mintavevőkkel párhuzamosan, a mintavevő állomásokra helyeztük el.

1. ábra
Tapadóhálós mintavevő

Az irodalmi adatok alapján a rendszeres környezetellenőrzéshez havonta cseréljük a tapadóhálós mintavevőket.

MINTAMÉRÉS

A minták begyüjtése után a huzalkeretről lefejtjük a tapadóhálót, adott geometriára hajtjuk össze, majd polietilén mérőedénybe tesszük /2. ábra/. A háló γ-aktivitását kis hátterü mérőhelyen, szcintillációs detektorral és sokcsatornás γ-spektrométerrel határozzuk meg a 0,1-2,5 MeV energiatartományban. A háttér intenzitását a mintával azonos geometriában, tiszta tapadóhálóval mérjük. A tapadóháló radioaktiv koncentrációját ^{137}Cs etalonra vonatkoztatva, egységnyi hálófelületre számitjuk.

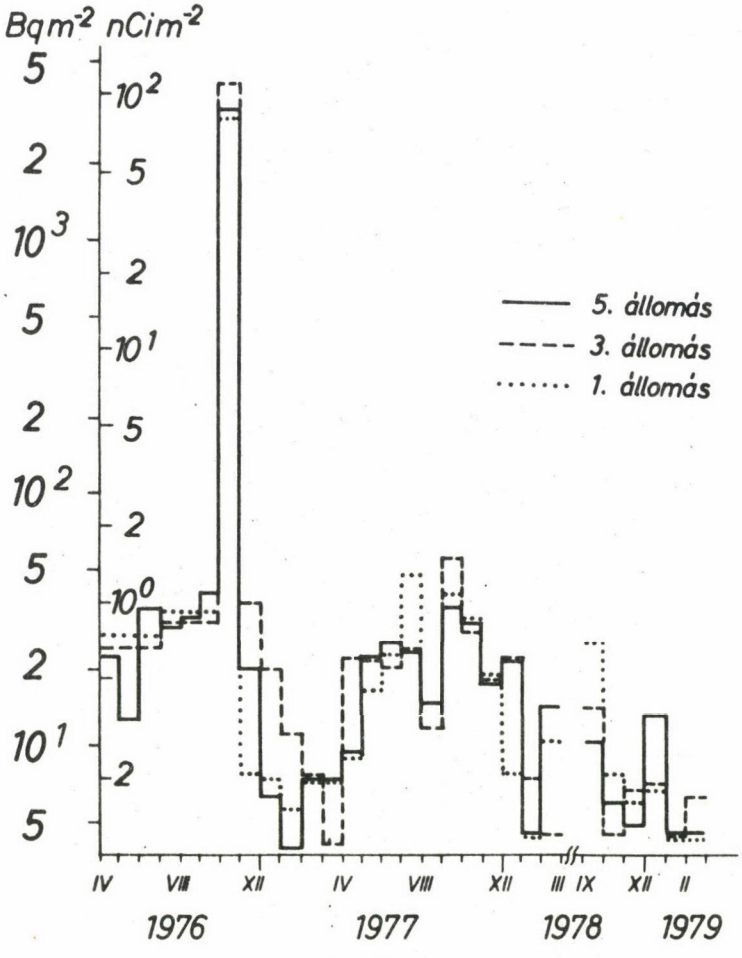


2. ábra
Mérési elrendezés

MÉRÉSI EREDMÉNYEK

Ezzel a mintavételi eljárással is jól lehet követni a légtér radioaktiv koncentrációváltozását. A három állomáson vett minták adatai jól egyeznek /3. ábra/. Különösen jól mutatja ezt az 1976. és 1977. évi őszi mérési eredmény, melynél a kiugró szintemelkedést a kinai kisérleti atomfegyver-robbantások okozták.

Megvizsgáltuk az állomások mérési adatai közötti korrelációt. A korrelációs együtthatókat a következőképpen számoltuk[9-10]: az 1. állomás mérési eredményeinek függvényében ábrázoltuk a 3., illetve 5. állomás azonos időszakra vonatkozó adatait. A legkisebb



3. ábra
Tapadóhálók aktivitáskoncentrációja

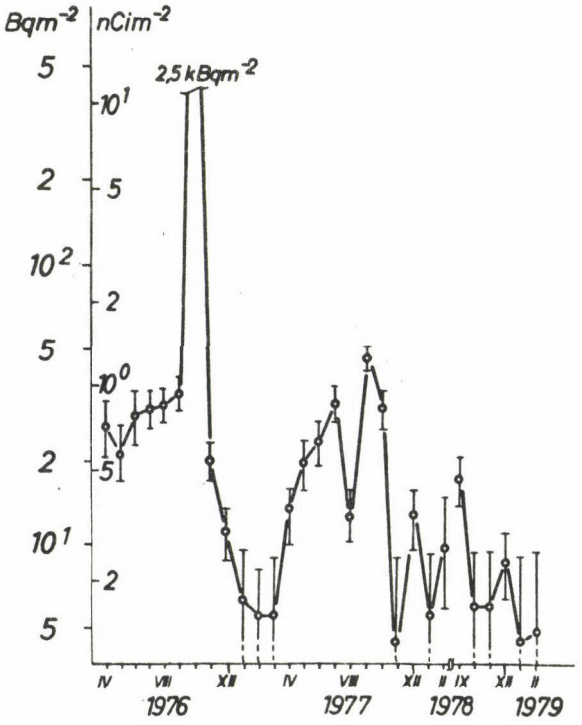
négyzetek módszerével egyenest illesztettünk az értéksorozatra, majd a változókat felcserélve ezt megismételtük. Az összetartozó értékpárok sorozatából, a kétféle módon számított egyenesek meredekségéből képzett szorzat négyzetgyöke a korrelációs együttható. Értékükre gyakorlatilag egyet kaptunk.

A tapadóhálós és a fall-out-mintavételt összevetve azt tapasztaltuk, hogy a mérési adatok időbeli változása hasonló, bár az értékek többnyire a kimutatási határ közelébe esnek, igy a mérési hiba nagy /4. és 5. ábra/.

A tapadóhálós és az aeroszolminták radioaktiv koncentrációját összevetve is hasonló eredményre jutottunk /4. és 6. ábra/.

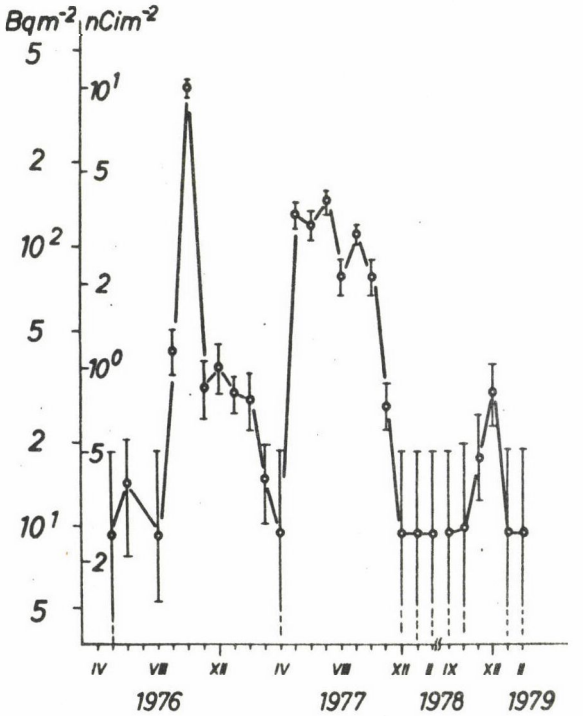
Korrelációs számitást végeztünk a tapadóhálós, illetve a fall-out- és az aeroszolmintavétellel kapott eredmények között. Nem vettük figyelembe azokat a mérési pontokat, melyeknél a relativ véletlen hiba nem volt kisebb, mint 100% /megbizhatósági határ 68%/. A tapadóháló és a fall-out radioaktiv koncentrációjának korrelációs együtthatója 0,90±0,05, mig az aeroszol aktivitásához viszonyitott korrelációs együttható 0,12±0,29.

A tapadóháló és a fall-out mérési eredményei közötti jobb korreláció alátámasztja azt a feltevésünket, hogy a két módszer mechanizmusa hasonló, mindkettő a légtérből kihulló részecskéket fogja fel.



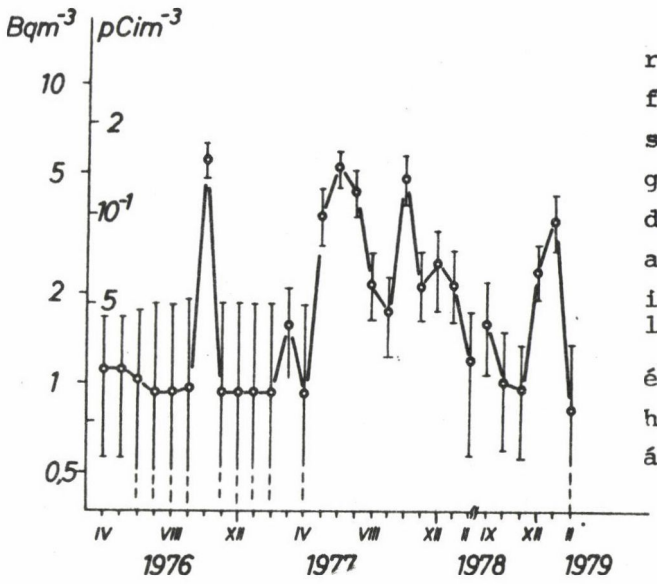
4. ábra

Tapadóháló aktivitás-koncentrációja



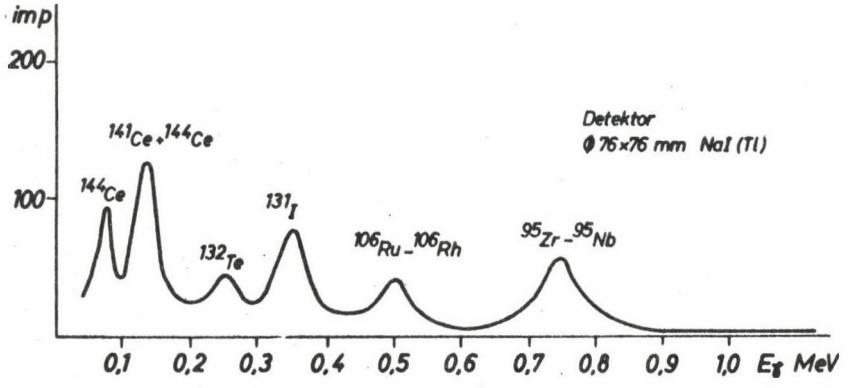
5. ábra

Havi fall-out aktivitás-koncentrációja

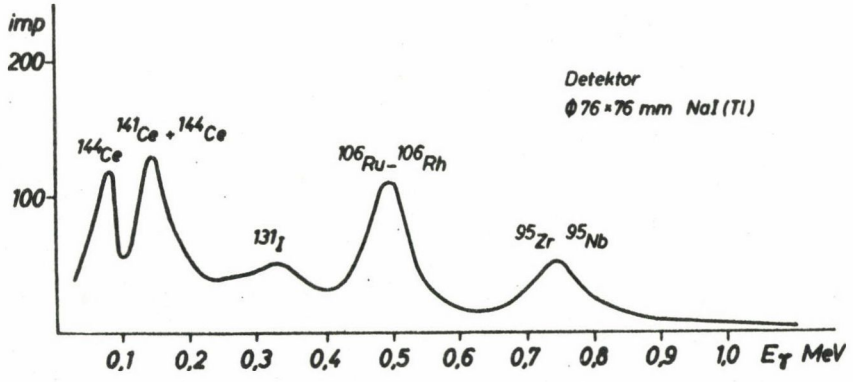


A kinai kisérleti atomfegyverrobbantások idején a tapadóhálós, a fall-out- és az aeroszolminták γ-spektrometriás analizisét is elvégeztük. Az 1977. október havi tapadóháló γ-spektrumán /7. ábra/ jól azonosithatók a következő radioaktiv izotópok: ^{141}Ce és ^{144}Ce, ^{132}Te, ^{131}I, $^{106}Ru/^{106}Rh$ és $^{95}Zr/^{95}Nb$. A fall-out- és az aeroszolmintákban is hasonló a hasadványtermékek spektruma /8. és 9. ábra/.

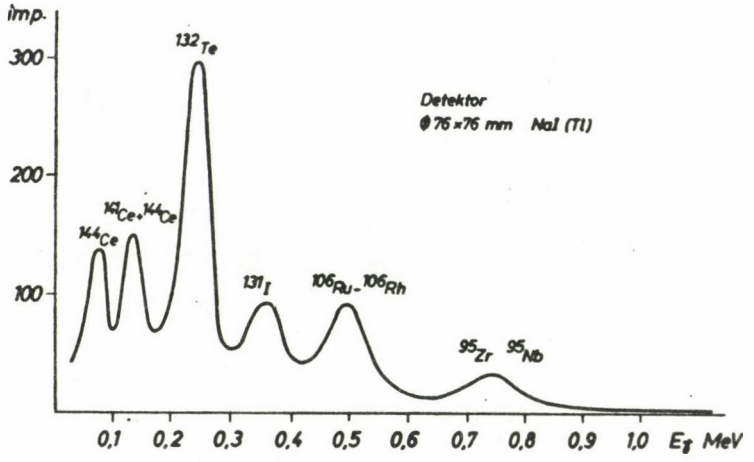
6. ábra
Aeroszol aktivitáskoncentrációja



7. ábra
Tapadóháló γ-spektruma



8. ábra
Fall-out γ-spektruma



9. ábra
Aeroszol γ-spektruma

KÖVETKEZTETÉSEK

Az eredményeket összefoglalva megállapithatjuk, hogy a tapadóháló, a fall--out- és az aeroszolmintavételhez hasonlóan, alkalmas a nukleáris létesitmények környezetellenőrzésére normál üzemben és esetleges baleset alkalmával.

Igen nagy előnye, hogy nem igényel folyamatos energiaellátást, érzéketlen az időjárásra, cseréje egyszerü és gyors, továbbá a minta feldolgozás nélkül, közvetlenül mérhető.

A tapadóhálós mintavételnek jelentős szerepe lesz a paksi atomerőmü sugárvédelmi környzetellenőrző rendszerében.

Köszönetünket szeretnénk kifejezni Csapó Ágnesnek és Rocskai Lászlónénak a méréseknél nyujtott segitségükért.

IRODALOM

1. *R.S. Cambray, E.M. Fischer, L. Salmon,* Methods of Collection and Analysis of Radioactivity from Distant Nuclear Explosions, AERE - R 5898
2. Environmental Radioactivity in Hungary, Bulletin No.1., Ed. J. Kovács, T. Predmerszky, Budapest, 1975
3. *Beleznay E., Erdélyvári I., Pados E.,* Computerized Gamma-Spectrometric Method Applied for Environmental Sample Measurements in the Central Research Institute for Physics, International Conference on Low Radioactivity Measurements and Applications, High Tatras, Czechoslovakia, 1975
4. *Erdélyvári I., Padosné Farkas É.,* A KFKI Sugárvédelmi Szolgálatának jelentése 1977. juliustól 1978. juliusig

5. *J.K. Jones*, et al., International Radiation Protection Association Congress, Brighton, England, 1970
6. *P.J. Garland, M.B. Lowett, R.B. Wilson*, A Simple System for the Rapid Determination of Airborne Radioactivity, IAEA-SM-148/75
7. *E.P. Goldfinch*, The Control of Low Level Airborne Contamination in Working Areas, Second European Congress on Radiation Protection, 1972
8. *C. Smitton* , et al. An Environmental Monitoring Programme to Assess and Control the Effects of Low Level Liquid Effluent Discharges to an Inland Lake, Symp. Determination of Radionuclides in Environmental and Biological Materials, London, 1978
9. *Jánossy L.*, Mérési eredmények kiértékelésének elmélete és gyakorlata, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968
10. *Ambrózi A., Jávor A.*, Mérésadatok kiértékelése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976
11. Б. М. Щиголев, Математическая обработка наблюдений, Наука, Москва, 1969

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 210-213

A TÜDŐ ^{133}Xe-ELIMINÁCIÓJÁNAK VÁLTOZÁSA ENDOTOXIN SOKKBAN

Tóth T.*, Vittay P.***, Spett B.**, Kopcsányi Zs.***, Bertók L.**, Jakab T.***
*Semmelweis Orvostudományi Egyetem III.sz. Sebészeti Klinikája, Budapest
**Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest
***Orvostovábbképző Intézet, Budapest

/Érkezett 1979. október 31-én/

A sokkot E. coli 089 endotoxin i.v. adásával hozták létre patkánynál. A tüdő felett gamma-kamerával mért biológiai felezési idő több, mint 50%-kal megnyult.

Изменение удаления ^{133}Xe из легких в шоке от эндотоксина
Тот, Т., Виттаи, П., Шпетт, Б., Копчаньи, Ж., Берток, Л., Якаб, Т.

Шок был вызван сдачей внутривенно E. coli 089 эндотоксина крысам. Биологическое время полураспада, измеренное над легкими гамма-камерой повысилось на больши чем 50%.

The Effect of Endotoxin Shock on the Elimination of ^{133}Xe by the Lungs
Tóth, T., Vittay, P., Spett, B., Kopcsányi, Zs., Bertók, L., Jakab, T.

The shock was induced by i.v. administration of E. coli 089 endotoxin. The biological half life was increased by more than 50% when measured over lungs by gamma-chamber.

A ^{133}Xe izotóp alkalmazása a keringés és a légzés vizsgálatára viszonylag széles körben elterjedt módszer. Alkalmazzák az asthma bronchiale[1], a bullosus emphysema[2], a tüdőembólia[3] és egyéb szervek megbetegedésének diagnosztikájában.

A módszer lényege, hogy a gáznemü ^{133}Xe izotópot vagy belélegeztetik,[1] vagy fiziológiás konyhasó oldatban, intravénásan adják /washout-eljárás[4]/ - igy a tüdőn keresztül a kilégzett levegővel gyorsan eltávozik. Szcintillációs kamerával nyomon követhető, miként változik a tüdőben az aktivitás a légzés és keringés függvényében.

G. Coates és C. Nahimas még jobb eredményt ért el ^{127}Xe felhasználásával.

Az endotoxin sokk kisérletes vizsgálatára a washout-technika tünt alkalmasnak, mert alkalmazásakoraz elimináció sebessége törvényszerüen követi a légzés, illetve a keringés romlását.

ANYAG ÉS MÓDSZEREK

Vizsgálatainkat 12 RAxLE F_1 hibrid, nőstény patkányon /Lati, Gödöllő/ végeztük. Az állatokat két csoportra osztottuk: kontroll és kezelt csoportra. A kezelt kisérleti csoport állatai egyenként 2 mg E.coli 089 endotoxint kaptak intravénásan. Ezekben az állatokban szabályos endotoxin sokk alakult ki. Az endotoxin beadása után 3 órával mindkét csoport intravénásan ^{133}Xe izotópot kapott /6,142 MBq ^{133}Xe 1 ml konyhasó oldatban/. A beadott ^{133}Xe másodpercek alatt csaknem teljesen kiürül a tüdőn át. A kiürülés sebessége a keringés és a légzés romlásának függvényében változhat.

Ebben a kisérletben azt vártuk, hogy a sokkos állapotnak megfelelően romló keringés és légzés következtében megnyulik a xenon eliminációs ideje, s ez szcintillációs kamerával nyomon követhető. A kiürülés sebességét gamma-kamerával mértük /Picker Dynakamera-4/. A kamerához Gamma MB-9101 digitális számitógépes adatfeldolgozó egységet kapcsoltunk.

Első kisérletünkben az izotópot a patkány farokvénájába adtuk. Kiderült azonban, hogy a sokkos állatok farokvénája összeesett, nehezen vénázható, és igy először megtévesztő eredményeket kaptunk. Második kisérletünkben módositottuk a beadást, és az állatok vena iliaca externáját kipreparálva, megfelelő helyre és azonos sebességgel adtuk az izotópot. Igy reális eredményeket kaptunk.

EREDMÉNYEK

Eredményeinket táblázatban és diagramon tüntettük fel /1. táblázat, 1. ábra/. Az I.sz. kisérletnél /1. táblázat I.rész/ óriási különbséget kaptunk a biológiai felezési időben /$T_{1/2}$/. Az átlag felezési idő a kontroll csoportban 2,2 másodperc /kiürülési sebesség/, a kisérleti csoportban 48,9 másodperc volt. Ez - bár megnyult felezési időt vártunk az endotoxin-csoportban - irreálisan nagy különbség. Amint mondottuk, a sokkos patkány farokvénája nehezen vénázható, az izotóp egy része a vénák mellé jutva, állandóan felszivódva, irreális felezési időt adott a kisérleti csoportban /1. táblázat/. A második kisérletnél

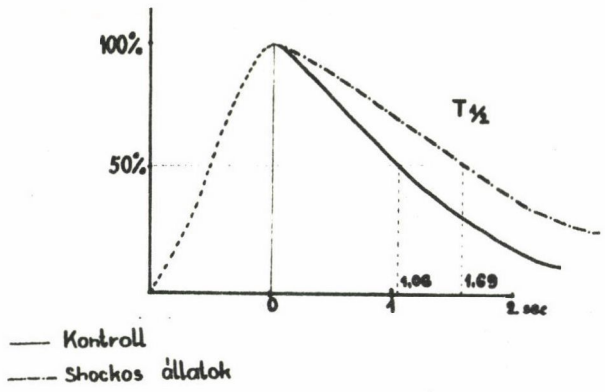
1. táblázat

A tüdő ^{133}Xe-eliminációjának változása endotoxinsokkban másodpercben

	No	Normál /kontrol/ állatok		Sokkolt állatok	
		τ	T1/2, s	τ	T1/2,s
I.	1.	4,43	3,06	109,9	76,4
	2.	2,35	1,62	30,6	21,3
	3.	2,78	1,93		
			2,2		48,9
II.	4.	2,35	1,62	2,04	1,42
	5.	1,35	0,94	1,56	1,08
	6.	0,91	0,63	4,43	3,08
	7.			1,65	1,15
			1,06		1,69

/1. táblázat II. rész/, a jól vénázható vena iliaca externába juttattuk a ^{133}Xe izotópot mindkét csoportban, azonos idő /8 s/ alatt. Igy kaptuk az 1. ábrán látható, reális értékeket. A kontroll csoportban az átlag felezési idő, a tüdő fölött mérve, 1,06 s, a kisérleti csoportban pedig 1,69 s. /Természetesen biológiai felezési időről van szó./

Az észlelt különbségeket az endotoxin sokkban észlelhető biológiai változások /a tüdő patológiai elváltozása, keringési és légzési elváltozásuk/ magyarázzák.



1. ábra

A tüdő ^{133}Xe-eliminációjának változása endotoxin sokkban

MEGBESZÉLÉS

Ismert jelenség, hogy a Gram-negativ baktériumok endotoxinjának hatására a tüdőkapillárisokban bevérzés, ruptura jelentkezik[5], fehérvérsejtek, trombociták aggregálódnak, fibrin csapódik ki, romlik a tüdőkeringés. Az endotoxin fokozza a kapilláris permeabilitást,[6] a tüdő intersticiumában ödéma, bevérzés jelenik meg. A tüdőseptumok kiszélesednek, csökken a légzési tartalék. A keringés egy része légtelen tüdőrészeken folyik át, a keringés egy része söntölt. Mindezen patológiai változások arra vezetnek, hogy előrehaladott stádiumban az artériás vér oxigénnel való telitettsége egyre csökken.

Ezen változások regisztrálására alkalmas a ^{133}Xe-elimináció változásának vizsgálata endotoxin sokkban. Az intravénásan bejuttatott ^{133}Xe a tüdőbe jutva azonnal átdiffundál az alveólusokba, és a légzéssel kiürül. Amennyiben a keringés söntölt, a ^{133}Xe légtelen tüdőrekeszen folyik át, a beadott ^{133}Xe ezen részlete ujra körbefut a nagyvérkörön is, és visszajut ismét a kis vérkörbe. A ^{133}Xe jól regisztrálható szcintillációs kamerával. A T érték vagy a felezési idő megnyulása jelzi a keringés söntölt voltát, a tüdő csökkent eliminációs kapacitását.

IRODALOM

1. *R.L. Jones, B.J. Sproule, T.R. Overton,* Measurement of Regional Ventilation and Lung Perfusion with Xe^{133}, J.Nucl. Med., 19 /1978/ 1187

2. *J.E. Wilson, L.J. Bynum, M. Ramathan,* Dynamic Measurement of Regional Ventilation and Perfusion of the Lung with Xe^{133}, J.Nucl. Med., 18 /1977/ 660

3. *G. Coates, C. Nahimas,* Xenon-127, A Comparison with Xenon-133 for Ventilation Studies, J.Nucl. Med., 18 /1977/ 221

4. *J.M.B. Hughes, J.B. Glazier, J. Maloney,* Effect of Lung Volume on Distribution of Pulmonary Bood Flow in Man, Rep. Physiol. 4 /1968/ 58

5. *G. De Palma, J. Coi, J.H. Davis, W.D. Holden,* Cellular and Ultrastructural Changes in Endotoxemia: A ight and Electron Microscopic Study, Surgery 62 /1967/ 505

6. *R.C. Lillehei, L. McLean,* The Intestinal Factor in Irreversible Endotoxin Shock, Ann. Surg. 148 /1958/ 513

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 214-218

AZ IONIZÁLÓ SUGÁRHATÁS CITOGENETIKAI INDIKÁTORA I.*

Gundy S., Farkas Gy.
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

/Érkezett 1979. december 12-én/

A kromoszómaaberrációk és a szervezet által elnyelt sugárenergia nagysága közötti, matematikailag jól leírható összefüggés alapján a "kromoszómadoziméter" nemcsak indikátora lehet a sugárhatásnak, hanem felhasználható a szervezet által elnyelt á lagdózis mérésére is.

Цитогенетический индикатор радиационного эффекта, I.
Гунди, Ш., Фаркаш, Дь.

На основе математической зависимости между поглощенной организмом энергией и частотой хромосомных аберраций, "хромосомный дозиметр" можно использовать не только как индикатор эффекта излучения, но и как метод измерения средней дозы, поглощенной организмом,

Cytogenetical Indicator of Radiation Effect, I.
Gundy, S., Farkas, Gy.

Based on the mathematically well-described correlation between the ratio of radiation energy absorbed by the organism and the quantity of chromosome aberrations, the "chromosomal dosimeter" is not only to be considered as an indicator of the radiation effect, but it may also be useful for the measurement of mean dose absorbed by the organism.

Mindössze 15 éve tett Bender először kísérletet arra[1], hogy az emberi fehérvérsejt kromoszómáinak sugárzás hatására létrejött változását biológiai indikátorként alkalmazza. A felismerés alapjául olyan kísérleti adatok szolgáltak, amelyekben összehasonlították a sugárzással in vivo és in vitro indukált kromoszómaaberrációk számát, s azokat a kísérleti szóráson belül, közel azonosnak találták[2]. Igy az in vitro besugárzással kapott kromoszómaaberrációk gyakoriságát a besugárzási dózis függvényében ábrázolva kalibrációs görbék szerkeszthetők, amelyeket a szervezet által elnyelt sugárenergia nagyságának meghatározására, mint biológiai dozimétert alkalmazhatunk. A tapasztalat azt mutatja, hogy röntgen- és γ-besugárzás esetében 0,2 - 10 Gy-ig, hasadási neutronok esetében 0,01 - 3 Gy-ig kaphatunk in vivo jól extrapolálható eredményeket. A szervezet teljes vagy részleges besugárzásakor a kromoszómadoziméter fizikai dózismérés hiányában is eldönti a sugárhatás tényét. Gyakran jelent problémát, hogy a fizikai dózismérő tulexponált, s el kell döntenünk, hogy ez gondatlanság avagy igazi expozició következménye. Valamennyi alkalommal a

*A cikksorozat az Egészségügyi Minisztérium 10.sz. tárcaszintü főirányához tartozó és a minisztérium által anyagilag támogatott 6-13-1001-01-0/V sz. kutatási témában folytatott munkáról számol be.

kromoszómák vizsgálata ad helyes választ, hiszen értékes információt szolgáltat a sugáexpozició tényéről, a várható biológiai következményekről, valamint a szervezetben elnyelődött sugárenergia nagyságáról.

A módszer előnyeihez tartozik, hogy nem ad álpozitiv reakciót, az effektus röviddel /20 perccel/ a besugárzás után már észlelhető, s a sugárkárosodás hosszu ideig /egyes esetekben 20 évig!/ kimutatható[3].

Bár a kromoszómaaberrációk dózisfüggéséről nagyon sok munkát publikáltak[4-7], a dózishatást leiró egyenletek erősen különböznek egymástól. Éppen ezért valamennyi sugárcitogenetikai laboratóriumnak olyan "kalibrációs görbét" kell szerkesztenie, amelyet saját laboratóriumi körülményei között, saját módszereivel dolgoz ki, és alkalmaz.

Ez tette szükségessé, hogy a módszert magunk is bevezessük, és alkalmazásának lehetőségeit vizsgáljuk.

Mielőtt a kromoszómadoziméter ismertetésére rátérnénk, néhány mondatban összefoglaljuk a kromoszómákra vonatkozó eddigi ismereteket.

A KROMOSZÓMÁK SZERKEZETE, FUNKCIÓJA, RENDELLENESSÉGEI

A kromoszómák, mint az öröklődő tulajdonságok anyagi hordozói, az élő sejt kiemelkedő jelentőségü strukturális elemei. Szerkezetük kutatásának legrégibb eszköze a fénymikroszkóp.

A kromoszómák haránt irányban két fél kromoszómára, un. kromatidára oszthatók, amelyek sejtosztódáskor a keresztezési pontjuknál /centroméránál/ szétválva, az ellentétes pólusokra vándorolnak. Igy válik lehetővé, hogy az utódsejtek ugyanolyan genetikai anyagot tartalmazzanak, mint az anyasejt.

Elektronmikroszkópos vizsgálattal jóval több felvilágositást kapunk. A sejtmag interfázisában, a kromatinállományban megfigyelhető fibrilláris szerkezet nem más, mint a kromoszómát alkotó DNS és fehérje látszólag kusza szövevénye. E fonalak az osztódásban rendezett, többszörösen feltekeredett szuperspirállá rendeződnek, s igy a hosszu /centiméter nagyságrendü/ DNS, a fehérjemolekulákkal együtt, néhány µm-nyi kromoszómává kondenzálódik. Fénymikroszkóposan a leginkább kondenzált, metafázisos kromoszómákat vizsgáljuk.

A sejt szaporodási ciklusában, az osztódáskor, a genetikai információ többé-kevésbé változatlanul kerül az anyasejtből az utódsejtekbe. A folyamatban azonban hibák is keletkezhetnek, akár a DNS-replikáció szintjén /ezek a génmütációk/, akár a sejtosztódáskor, amelyeknek hibái a kromoszómamutációkhoz, vagy kromoszómaaberrációkhoz vezetnek. A kromoszómák szétválásának elmaradása eredményezi a numerikus aberrációkat /embernél a szomatikus sejtekben a 46-tól eltérő kromoszómaszám/, a kromoszómaszerkezet átalakulásával járó hibák pedig a strukturális aberrációk, amelyek rendszerint a kromoszómák törésével hozhatók összefüggésbe.

Sugárcitogenetikai vizsgálat szempontjából a kromoszómaaberrációkat két nagy csoportba sorolhatjuk:

1. kromatid tipusu aberrációk:
   kromatidtörések;
   kromatid "gap"-ek;
   kromatid-kicserélődések.

Ezek az elváltozások a fél kromoszómán /kromatidán/ létrejött töréseknek a következményei;

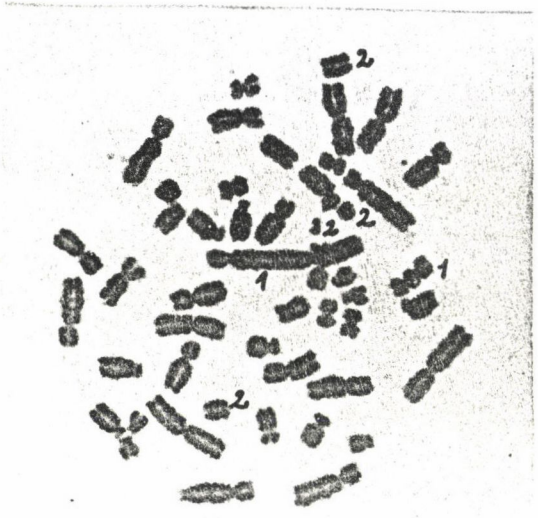
2. kromoszóma tipusu aberrációk:
   fragmentek;
   di- és policentrikus kromoszómák;
   ring kromoszómák;

Ide azok az aberrációk tartoznak, amelyek egy egész kromoszóma mindkét karját érintik /1., 2. ábra/.

1. ábra

3 Gy ^{60}Co-γ, in vitro besugárzással indukált kromoszómaaberrációk, humán perifériás vér limfocitáiban

1. tricentrikus kromoszóma /három centromérás kromoszóma/
2. dicentrikus kromoszóma / két centromérás kromoszóma/
3. ring kromoszóma /a centroméra két oldalán, törésekkel létrejött gyürü alaku kromoszóma/
4. acentrikus fragment /centroméra nélküli kromoszóma/
5. kromatid fragment /az egyik kromoszómakar törése/



2. ábra

3 Gy ^{60}Co-γ in vitro besugárzással indukált kromoszómaaberrációk, humán perifériás vér limfocitáiban

1. dicentrikus kromószóma /két centromérás kromoszóma/
2. acentrikus fragment /centroméra nélküli kromoszóma/

Humán kromoszómák vizsgálatára leggyakrabban a perifériás vér limfocitáinak tenyészetét használják. A limfociták analizise sok előnnyel jár, hiszen a szervezetben viszonylag egyenletesen oszlanak el, s vizsgálat céljára könnyen hozzáférhetők. Normális körülmények között nem osztódnak, azonban mitogénekkel, pl. a fitohemagglutinin alkaloidával serkentve, tenyészetben osztódni kezdenek. Igy az a kromoszómakárosodás, amely in vivo keletkezett, az in vitro stimulált limfocitákon kimutatható.

Sugárhatáson kivül más ágensek is hozhatnak létre kromoszómaaberrációt, azonban jóval kisebb mértékben, s ha az egyéb mutagén hatás kizárható, a sugárzással indukált kromoszómakárosodás előfordulását sugárspecifikusnak ítéljük meg.

Sugárzással indukált kromoszómaaberrációt eddig három nagy embercsoporton mutattak ki:

1. az atombomba robbanását túlélőkön és sugárbalesetet szenvedett betegeken;
2. terápiás besugárzásban részesült személyeken;
3. hivatásszerüen tartós besugárzásnak kitett dolgozókon.

A kromoszómadozimétert már valamennyi csoportnál alkalmazták dózisbecslésre, ezeknek az adatoknak a száma azonban felülmulja az irodalmi hivatkozások keretét.

A DÓZIS-HATÁS KINETIKA

A kromoszómaaberrációk dózisfüggéséről mindezidáig igen sok munkát publikáltak, azonban a dózis és a hatás összefüggését leiró egyenletek és azok numerikus együtthatóinak értéke erősen különböznek egymástól.

A dózist kalibrációs görbékkel határozzák meg, amelyeket in vitro besugárzott limfociták kromoszómaaberrációs analizisével készitünk el. A koordinátarendszer x-tengelyén a besugárzási dózist, y-tengelyén pedig az aberrált sejtek gyakoriságát tüntetjük fel. Leggyakrabban az un. dicentrikus kromoszómák százalékos előfordulását vesszük fel a besugárzási dózis függvényében, minthogy ezeket könnyebb felismerni, nem téveszthetők össze másfajta aberrációkkal.

A besugárzási körülményektől az értékelésig, minden laboratórium sajátosan kialakult módszerrel dolgozik, ezért szükségszerü, hogy a dózis meghatározásakor saját koefficienseink már eleve következetesen tükrözzék a mindenkori kisérleti "hibát".

Kis LET-értékü akut dózisokkal indukált, egy töréssel kialakult kromoszómaaberrációk dózishatásának leirására leggyakrabban lineáris egyenletet használnak:

$$y = C + \alpha D,$$

ahol y az aberrációs hozam, C a spontán aberrációs gyakoriság, D a dózis, α az aberrációk előfordulási együtthatója.

Az un. két töréssel kialakult aberrációk kvadratikus összefüggésben vannak a besugárzási dózissal:

$$y = C + \beta D^2,$$

ahol β a két töréssel kialakult aberráció együtthatója. Leggyakrabban azonban másodfoku polinommal közelithetjük a dózis és a hatás közti összefüggést, hiszen nemcsak egy-, hanem kéttalálatos törések is létrejönnek:

$$y = C + \alpha D + \beta D^2,$$

ahol α az egyszeres, β pedig a kettős törésü aberrációk együtthatója akut, kis LET-értékü besugárzásnál.

Nem lenne teljes a kromoszómadoziméterről alkotott kép, ha a nagy LET-értékü sugárhatásról nem szólnánk. A hasadási neutronokkal vagy a plutónium és az uránium α-sugárzásával indukált kromoszómaaberrációk /a nagyobb RBE következtében/ a telitődési határig lineárisan növekednek[8]. Radionuklidok, illetve egyéb nagy LET-értékü sugárzások esetében tehát a kromoszómadoziméter nem annyira kvantitativ, mint inkább kvalitativ mérője a sejtkárosodásnak.

Összefoglalva az eddigieket, mai ismereteink alapján a következő konkluziókat vonhatjuk le:

1. a kromoszómák károsodása matematikailag jól leirható dózis-hatás összefüggést mutat.
2. A kromoszómaindikátor fizikai dózismérés hiányában is eldöntheti a sugárhatás tényét.
3. Az aberrációk gyakorisága felhasználható a szervezet által elnyelt átlagdózis mérésére.

IRODALOM

1. *M.A. Bender*, N.Y. Acad. Sci. 114 /1964/ 249
2. *M.A. Bender, P.C. Gooch*, Proc. Na. Acad. Sci. USA 48 /1962/ 522
3. ABCC - Atomic Bomb Casualty Commission, Hiroshima and Nagasaki, Fact Book and Technical Reports, 1959-1969.
4. *M. Bauchinger*, GSF-Bericht B-309, München, 1972
5. *R.J. Purrott* és mások, NRPB, Harwell, R35, 1975
6. *S.L. Todorov* és mások, Mutat. Res. 17 /1973/ 377
7. *S. Wolff*, Mutat. Res. 15 /1972/ 435
8. *M.A. Bender*, személyes közlés, 1978
9. *J.G. Brewen, H.E. Luippold*, Mutat. Res. 12 /1971/ 305

KÖNYVISMERTETÉS

Radiation Safety Training Criteria for Industrial Radiography NCRP Report No 61., 1978

A report mindössze egy kis füzet - a függelékeket nem számitva alig 14 oldal -, mégis kitüntetett figyelmet érdemel, mert a sugárvédelem egyik "rázós" területéről, az ipari radiográfiáról szól. Azon belül is az oktatásról, amely - pontosabban a radiográfusok megfelelő oktatásának hiánya - a nemzetközi tapasztalatok szerint a viszonylag nagy személyi dózis és a kiemelkedően nagy baleseti kockázat legfőbb oka.

A report érdekes adatokat közöl a radiográfiai balesetek statisztikájáról, ismerteti a szükséges szervezeti feltételeket, a radiográfusok és más érintett személyek kiválasztásának szempontjait, hangsulyozza az ujraoktatás fontosságát. Részletes listát ad az alap-, helyszini és ismétlő oktatás tematikájára vonatkozóan.

Tanulmányozása elsősorban a radiográfiai laboratóriumok vezetői és a radiográfusok képzésével foglalkozók számára hasznos.

/Biró Tamás/

RENDEZVÉNYEK

15. Nemzetközi Radiológiai Kongresszus /15th International Congress of Radiology/
Brüsszel, 1981. jun. 24 - jul.1. /sugárdiagnosztikai szekció: jun. 24 - jun. 27.
sugárterápiás szekció: jun. 29 - jul. 1./

Program: genito-urinális, osteo-articuláris, gasztroenterológiai, pulmono-mediastinalis vizsgálatok; müszaki és fizikai kérdések; pediátriás, kardiovascularis és neuroradiológiai diagnosztika; sugárterápia; biológia; sugárvédelem; nukleáris medicina; radiológia a fejlődő országokban.

Cim: Secretariat ICR-81, 234B Ave. Winston Churchill, Box 16, B-1180 Brussels, Belgium.

3. Nemzetközi Sugárkezelési Találkozó /3rd International Meeting on Radiation Processing/
Tokió, 1980. okt. 26-31,

Program: az ipari besugárzás helyzete és távlatai: uj eredmények az alkalmazott sugárhatás-kémiában; a sugárzásos kezelés gazdasági kérdései; nemzetközi és technológiai együttmüködés; sugárforrások és sugártechnológia; adminisztrációs és biztonsági szempontok; sugárzásmérés és minőségellenőrzés; polimerek besugárzása; orvosbiológia; kémia; környezetvédelem és regenerálás; élelmiszer-besugárzás; sterilezés; a reaktortechnikával kapcsolatos sugárhatás-kémia; alkalmazott sugárhatás-kémia és -fizika.

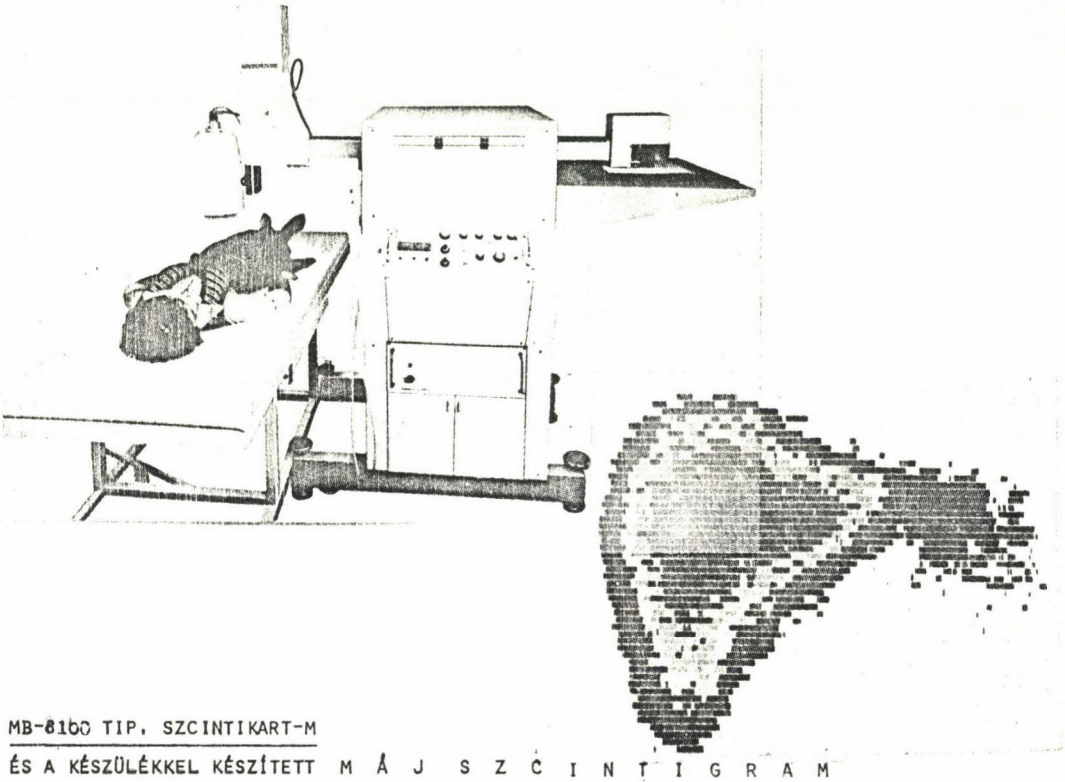
Cim: Dr. Y. Orita, Secretary-General, 3rd International Meeting on Radiation Processing, P.O.B. 6, Kuragano, Takasaki, 370-12 Japan.

gamma

BUDAPEST

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920

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



MB-8100 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 felépitésü, lokalizációs diagnosztikai berendezés.

Analóg elven épül fel, kijelzése szines dot rendszerü. A regisztrátumot 9 szinből épiti fel, állandó vagy intenzitástól függő vonalsürüséggel. Jó fókuszáló tulajdonságu kollimátorai és a beállitható kis sortávolság jó felbontásu képet eredményez. Nagyméretü kristálya és nagy térképezési sebessége következtében kiterjedtebb szervek vizsgálatánál is eredményesen alkalmazható.

Egycsatornás amplitudóanalizátort tartalmaz. Széles tartományban állitható differenciáldiszkriminátora segitségével jó hatásfokkal dolgozza fel a kis és közepes energiáju izotópok jeleit. A gyakrabban használt izotópokra jellemző energiaszintek egyszerü átkapcsolással állithatók be, de folyamatos szintállitásra is van lehetőség.
Beépitett, analóg müködésü háttérlevonóval állandó háttérszintlevonást lehet végezni.
Ratemétere táq határok között állitható, az egyes méréshatárokon belüli normalizálás pedig az optimális kontraszt beállitását segiti. Az intenzitás pillanatnyi értékét mutatós müszer jelzi a kezelő lapon és a homlokfalon, miáltal a beállitás 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 megkönnyiti az NZ-320 tipusu diagnosztikai ágy használata.
Az ágy fekvő része a páciensszel együtt - a lábfék felengedése után - kézzel minden irányban, könnyen elmozditható, igy a beteg vizsgálni kivánt része egyszerü módon a detektor alá hozható.

Gyártja és exportálja:

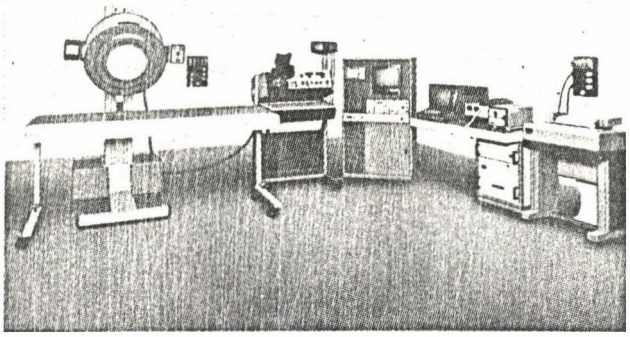
GAMMA MŰVEK, 1509, BUDAPEST, PF.1. TELEFON: 853-144 TELEX: 22-4946

gamma

BUDAPEST

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 felismerésükhöz, igy eredményes gyógyitásukhoz nyujt segitséget az izotópdiagnosztika.

Legujabb berendezéseink, a saját fejlesztésü MB-9101 tipusu adatfeldolgozó és megjelenitő berendezés és a hozzá csatlakoztatható, Picker Co. know-how alapján gyártott, MB-9100 tipusu szcintillációs gamma-kamera együttes alkalmazása lehetővé teszi az élő szervezetbe juttatott radioaktiv izotópok egyes szerveken belüli eloszlásának gyors feltérképezését, a kapott primér adatok feldolgozását és kijelzését. Lehetővé teszi a szervek funkcionális müködésének megitélését, a szerveken belüli daganatok felderitését, különféle keringési folyamatok ellenőrzését.

Az MB-9100 tipusu szcintillációs gamma-kamera primer képe csak vizuálisan és kvantitative értékelhető. A mérést viszont statisztikus hiba terheli. A kép csak bonyolult matematikai müveletekkel 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 begyüjtéséhez számitógépet kell alkalmazni, megfelelő háttértárolóval. Igy a számitógéppel az adatgyüjtésen kivül a felvételek feldolgozása is elvégezhető. Ezt a célt szolgálja az MB-9101 tipusu adatfeldolgozó és megjelenitő berendezés.

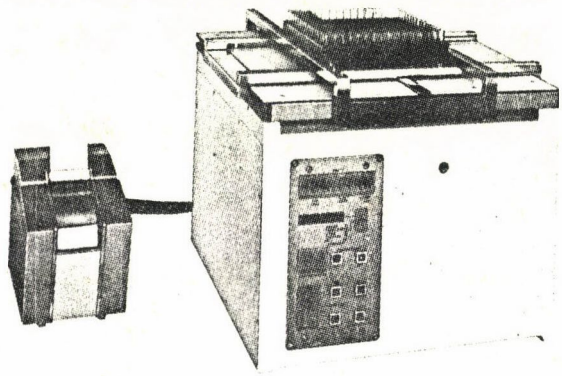
Cim: GAMMA MŰVEK, 1509, BUDAPEST, PF.1. TELEFON: 853-144 TELEX: 22-4946

gamma

BUDAPEST

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

ALAPÍTÁSI ÉV: 1920



A radioizotópos vizsgálati módszerek ujabb 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 Müvek az NZ-322 AUTOMATIKUS MINTAVÁLTÓT.
A mintákat minden emberi beavatkozás nélkül sorbaveszi, megméri radioaktivitásukat, és az eredményt a hozzákapcsolt sornyomtatóval kinyomtatja. Ez az eszköz lehetővé teszi, hogy a módszer kikerüljön a radioaktivitás mérésével foglalkozó laboratóriumok viszonylag szük 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

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 223-234

A MESTERSÉGES RADIOAKTIV IZOTÓPOK HAZAI ALKALMAZÁSÁNAK ÉS ELŐÁLLÍTÁSÁNAK 25 ÉVE

Veres Árpád
MTA Izotóp Intézete, Budapest

Применению и производству в Венгрии искусственных радиоактивных изотопов - 25 лет
Верец, А.

25 Years of the Use and Production of Artificial Radioactive Isotopes in Hungary
Veres, Á.

BEVEZETÉS

Az Izotóptechnika e számát azoknak a megemlékezéseknek szenteljük, amelyeket az első hazai izotópalkalmazók, az egyes tudományterületek, a sugáregészségügy és sugárvédelem hazai úttörői papirra vetettek. Körük sajnos nem lehet teljes, hiszen sokan már csak emlékünkben élnek, mások már ujabb területen fejtik ki tevékenységüket. Ugy gondoljuk azonban, hogy az e számban közölt cikkek - melyeknek szerzői vállalkoztak a kezdet ábrázolására - kellő tájékoztatást nyujtanak az izotópalkalmazás akkori jellegzetességeiről. Ezuton is köszönöm a szerzőknek, hogy az egyes mozzanatok megvilágitásán keresztül emlékezetessé tették kezdeti lépéseinket. A cikkek kisebb mértékü átfedése a különféle területek szemléleti és problémamegközelitési módjából következik, és az esetleges ellentmondás is csak látszólagos.

Engedtessék meg, hogy a magam szemüvegén át nézve én is megemlékezzem az elmult 25 év általam lényegesebbnek tartott állomásairól, fejlődési szakaszairól és arányairól. Az időrendi fejlődést mutatnám be, az alkalmazást és az izotópokkal történő ellátást az egyes időszakokban párhuzamosan szerepeltetve.

A HAZAI IZOTÓPALKALMAZÁS ELSŐ ÉVEI /1954-57/

1954 februárjában Rusznyák István, az MTA elnöke, az alábbi mondatot irta egy elnöki jegyzőtömb lapjára: "Osztrovszki e. kezdjük meg Magyarországon a sugárzó izotópokkal a kutatást". Osztrovszki György akkor az MTA fő-

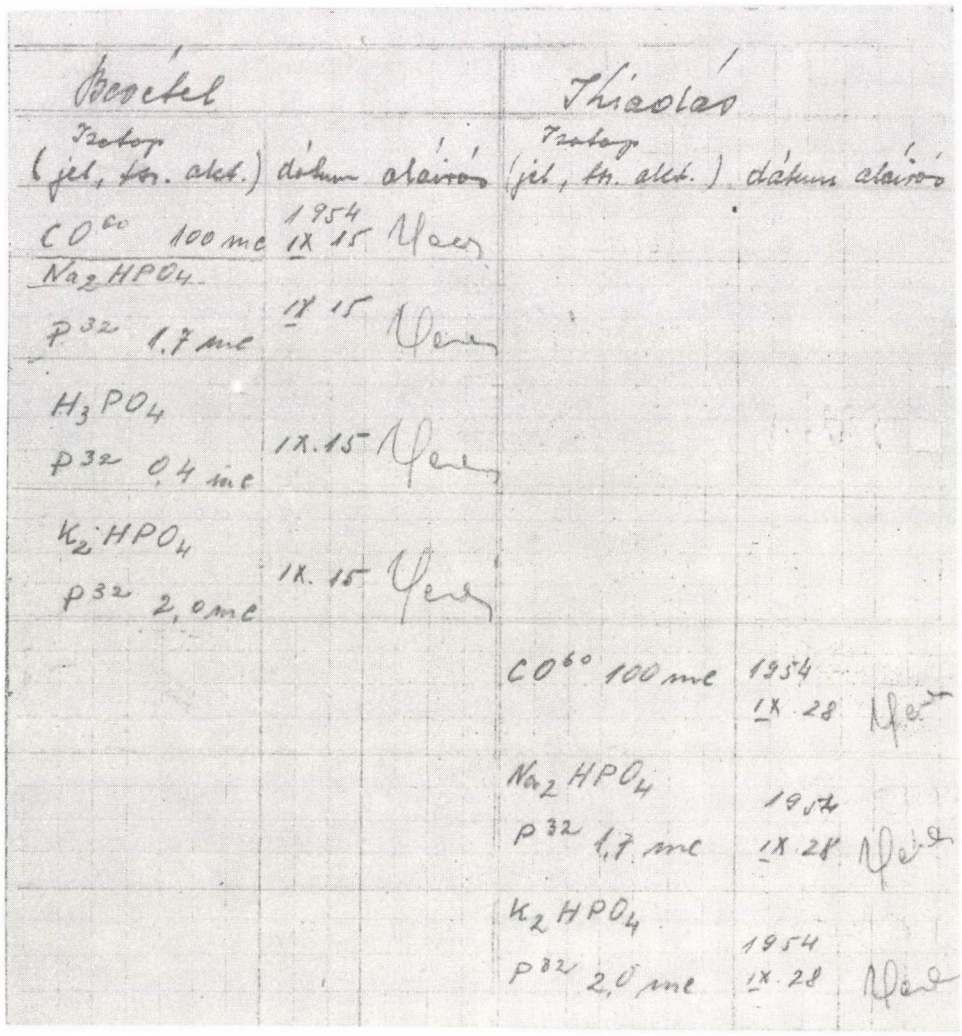
titkára volt. A főtitkár a feladatot az Akadémia III. /matematikai- és fizikai tudományok/ osztályára bizta. Mivel veszélyes anyagokkal folyó munkáról volt szó, előkészületek történtek egy szakmailag hozzáértő bizottság felállitására, az igények megállapitására és a megfelelő laboratóriumok kialakitására. Létrejött az MTA Központi Izotóp Bizottsága. Magam kaptam a feladatot az 1954. évi igény összeállitására és a MEDIMPEX Külkereskedelmi Vállalaton keresztül a Szovjetunióból történő megrendelésére. A rendelés feladásához, az izotóplaboratóriumok kialakitásához, az első felhasználások során személyesen nyujtott szakmai tájékoztatáshoz, valamint az anyagok szétosztásához szükséges dozimetriához, a személyi dozimetriai és sugárvédelmi számitásokhoz még a készitmények beérkezése előtt a "Measurement of Radioactivity"[1]-ből, egy ICRP közleményből[2], egy 1954-es csehszlovák szabvány kéziratából, továbbá a "Radioisotopes in Industry"[3] és az "Experimental Nucleonics"[4] cimü könyvből szereztem szaktudásomat. Ezt azért emlitem, mert környezetemben többen féltve kérdezték, tisztában vagyok-e a fenyegető veszéllyel. Minden esetben kiszámitottam a maximális dózisterhelést, és felkészültem a számitásba jöhető esetekre is, annál is inkább, mivel nem volt sugárzásmérő müszerünk.

A KFKI Radiológiai Osztályán már 1952 szeptemberétől foglalkoztak izotóplaboratóriumi mérő és sugárvédelmi müszerek kifejlesztésével[5]. Izotóplaboratóriumokat alakitottak ki az Országos Onkológiai Intézetben, az MTA Agrokémiai Intézetében, a Budapesti Orvostudományi Egyetem Orvosvegytani és Orvosfizikai kai Intézetében, a Pécsi Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézetében és a Kutvölgyi Kórházban, majd ez a kör gyorsan bővült.

Az első mesterséges radioaktiv szállitmány 1954 szeptember 15-én érkezett a ferihegyi repülőtérre. Az első kézirásos nyilvántartáson a készitmények főbb adatai, a bevétel és kiadás dátuma láthatók /1. ábra/. A 100 mCi /3,7 GBq/ ^{60}Co fémhengert szeptember 28-án kapta meg az Atommagkutató Intézet Debrecenben, a ^{32}P vegyületek vizes oldatát pedig a Kossuth Lajos Tudományegyetem Fizikai Kémiai Intézete vette át. Szállitmány érkezett még 1954-ben október 16-án /^{14}C, ^{32}P, ^{60}Co, ^{89}Sr, ^{111}Ag, ^{131}I/, november 3-án /^{24}Na/, december 23-án /^{32}P, ^{35}S, ^{60}Co, ^{89}Sr/, összesen mintegy 30 készitmény. További felhasználó pedig a KFKI, a Pécsi Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézete, a Budapesti Orvostudományi Egyetem Orvosvegytani és Orvosfizikai Intézete, valamint az MTA Méréstechnikai és Müszerügyi Intézete volt.

A Központi Izotóp Bizottság sugárfizikusaként az MTA székházának egyik, erre a célra kiüritett pincehelyiségében tároltam a készitményeket, a beérkezéstől a felhasználóknak történő átadásig vagy több igénylő kielégitését szolgáló szétosztásáig; az osztást különféle intézmények izotóplaboratóriumában végeztem egészen 1957 tavaszáig, amikor az Onkológiai Intézetben az akkor már OAB Izotópalkalmazási Szakbizottság Izotópelosztó Csoportjaként müködő szervezeti egység részére is megépült egy izotóplaboratórium. 1956. január

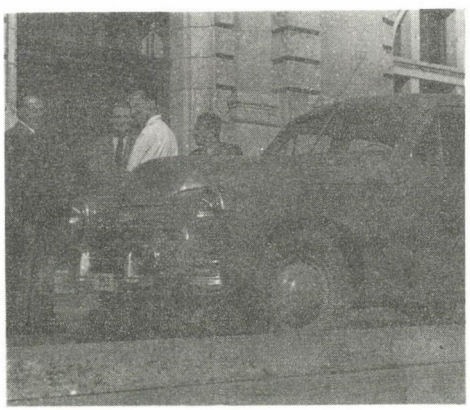
elsejével ugyanis megalakult az Országos Atomenergia Bizottság, és az MTA Központi Izotóp Bizottság feladatait az OAB Izotópalkalmazási Szakbizottsága vette át. A radioaktiv izotópokat az egészségügy területén elsősorban a pajzs-



Bevétel			Kiadás		
Izotop (jel, tr. akt.)	dátum	aláírás	Izotop (jel, tr. akt.)	dátum	aláírás
CO^{60} 100 mc	1954 IX 15	[illegible]			
Na_2HPO_4 P^{32} 1,7 mc	IX 15	[illegible]			
H_3PO_4 P^{32} 0,4 mc	IX.15	[illegible]			
K_2HPO_4 P^{32} 2,0 mc	IX. 15	[illegible]			
			CO^{60} 100 mc	1954 IX 28	[illegible]
			Na_2HPO_4 P^{32} 1,7 mc	1954 IX 28	[illegible]
			K_2HPO_4 P^{32} 2,0 mc	1954 IX 28	[illegible]

1. ábra

Az első izotópszállitmány nyilvántartási adatai



Ellenőrzés a Kossuth Lajos Tudományegyetem izotóplaboratóriumánál. Balról jobbra: Imre Lajos, Ádám László, Nagy József, Veres Árpád.

mirigy-diagnosztikában és a tumorterápiában, az iparban pedig radiográfiai vizsgálatokra alkalmazták. Jelentős mennyiségű ^{14}C-et, főleg $BaCO_3$ alapanyagot rendeltek a ^{14}C-gyel jelzett vegyületek előállitására, biológiai alkalmazásokhoz. Izotóptanfolyamot szerveztünk a müegyetemen természettudományi képzettségü szakemberek, az Orvostudományi Egyetemen orvosok részére; e tanfolyamok egyre rendszeresebbé váltak.

Az 1957-es évben az igény növekedése /352 szállitmány/ már számottevő terhet jelentett a központi pénzügyi kereteknek, ugyanakkor egyre több igény volt kellően meg nem alapozva, esetenként a behozott készitményt fel sem használták lebomlásáig. Ezért az a döntés született, hogy 1958. január 1-től az igénylők maguk fedezzék az izotópok beszerzési és szállitási költségét, a behozatalt pedig az Izotópalkalmazási Szakbizottság engedélyéhez kötötték. Ez tervszerübbé tette az igények ütemezését is, és elősegitette, hogy a beérkezés idejére kellő felkészültségü fokon álljanak a vizsgálati módszerek, valamint megteremtődjenek a felhasználáshoz szükséges feltételek.

AZ IZOTÓPALKALMAZÁS ÉS -ELŐÁLLÍTÁS ALAKULÁSA AZ 1958-1970-IG TERJEDŐ IDŐBEN

A radioaktiv izotópkészitmények iránti igény növekedését a költségek átháritása, ugy tünik, nem hátráltatta. A szállitmányok száma 1958-ra 352-ről 831-re nőtt. Megrendeztük az első ankétot "Sugárzó izotópok hazai felhasználása" cimmel. Az előadások kivonatos anyagát[6] /300 oldal/ a teljesség kedvéért a kutatóintézetektől és gyáraktól kapott felmérés egészitette ki, amely mérőmüszerekről, kisérleti eszközökről, különleges alkatelemekről és sugárforrásokról adott tájékoztatást az alkalmazók részére. A 124 oldalas II. kötetben 15 intézmény /gyár, KTSz, kutatóintézet és egyetemi tanszék/, több mint 50-féle müszer és berendezés, sugárvédelmi /szennyezettség- és dózismérő/ impulzusszámláló és ratemeter, kisegitő eszköz/mintaváltó, ólomtorony, tápegység, nyomtatóiró stb./, védelemtechnikai eszköz /fülke, manipulátor, szállitótartó, mosogató, hulladéktároló stb./, detektor /GM-cső, szcintillációs kristály/ és speciális sugárforrás fejlesztésében elért eredményeit mutatta be.

Az Országos Atomenergia Bizottság 1959. juniusi határozatával elrendelte az Izotóp Intézet megszervezését, amelynek feladata tudományos kutatás és fejlesztés atomtechnikai módszerek kidolgozása és bevezetése, valamint izotópkészitményekkel történő ellátás céljából. Ugyanebben az évben kezdte meg működését az első, 2 MW-os kutató atomreaktor a KFKI-ban. A II. Izotópalkalmazási Konferencián /1961. II.16-17./ 121 előadás hangzott el az ipari, méréstechnikai és sugárhatáskémiai vizsgálatok /60/, kémiai és biológiai alkalmazások /18/, izotópok mezőgazdasági felhasználása /22/, valamint a radioizotópok klinikai diagnosztikai és terápiás /21/ alkalmazásának tárgyköréből[7].

1961 év végére az Izotóp Intézet 11 főről 63 főre növekedett; 41%-uk tudományos dolgozó. Az Intézet által végzett feladatok az alábbiak voltak:

a/ hazai felhasználók ellátása izotóppal;

b/ zárt sugárforrások, orvosi applikátorok készitése, uj tipusok fejlesztése;

c/ szerves vegyületek ^{14}C-gyel történő jelzési módszereinek kidolgozása;

d/ öntvény- és varratvizsgálati módszerek megismertetése és ipari elterjesztése;

e/ izotópvezérlésü ipari jelző és szabályozó müszerek üzembehelyezése és folyamatos müködtetéséhez nyujtott szakmai támogatás;

f/ a sugárzás különféle anyagok katalitikus aktivitására és egyes folyamatok mechanizmusára gyakorolt hatásának vizsgálata;

g/ abszolut aktivitásmérési módszerek fejlesztése.

Ebben az időszakban alakultak meg az IASz mellett az ágazati izotópalkalmazási szakbizottságok, igy az OAB Egészségvédelmi és Orvosi Alkalmazási Szakbizottsága és az OAB Mezőgazdasági Szakbizottsága. Az ipari fejlődés egyrészt az aluminium-, acél- és öntvényvizsgálat a vegyipari vizsgálat terén, másrészt a nukleáris müszerek sorozatgyártása terén öltött nagyobb méreteket. Az izotópalkalmazási szakbizottságok és az Izotóp Intézet számos tanulmányban elemezte a nemzetközi helyzetet és a hazai tennivalókat. Kezdtek kialakulni az egyes nagyobb erőket igénylő feladatok megoldására vállalkozó bázisintézmények. Az izotópelőállitásban hat intézmény vett részt. A KFKI Magkémiai Főosztályán végezte munkáját az Izotóp Intézet izotóptermelő csoportja, amely a ^{24}Na, ^{42}K, ^{51}Cr, ^{64}Cu, ^{75}Se, ^{76}As, ^{82}Br, ^{86}Rb, ^{85}Sr, ^{90}Y, ^{110}Ag, ^{111}Ag, ^{131}I, ^{140}Ba, ^{140}La, ^{192}Ir, ^{198}Au és ^{203}Hg izotópra dolgozott ki előállitási technológiát.

Az elemzések alapján döntés született, hogy az OAB-hoz tartozó két intézet közül az izotópelőállitás az Izotóp Intézet, az aktivációs analizis széleskörü fejlesztése és alkalmazásának elősegitése pedig a KFKI feladata legyen. Az 1. táblázat mutatja izotóptermék-előállitók szerint a készitmények összértékének alakulását 1962-70 között.

1960-ban megalakult a KGST Atomenergiai Állandó Bizottsága, és kezdetét vette a KGST keretén belüli erők összehangolt felhasználásának előkészitése. A védelemtechnikai eszközök gyártását a tagállamokban szerzett tapasztalatok alapján szervezték. Szovjet tervdokumentáció felhasználásával megépült az Izotóp Intézet izotópelőállitó laboratóriuma. Az első évben, 1960-ban egyetlen szállitmányt exportáltunk - 1970-re a szállitmányok száma már 1180-ra nőtt.

Az akkori helyzet jellemezésére legyen szabad itt idéznem azt az összehasonlitást, amelyet a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által szolgáltatott adatok alapján 1964-ben végeztünk el. /A NAÜ öt közepes felhasználó ország átlagát adta meg 1962-re, több izotópféleségre/.

1. táblázat

A készitmények értéke ezer forintban

Intézet	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
Izotóp Intézet	973	2100	2884	5389	5666	5875	7164	7341	9273
KFKI	527	646	154	-	42	213	19	-	-
KKKI	24	188	362	327	-	-	-	-	-
KLTE Fiz. Kém.I.	190	599	295	275	131	417	144	104	88
REANAL	281	1124	1008	1736	1220	816	-	-	-
OSSKI	-	62	50	431	503	660	871	1373	1559
MTA Talajtani és Agrokém. K.I.	-	-	2	-	-	-	-	-	-
OMH	-	-	-	-	-	-	103	55	115
Gyógyszerkutató Int.	-	-	-	-	-	-	85	-	-

2. táblázat

10 millió főre eső, felhasznált aktivitás

Izotóp	Felhasználás öt országban Ci	Hazai felhasználás Ci
^{131}I	5-10	17
^{198}Au	5-10	10
^{32}P	1-2	11,6
^{51}Cr	0,1-0,2	2,6
^{24}Na	0,1	3,5
^{59}Fe	0,005	0,5
^{35}S	0,2	8,4
^{14}C	0,05	1,2

Ugyancsak mód nyilt a felhasznált izotópok értékének összehasonlitására az Egyesült Államokkal és nyugateurópai országokkal az 1962-es évben.

Ebben az időszakban az izotópalkalmazásra az volt a jellemző, hogy széleskörü megalapozó munka folyt, és a bázisintézmények ingyen nyujtottak segitséget, az 1954-57-es időszak izotópellátásához hasonlóan. Itt is mutatkozott annak a jele, hogy a főhatóságok által kivánt izotópalkalmazási módszer rendszeres felhasználása akadozott. Ennek oka részben az volt, hogy egyes üzemek nem voltak kellően felkészülve a módszer fogadására, részben pedig az, hogy az ingyen kapott szolgáltatás miatt a gazdaságossági szempontokat nem elemezték részletesen.

3. táblázat

A felhasznált izotópok értéke ezer dollárban, 1962-ben

Ország	Lakosság millió fő	A felhasznált izotópok értéke	10 millió főre vonatkoztatva
1	2	3	4
Anglia	52	2100	400
Svájc	5,2	200	385
Franciaország	47	600	127
Belgium	9	100	110
NSzK	55	500	90
Olaszország	51	250	49
Spanyolország	30	25	8
A többi nyugat-európai állam	70	546	78
Együtt	319,2	4321	135
USA	180	13000	720
Magyarország*	10	210	210

*1 $ = 40 Ft átszámitási kulcsot alkalmaztunk, miután a tőkés relációból beszerzett izotópok folyóforint-értéke ez volt, és mind a szocialista import-ár, mind a hazai ár ezeknek a világpiaci áraknak felelt meg.

Előfordult, hogy egy-egy módszert a bevezetés után rövidesen elfelejtettek. Egyre erősödött az a nézet, hogy a felhasználók szempontjainak döntő szerepet kell kapniok a kidolgozandó módszer kiválasztásánál, és a megvalósitás során fokozott figyelmet kell forditani a folyamatos, gyakorlati felhasználást elősegitő feltételeknek. Mind gyakrabban fordult elő, hogy az üzem akkor is részt vállalt az anyagi áldozatból, amikor nem csupán ő volt a módszer felhasználója. Az üzemek által saját fejlesztésü gárdára alapozott önállóan müvelt témák kezdtek csökkenni. Gazdaságossági szempontból előnyösebb volt számukra, ha nem kellett fenntartaniok magasan kvalifikált részleget egyes fejlesztési gondjaik megoldására, mert ezek a részlegek egy-egy témaválasztás után gyakran csak szük tématerületen voltak hasznosithatók, és ujabb feladatok megoldására nehezen voltak mozgósithatók, illetve átállithatók. Ezért az üzemek szivesebben rendeltek meg külső vállalkozótól egy-egy technológiai folyamat javitását célzó fejlesztést, mint belső fejlesztési részlegüktől /nem függött ugyanis a téma kidolgozásának sikere a belső anyagi eszközöktől és személyi feltételektől/. Egyre több, konkrét igény fogalmazódott meg az Izotóp Intézet ilyen feladatokat ellátó részlegeivel és más, nagyobb kapacitásu bázisintézményekkel szemben. Az is előfordult, hogy még azok a minisztériumok is az Izotóp Intézetet bizták meg izotópos célprogramjaik összeállitásával, amelyeknek volt saját bázisintézetük. Az alkalmazás olyan széles körüvé vált, hogy a szállitmányok száma évente meghaladta a 4000-et.

1964 május 7-évela 10/1964. minisztertanácsi rendelet szabályozta a sugárzó izotópokkal kapcsolatos tevékenységet. Ez nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a sugárzó anyagokkal végzett munka során sugárbaleset lényegében nem történt.

További konferenciákra és szimpóziumokra került sor. Általános jellemzőjük az volt azonban, hogy minden nagyobb alkalmazási terület saját rendezvényt tartott. Ilyen volt 1963 őszén a Sugárvédelmi Kollokvium[8] /Budapest/, majd 1964 őszén Mátrafüreden a sugárvédelmi iskola[9] és Karlovy Varyban a radioaktiv gyógyászati készitmények aktivitásmérésével és biológiai ellenőrzési módszereivel foglalkozó KGST szimpózium[10]. 1966-ban pedig, ugyancsak Budapesten, analitikai kémiai konferencia keretében ismertették számos aktivációs analitikai módszert és eljárást[11], majd ezt 1969-ben osztrák-magyar sugárvédelmi szimpózium követte. A nukleáris medicinában alkalmazott módszerek és eszközök KGST-szimpóziuma[13] mellett több más hazai rendezvény keretében kapott helyet a radioaktiv izotópok alkalmazása, mint például az 1968-as urológiai és neurológiai kongresszuson, vagy a veszprémi "Tudomány a vegyipar szolgálatában" cimü rendezvényen. 1969-ben külön rendezvény szólgált a radioaktiv izotópok a tudományos kutatásban betöltött szerepének bemutatására[14], az Izotóp Intézet 10 éves tevékenységének értékelése kapcsán is[15], továbbá Varsóban a radioaktiv készitmények uj előállitási módszerére[16]. 1970-ben külön nukleáris gépészeti konferenciát[17], a defektoszkópok fejlesztésével foglalkozó KGST szimpóziumot[18], és a nagy teljesitményü sugárforrások felhasználását, a mezőgazdasági termékek tartósitását, orvosi eszközök sterilezését, valamint müanyagipari termékek előállitását elemző konferenciát[19] rendeztek meg.

Ezt az alkalmazási tevékenységet 1970-ben már 7750 kiszállitott izotópkészitmény reprezentálta.

Több tanulmány foglalkozott a nukleáris energia villamos erőmüvi felhasználásával. Az Atomtechnikai Tájékoztató 1. évfolyamának 1. és 4. száma /1958. április és november/ zömében az atomenergia jövőjének atomenergia-programjaival foglalkozott, nemzetközi konferenciák alapján. E terület további alakulásának vázolására itt nem térnék ki, hiszen a hazai elképzelések is többször változtak napjainkig, és ennek értékelése meghaladja e megemlékezés kereteit.

Az 1960-as évek vége felé egyes minisztériumok 3-5 éves periódusra szóló izotópos célprogram megvalósitását tüzték ki célul. Ennek keretében dolgozták ki a KGM célprogramot, amely az 1969-73. évekre szólt, 35 vállalatot érintett, és 75 millió Ft-ot irányzott elő mintegy 150 uj módszer kidolgozására. Az ÉVM keretében 21 téma kidolgozása fogalmazódott meg, a kivitelezésükben öt intézet vett részt, és a költségeket 50%-ban a vállalat, 50%-ban a minisztérium biztositotta. Ez is és az OVH célprogramban megfogalmazott feladatok is már átnyultak az 1970. utáni időkbe.

AZ UTÓBBI, KÖZEL 10 ÉV ALAKULÁSA

A minisztériumi célprogramokban megfogalmazott feladatok teljesitése során az ipari alkalmazási igény jelentős mértékben megnövekedett. Az üzemek megismerték az uj metodikát, és ez erjesztőleg hatott napi fejlesztési gondjaik megoldásában is. A célprogramok befejezéséig egyre több igény fogalmazódott meg, amelyek kielégitését az üzemek egyedül is hajlandók voltak vállalni. Átalakult az alkalmazás képe. A sok vállalatot összefogó és sok módszer kidolgozását célul kitüző célprogramok megszüntek, és a gazdaságos módszereket az üzemek maguk fedezték. Az 1976-os évvel induló ötéves terv időszakában már csak egy-egy konkrét feladat megoldására irányuló, főleg OMFB támogatást élvező programot inditottak, mint pl. a növényi terméshozamot fokozó szerek /regulátorok/ kidolgozása, vagy a röntgenfluoreszcenciás elemzési módszerek geofizikai, bányászati felhasználása.

Az analitikai módszerek, amelyeknek az alkalmazás kezdeti szakaszán a KFKI volt a bázisintézménye, igen kiszélesedtek. Akadémiai és ipari kutatóintézetek, egyetemi tanszékek és intézetek, valamint vállalati laboratóriumok foglalkoztak több nagy feladat megoldásához szükséges vizsgálati módszer kikidolgozásával. A roncsolásmentes anyagvizsgálatban, néhány különösen nehéz feladattól eltekintve, az üzemi részlegek alkalmassá váltak az igények kielégitésére. A sugártechnika területén /sterilezés, polimerizáció, mutáció/ ez utóbbi időszak igen széleskörü vizsgálatok tárgya volt, és még korántsem használtuk ki a bennük rejlő lehetőségeket.

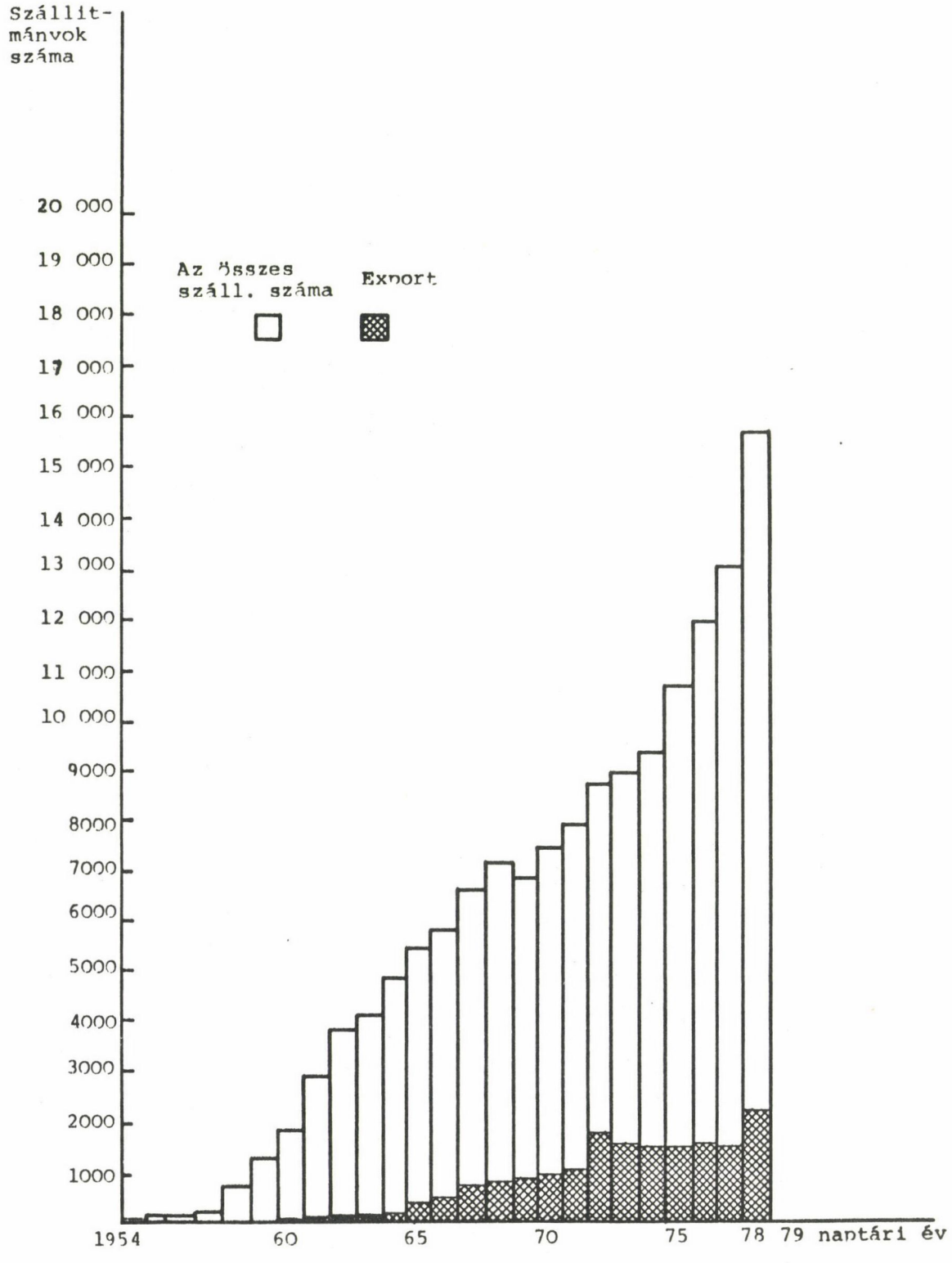
Az orvosi alkalmazásnál az utóbbi néhány év igen jellemzően megnövelte a diagnosztikai készletek felhasználását. Itt várhatóan 4-5-féle RIA /radioimmunassay/ kitet a közeljövőben igen széleskörüen használhatnak a laboratóriumban. Erre utal az is, hogy az igény az utóbbi 3 évben megháromszorozódott.

Általánosságban, valamennyi érintett terület figyelembevételével azt mondhatjuk, hogy az alkalmazás területei kialakultak, a nukleáris módszerek mintegy "leülepedtek", elfoglalták helyüket, egyre több eredményt szolgáltatva a népgazdaság kutatási, termelési, egészségügyi szféráiban.

Ezt az izotópalkalmazást támasztja alá az a termékelőállitás, amelyet az utóbbi években a következő főbb értékek jellemeznek:

- közel 16 000 szállitmány 1978-ban /a 2. ábrán láthatjuk a 25 éves forgalom teljes alakulását/;
- több mint 50 millió forint értékü készitmény, amelynek 25%-a export;
- több mint 1000-féle készitmény KGST-n belüli szakositása;
- 1978-ban mintegy 37 PBq /1 MCi/ ^{60}Co, évi 0,6-0,7 PBq /16-19 kCi/ ^{192}Ir forrás előállitása /ezek a legnagyobb aktivitásértékek/.

A korábbi évek izotópfelhasználási értékeit pedig a 4. táblázatban adjuk meg.



2. ábra

Az izotópforgalom alakulása 1954-1979 között

4. táblázat

Az izotópfelhasználás aktivitásban

év	nyitott TBq /Ci/	zárt TBq /Ci/	összaktivitás TBq /Ci/
1954-55	-	-	0,8 /21,16/
1956-60	-	-	208,8 /5644/
1961-65	-	-	1058,7 /28 614/
1966-70	83,6 /2260/	8966,7 /242 344/	9050 /244 594/
1971-75	235,3 /6360/	16731,2 /452 194/	16966,5 /458 554/

A KÖZELJÖVŐ FŐBB CÉLJAI

A hazai izotópelőállitás és -alkalmazás elsőrendü feladata, hogy az országos kutatási fejlesztési programok feladatainak sikeres megoldásához hozzájáruljon, a legmodernebb vizsgálati módszerek alkalmazási feltételeinek biztositásán keresztül.

Ennek érdekében az Izotóp Intézet maga is olyan feladatok megoldását tüzte ki zászlajára, amelyek részét képezik a következő ötéves terv kiemelt célprogramjainak. Ezek a feladatok cimszavakban az alábbiak:

a/ uj radioaktiv gyógyszerek kifejlesztése:
- radioimmun-analitikai készletekhez szükséges komponensek jelzésének kidolgozása;
- szervspecifikus radioaktiv diagnosztikumok kifejlesztése.

b/ Izotóptechnikai módszerek fejlesztése növényvédőszer-kutatási célra:
- terméshozam-fokozók és szintetikus regulátorok fejlesztése;
- növényvédőszerek metabolizmusának vizsgálata.

c/ Izotópos elemzési módszerek /röntgenfluoreszcencia stb./ fejlesztése, főleg a nyersanyag-kitermelés területén.

d/ Izotóptechnikai módszerek fejlesztése:
- atomerőművek üzemvitelével kapcsolatos fejlesztési kutatás;
- ipari nukleáris mérő és szabályozó rendszerek fejlesztése;
- sugártechnológiai módszerek és sugártechnikai eszközök fejlesztése;
- magsugárzással előállitott fényforrások kifejlesztése.

Reméljük, hogy az elénk kitüzött célok elérésében az eltelt 25 év eredményeihez méltó előrehaladást érünk el a jövőben is, és hasznosan járulunk hozzá egészségvédelmünk szinvonalának emeléséhez, országunk továbbfejlődéséhez.

IRODALOM

1. *L.F. Curtess*, Measurement of Radioactivity, National Bureau of Standards Circular 476, /Issued October 15, 1949/
2. I.C.R.P. közlemény, Nucleonics 8/2 /1951/
3. *J. Bradford* és mások, Radioisotopes in Industry, Reinhold Co.,New York,1953
4. *E. Bleuer, G.J. Goldsmith*, Experimental Nucleonics, Ed. Rinehart Co.,New York, 1952
5. *Fenyves E.*, Atommagsugárzások mérése, Akadémiai Kiadó, Budapest 1956
6. Sugárzó izotópok hazai felhasználása, I. és II. kötet, OAB Izotópalkalmazási Szakbizottság kiadványa /kézirat/, Budapest, 1958
7. A II. Izotópalkalmazási konferencia előadásainak kivonatai, OAB Izotópalkalmazási Szakbizottság kiadványa 1 /1960/ 1.sz.
8. Atomtechn. Táj. 6 /1963/ 11.sz.
9. Sugárvédelmi iskola előadásainak gyüjteménye, I, II, KFKI, 1965
10. Radioisotopy /Prága/ 6 /1965/ 3-6.sz.
11. Proc. Anal. Chem. Conf., Budapest, 1966
12. Proc. 2nd Symp. Health Phys., Pécs,1966
13. Nukleáris medicinában alkalmazott módszerek és eszközök, KGST Konferencia, Budapest, 1968
14. *Tétényi P.*, Kém. Közl. 32 /1969/ 321
15. "Radioaktiv izotópok a tudományos kutatásban" c. szimpózium előadáskivonatai, Atomtechn. Táj. 13 /1970/ 1.sz.
16. Radioaktiv készitmények előállitásának ujabb módszerei, KGST Konferencia előadásgyüjteménye /oroszul/, Varsó, 1970
17. Nukleáris gépészeti konferencia előadásgyüjteménye, Budapest, 1970
18. Radioizotópos defektoszkópok fejlesztése, KGST szimpózium szöveggyüjteménye
19. Atomtechn. Táj. 13 /1970/ 5.sz.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 235-249

A MESTERSÉGES RADIOIZOTÓPOK ALKALMAZÁSÁNAK BEINDÍTÁSA MAGYARORSZÁGON

Bozóky László
Országos Onkológiai Intézet, Budapest

Начало применения искусственных радиоизотопов в Венгрии
Бозоки, Л.

The Beginnings of the Application of Artificial Radioisotopes in Hungary
Bozóky, L.

25 éves eseményre emlékezünk: 1954 szeptemberében érkezett be az első, mesterségesen előállitott radioizotóp-szállitmány a Szovjetunióból a ferihegyi repülőtérre, majd innét a Magyar Tudományos Akadémiára.

De miért kell ezt az eseményt sok száz hasonló esemény közül kiemelnünk? Milyen előzményei voltak ennek a kisméretü, jelentéktelennek tünő csomag beérkezésének? Milyen hosszu korszak zárult le, és milyen uj korszak vette kezdetét ezzel az első lépéssel? A MTA által elvetett mag csupán az Akadémia kertjében fejlődött terebélves fává, avagy szétszórva magjait, népgazdaságunk ipari, mezőgazdasági, gyógyitó intézményeiben is kikeltek és gazdag termést hozó fává nőttek?

Lássuk tehát mindenekelőtt az előzményeket!

A radioaktiv anyagok felhasználása elsősorban sugárterápiás célokra és egyes tudományos kutatásokhoz, már az évszázad elején hazánkban is megindult. Például Kisfaludy Pál rádiumsebész, Imre Lajos fizikokémikus munkáit külföldön is nagyra értékelték. A rádiummal gerjesztett világitó festékeket hazai

iparunk is alkalmazta, 1936 óta egy három grammos rádiumágyu Budapesten is folyamatosan müködött, stb.

Mivel azonban csak a természetben előforduló 40 radioizotóp egynéhány alkalmas fajtája állt csak ebben a fél évszázadban rendelkezésünkre, és ezek egyrészt igen drágák, másrészt az emberre nézve rendkivül veszélyesek voltak, a gyakorlati alkalmazás lehetősége igen szük területre korlátozódott. Ezt a területet szélesitette ki sok-sok nagyságrenddel a mesterségesen előállitott radioizotópok hosszu sora. A sugárzó anyagféleségek száma rövid idő alatt 40-ről 1000 fölé emelkedett, és köztük, ha nem is tul nagy választékban, de azért szép számmal akadtak gyakorlatilag jól használható részecskeenergiával és felezési idővel rendelkező izotópfajták. 1950 körül már egyre többet olvashattunk ezekről és legkülönbözőbb alkalmazási lehetőségeikről a külföldi szakirodalomban[1].

ZÁRT SUGÁRFORRÁSOK ALKALMAZÁSA

Az Országos Onkológiai Intézetben már 1951-ben egy több, mint fél curie ^{226}Ra-ot tartalmazó berilliumos fotoneutron-forrással /1. ábra/, majd rádium--berillium /α, neutron/ forrással sikerült ugyan néhány mesterséges radioizotópot, elsősorban ^{82}Br-t és ^{198}Au-at előállitani, azonban ezek mennyisége olyan kicsi volt, hogy csupán egyes kisállat-kisérleteket lehetett velük elkezdeni, humán alkalmazásról szó sem lehetett[2,3].

1. ábra

Az 1952-ben készitett fotoneutron-forrás 0,6 g ^{226}Ra-tal az Országos Onkológiai Intézetben

Ezért volt nagy jelentősége annak, hogy a MTA akkori elnöke, Rusznyák István, felfigyelve a Szovjetunióban látott izotópos vizsgálatokra, megállapodott az illetékes szovjet szervekkel, hogy egyrészt ilyen sugárzó anyagokat majd rendszeresen szállitanak számunkra, ha megteremtjük idehaza a fogadásukhoz szükséges előfeltételeket, másrészt a szovjet akadémia 1955-ben négy magyar szakember számára négyhetes tanulmányutat szervez meg különféle szovjet izotópos munkákat végző laboratóriumok, intézmények meglátogatására, elsősorban

a sugárvédelmi célokat szolgáló speciális munkamódszerek és felszerelések tanulmányozására.

Rusznyák István hazaérkezve mindenekelőtt megalakitotta Straub F. Brunó akadémikus elnökletével a MTA Központi Izotóp Bizottságát, melynek Ádám László látta el szervezési teendőit, és amely sokrétü munkájával tudományos kérdéseken kivül különféle hatósági feladatokat is ellátott. Igy foglalkozott a benyujtott izotópos munkahelyek terveinek sugárvédelmi szempontból való birálatával, az igényelt izotópok felülvizsgálatával, sugárzásmérő müszerek és izotóplaboratóriumi speciális eszközök gyártási problémáival /RADELKIS/, oktatási kérdésekkel, izotópszállitási, valamint radioaktiv hulladékbegyüjtési és -tárolási feladatokkal, szakmai tanácsadással, az izotóplaboratóriumi munkavégzés rendjét ismertető első utmutató összeállitásával és kiadásával, szabványositási kérdésekkel, helyszini sugárvédelmi ellenőrzéssel Budapesten és vidéken, egyszóval mindazzal, ami ennek az uj, veszélyes, de tudományos és népgazdasági szempontból egyaránt uj távlatokat megnyitó metódikának bevezetése és biztonságos alkalmazása közben felmerült, és gyors elintézést igényelt.

1956-ban a minisztertanács létrehozta az Országos Atomenergia Bizottságot, amely átvéve a Központi Izotóp Bizottság feladatait, további területeken nyujtott támogatást a radioizotópok széleskörü alkalmazásának.

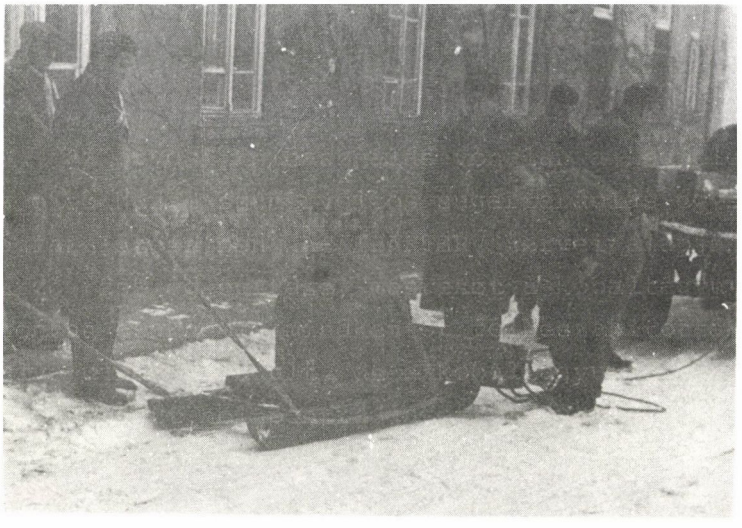
A mesterségesen előállitott radioizotópok alkalmazási területei közül a leggyorsabb beindulás az orvosi diagnosztika területén következett be. Ez elsősorban néhány ember lelkes munkájának köszönhető. Veres Árpád az izotóprendelés adminisztrációs ügyintézésén tulmenően nemcsak a folyamatosan érkező szállitmányok átvételét, szállitását, a repülőgép esetleges elszennyeződésének rendszeres müszeres ellenőrzését vállalta, hanem hosszu időn át Kaczmarsky Annával a ^{131}I-szállitmányok szétosztását és ampullázását is elvégezte ugy, hogy azok a rajtuk feltüntetett időpontban, azaz 1, 2, 3, illetve 4 hét mulva tartalmazzák a diagnosztikai vizsgálatokhoz szükséges optimális mennyiséget.

Ez a sok ezer ampullatöltést és jelentős dózisterhelést jelentő munka intézetünk sugárfizikai osztályának izotóplaboratóriumában lehetővé tette, hogy az orvosi felhasználók mentesüljenek ettől a feladattól, és az ilyen munkák elvégzéséhez szükséges laboratórium kialakitásától. Igy a KFKI radiológiai osztályától kapott, majd a Váradi Arisztid /IRODAGÉP/ gyártmányaiból vásárolt GM-csövekkel és egyszerü impulzusszámláló készülékekkel, egy egészen egyszerü laboratórium kialakitása után nyomban elkezdhették a rendszeres izotópdiagnosztikai vizsgálatokat.

A szélesebb körü, igényesebb fejlődést lehetővé tevő első nukleáris müszereink közül megemlitjük az Ember György /KFKI/ által konstruált GK-4-es sugárvédelmi müszert és a Nagy János /Orvosi Fizikai Intézet, SZOTE/ által kifejlesztett első szcintikartot.

Az orvosi felhasználás vonalán a legjelentősebb lépések közé tartozott az első hazai szupervoltos sugárterápiás egység kialakitása az Országos Onkológiai Intézetben. Az IPARTERV tervei alapján egyrészt megindult az uj besugárzó részleg épitése, másrészt a kobaltágyu legyártása. Az 1956-os események azonban csakhamar mindkettőt félbeszakitották. Az épitkezés ugyan pár hónap mulva ujra megindult, de a kobaltágyu legyártása a Gépgyár dolgozóinak disszidálása miatt holtpontra jutott. Mivel a töltet meg volt rendelve, a sugárfizikai osztály ugy határozott, hogy maga készit el egy terápiás besugárzásra alkalmas, egyszerü kéttankrendszerü kobaltágyut, saját elképzelései szerint. 1957 végére, amikor a 400 g rádiumekvivalens ^{60}Co forrás beérkezett, a berendezés el is készült, és következhetett a betöltés nem kevés izgalommal járó munkája. A forrás méreteit ugyanis sehogy sem sikerült előre megszereznünk, és igy nem tudhattuk, hogy az be fog-e menni a készülékbe.

Az előre elkészitett pneumatikus rendszerü távmérővel tehát először a forrás méreteit kellett meghatároznunk, majd a tokon belül a forrás elhelyezkedését kellett megállapitanunk. A várható jelentős szórt sugárzás csökkentése céljából a munkát Ágoston Antal fizikus a szabadban végezte el, -10°-os januári szélben, egy hasábokból felépitett vastag ólomvért mögé guggolva. A 2 tonnás konténert kétlovas szánkó hozta a helyszinre. Az ólomdugó eltávolitása után tükörből nézve végezte el a kissé felemelt forráson a preciziós méréseket, majd besötétedés után egy röntgenvilágitó ernyővel határozta meg a forrás elhelyezkedését a tokon belül. A homlokon, vállon, karon, kezeken, szivtájon, lábakon elhelyezett ionizációs kamrák és filmdoziméterek tanusága szerint az operátor ugyan mintegy 600-800 millirados egésztest-besugárzást kapott, de az eredmények kedvezőek voltak.

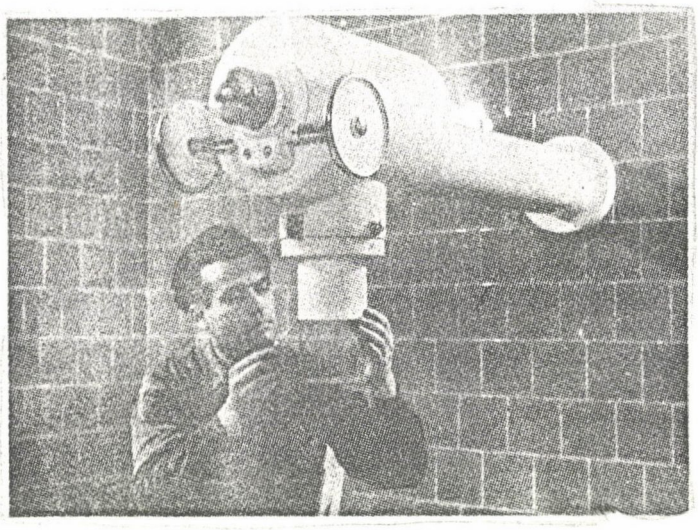


2. ábra

Az 1958-ban lóvontatásu szánkón érkező 2 tonnás konténer 400 g rádiumekvivalens töltettel

Igy másnap elkészitettük a mért értékeknek megfelelő aluminium foglalatot, majd a lovak tovább vontatták a szánkót /2. ábra/, és hasonló pneumatikus technikával megtörtént a kobalt forrás behelyezése a kobaltágyu torpedójába, végül a torpedó betolása a kobaltágyu besugárzó fejébe /3. ábra/. Ezzel kezdetét vette hazánkban a mélyterápiás besugárzásoknak egy uj, korszerü, az előzőnél kedvezőbb fizikai feltételeket biztositó korszaka[4-8]

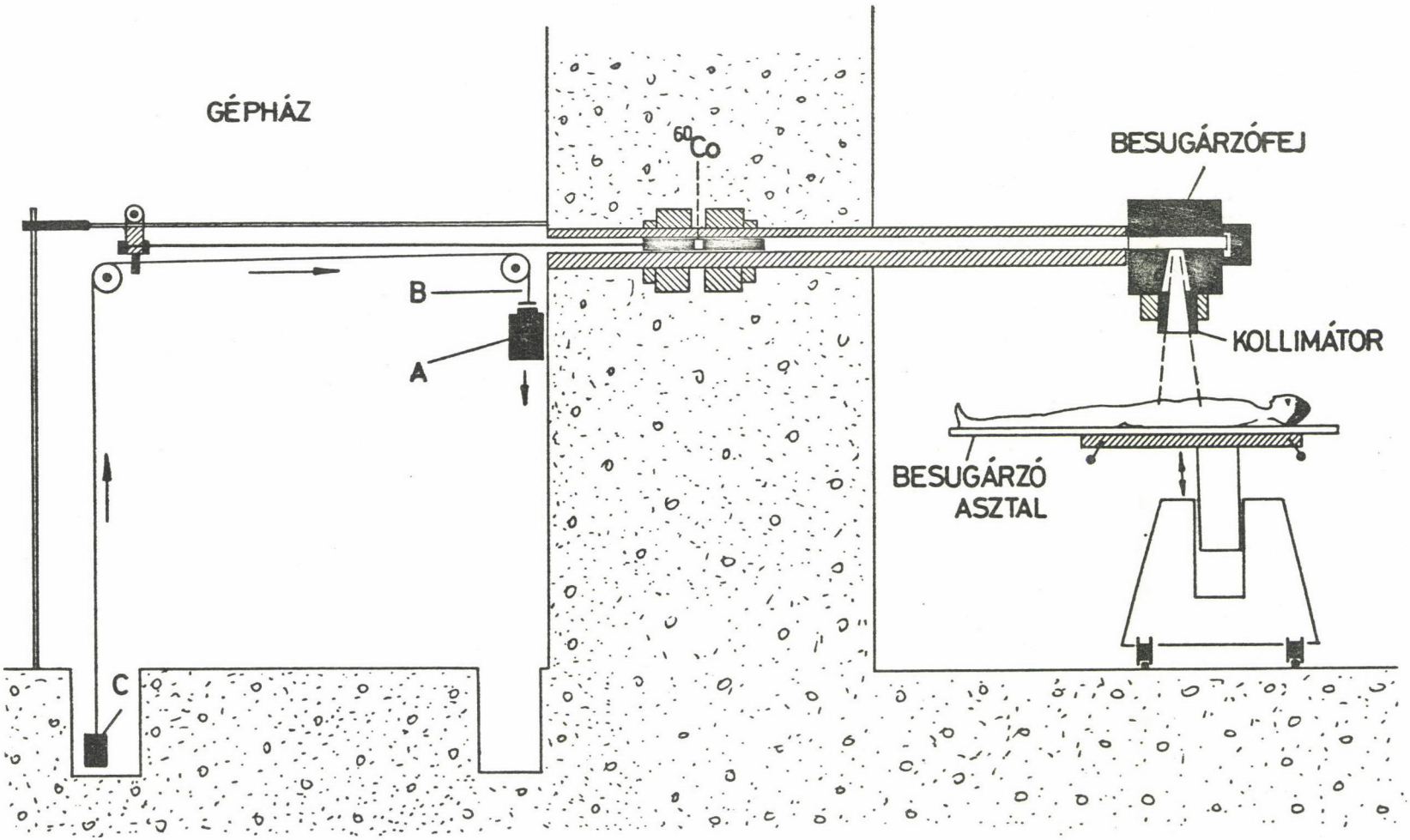
3. ábra
Az első ^{60}Co töltet behelyezése az Országos Onkológiai Intézetben készitett kobaltágyuba



4. ábra
A GRAVICERT kobaltágyu besugárzófeje

A készülék az elmult 22 év alatt, szinte alkatrészcsere nélkül, mintegy negyedmillió betegbesugárzást végzett anélkül, hogy a betegbeállitást végző orvosok és asszisztensek csak 1 mrd-os dózisterhelést is kaptak volna. A sugárforrás ugyanis minden egyes besugárzás után, az általánosan használt, egytank rendszerü kobaltágyukkal ellentétben, elhagyja a besugárzó fejet, sőt a besugárzó helyiséget is, és annak vastag beton tárolófalába beépitett, teljes leárnyékolást biztositó tároló helyére csuszik.

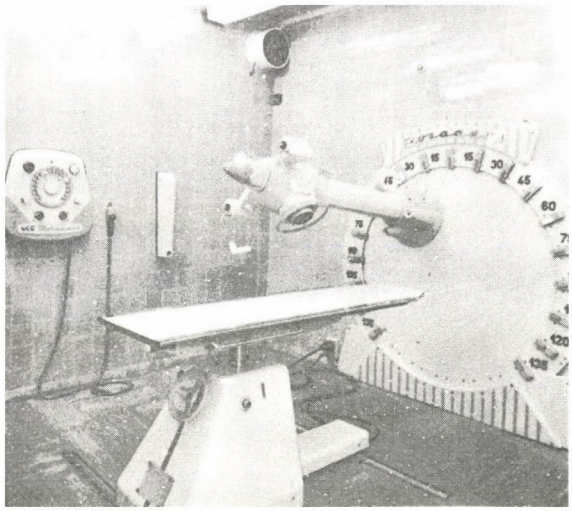
A torpedó ide-oda mozgását a gravitációs erő végzi, azaz a készülék elektromos áram nélkül is üzemeltethető, például olyan fejlődő országokban is, ahol sok helyen még nincs is elektromos hálózat kiépitve. E két sajátsága miatt kapta a kobaltágyunk a GRAVICERT nevet /Gravitációs erő és certus=biztonságos szavak első fele/. Az 5. ábra szerinti A suly kézi hajtókarral felemelve automatikusan hozzákapcsolódik a B kötélhez, melynek másik végéhez, állandó jelleggel, egy kisebb C suly van erősitve. Gombnyomásra az A suly elindul lefelé, miközben egyrészt a kötélhez erősitett rud segitségével betolja a torpedót a besugárzófejbe, másrészt felemeli a C sulyt. Az A suly lekapcsolásával viszont a C suly indul el lefelé, és igy visszahuzza a torpedót fali tároló helyére, azaz "kikapcsolja" a besugárzást.



5. ábra

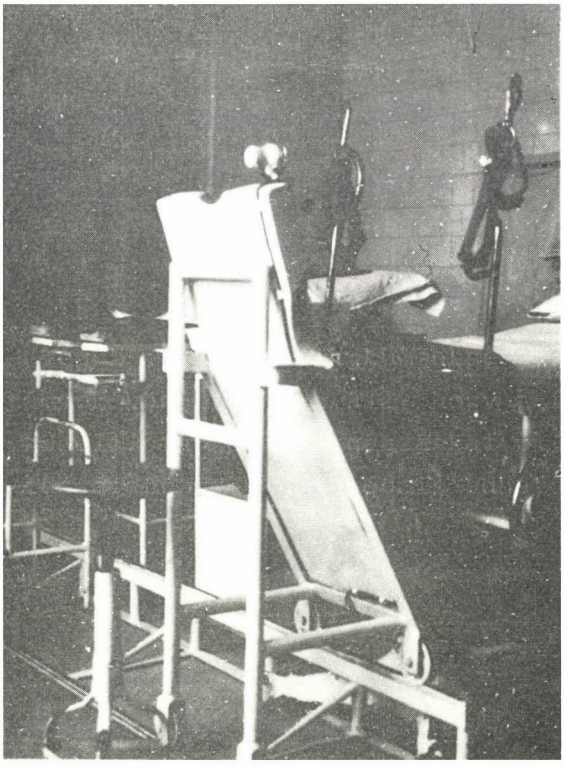
A GRAVICERT kobaltágyu keresztmetszeti képe

Végül egy harmadik különbség a GRAVICERT és az általában használatos kobaltágyuk között abban áll, hogy a forrás a besugárzófej elé kitolható, és igy közeli panorámabesugárzással pl. kis állatokra, vegyi anyagokra stb. rövid idő alatt igen nagy dózis adható le.



6. ábra

A mozgó besugárzásokhoz készült ROTACERT kobaltágyu



7. ábra

Az orvos és beteg közé begördülő 3 mázsás ólompajzs

A készülékkel szerzett kedvező tapasztalatok alapján a MEDICOR Röntgengyár a GRAVICERT-et gyártásba vette, négy darabot hazai egészségügyi intézményeink, kettőt Lengyelország, illetve Afganisztán kapott. 1965-ben a gyár még kidolgozta a készülék rotációs változatát, a ROTACERT-et is /6. ábra/, amely intézetünkben azóta is üzemben van[9,10], de a még ma is jelentkező külföldi érdeklődés ellenére tovább már nem kivánt a kobaltágyukkal foglalkozni, a gyártást véglegesen beszüntette.

A zárt sugárforrásoknak egy másik, hazánkban is igen szép eredményeket felmutató alkalmazási területe, a nőgyógyászati üregi kezelés fél évszázadon át rádiummal, majd ^{60}Co és ^{137}Cs izotópokkal folytatott technikája. A kobaltágyukkal ellentétben ezeknél a terápiás kezeléseknél az orvos, a mütősnő, az asszisztáló nővér és a betegszállító szüségszerüen igen jelentős γ-sugárzásban részesült.

Ennek nagyfoku csökkentését sikerült elérnünk az 50-60-as évek során kifejlesztett védelmi rendszerünkkel, melynek legfontosabb elemei:[11-13]

- az előkészitő munka után a beteg és orvos közé sineken begördülő 6 cm vastag ólompajzs, reflektorral, Dursen-dobozzal /7. ábra/,
- a kampozó nővér és beteg közé begördülő 9 cm vastag ólompajzs,

- a steril sugárforrásokat tartalmazó, 6-12 cm vastag falu ólomkut a forrásokat adogató mütősnő védelmére,

- a fejet is leárnyékoló, 12 cm vastag ólomvérttel ellátott munkaasztal az átforditott látást kiküszöbölő kettőstükörrendszerrel, automatikus forrásmosóval, sterilizálóval, vegyszeres tisztitó káddal, mögötte fiókos rendszerü fali tároló szekrénnyel,

- az előkészitő és mütő közti sinpálya vastag ólomfalu kocsival a steril sugárforrások sugárvédett szállitásához,

- speciális ólomfalu kiskocsi a kórtermekben kivett sugárforrások biztonságos szállitásához.

Nem sikerült csökkenteni a betegszállitó havi 6-800 mrad-os dózisterhelését, továbbá a kéz és alkar igen jelentős besugárzását.

Ezért volt nagy jelentőségü nemcsak az Intézetünk, de a fenti izotóptechnikai berendezéseket átvevő többi egészségügyi intézményünk számára is a Központi Fizikai Kutató Intézettel, elsősorban Csőke Antal főmérnökkel közösen kifejlesztett utántöltős /after-loading/ technika hazai megvalósitásának, amely az orvos és valamennyi többi egészségügyi dolgozó dózisterhelését gyakorlatilag nullára csökkenti le[14,15].

Ennek lényege, hogy az orvos üresen, töltet nélkül helyezi be a mütőben a betegbe a speciális belső kiképzésü applikátort, és igy szállitják át a beteget kórtermi ágyára is, ahol hozzákapcsolják az applikátorhoz a kobalt sugárforrásokat tartalmazó konténerben végződő, duplafalu, flexibilis csővezetéket. Az orvos, elhagyva a kórtermet, a folyosón elhelyezett kapcsolószekrényből távirányitással, pneumatikus uton lövi be az acél golyócskákba zárt kobalt forrásokat a betegbe, ahol azok az előzetesen vizfantomban kimért fix dózisteret alakitják ki. A kórtermi vizit, étkezés, lázmérés idejére a sugárforrások ismét a konténerbe küldhetők vissza, és igy valamennyi dolgozó γ-besugárzása kiküszöbölhető. Kedvező üzemi tapasztalatok után a KFKI már több darabot legyártott, sőt nyugati megrendelést is kapott.

Itt kell megemlitenünk az Izotóp Intézet létrehozásának jelentőségét, a felhasználóknak nyujtott sokrétü és elsősorban sugárvédelmi szempontból nagyra értékelendő munkáját. Igy a kobaltágyu töltetünk behelyezését csak egyszer kellett nagy nehézségek árán magunknak elvégeznünk, a további behelyezéseket, illetve a 4-5 évenként esedékes töltetcserét valamennyi GRAVICERT készüléknél, megfelelő technikai berendezés kifejlesztése után, már az Izotóp Intézet jól begyakorolt, külön csoportja végezte.

Hasonlót mondhatunk a speciális radioizotópos sugárforrások előállitásáról is. Csak az első ^{60}Co töltetü gomba, valamint pálca alaku nőgyógyászati sugárforrást állitottuk magunk elő a KFKI Radiológiai Osztályán, 1956-ban, sorozatgyártásukat, ujabb tipusok kifejlesztését már az Izotóp Intézet vette

át[16-19]. A legveszélyesebb munkát igénylő sugárforrásunk az extrakorporális vérbesugárzó készülékünk négy, ^{90}Sr izotópot tartalmazó β-sugárzó lapja volt, összesen 20 Ci aktivitással. Ezeknek a szennyeződésmentes, zárt, igen nagy dózisteljesitményü forrásoknak az előállitására, figyelembe véve az ampullák nyitásánál várható robbanást, a keletkező igen veszélyes radioaktiv hulladékot stb. eleve csak az A tipusu laboratóriummal és a megfelelő speciális szakemberekkel rendelkező Izotóp Intézet vállalkozhatott.

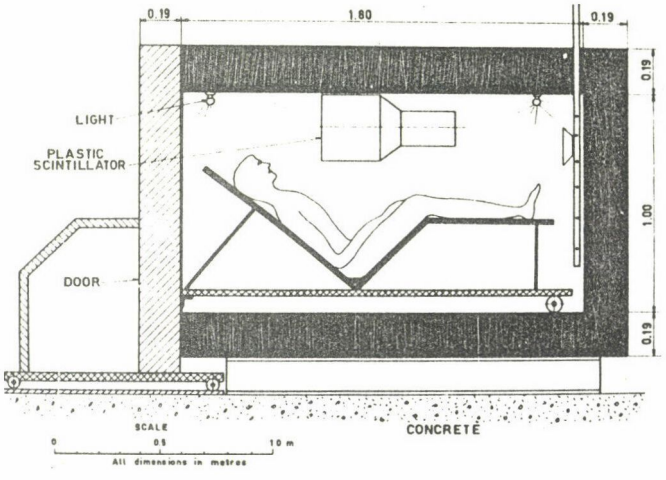
Az egymással szembe állitott β-sugárzó lapok között a vékony falu müanyag csőben átáramló vérre ilyen módon rövid idő alatt nagy dózis adható le anélkül, hogy magát a beteg testét számottevő sugárzás érné. A szüségszerüen keletkező kemény fékezési röntgensugárzást ugyanis a beteg felé 60 mm vastag ólomvérttel leárnyékoltuk[20,21].

NYILT IZOTÓPOK ALKALMAZÁSA

Teljesen ujszerü sugárvédelmi feltételek megteremtését igényelte a nyilt izotópok diagnosztikai és terápiás alkalmazása. A C és B tipusu izotóplaboratóriumok számos speciális munkaeszközét, orvosi izotóposztályok nélkülözhetetlen felszerelési tárgyait dolgoztuk ki, melyeknek jelentős részét az ipar gyártásba is vette[22]. Ezek közül megemlitjük a következőket:

- különféle rendszerü távpipettázó készülékek,
- hosszunyelü fogók, csipeszek üvegpoharak, kémcsövek, lombikok biztonságos megfogásához,
- sugárvédett β- és γ-fecskendők,
- félautomatikus higitó és oldatátemelő eszközök,
- izotóptároló és -szállitó eszközök,
- automatikus izotópos vizeletátszivó, -tároló és -higitó berendezések,
- örvénylésmentesen nyiló hulladékgyüjtők,
- teljesen zárt, száraz kamrák porlódással járó munkák biztonságos elvégzéséhez,
- speciális kesztyüs elszivó fülkék,
- öntő kokillák,
- padlószennyezettséget vizsgáló eszközök,
- áztató-mosogató kiöntők,
- gázáramlós számláló készülékek,
- speciális Geiger-Müller csövek áramló folyadékok β-aktivitásának méréséhez[2,3],
- nedvességre, porra, hőmérsékletváltozásra érzéketlen, ionizációs kamrás egyéni dózismérők stb.[24].

A nyilt izotópos munkáknál könnyen előfordulhat, hogy kisebb-nagyobb mennyiségü radioaktiv anyag jut a testbe. Ennek direkt mérésére 1962-63-ban felépitettük hazánk első egésztestszámláló berendezését. A 2 m hosszu és 1 m magas vaskamrába standard fekvőszékben gördül be a vizsgálandó személy. A kamra falvastagsága 20 cm vas, 5 mm ólom, és 1 mm vörösréz. A detektor a KFKI Radiológiai Osztályán kidolgozott eljárás szerint a Gamma Müvekben készitett, 30 cm átmérőjü és 28 cm hosszu plasztik szcintillátor, amely lehetővé teszi a megengedhető maximális izotópmennyiségeknél 1-2 nagyságrenddel kisebb aktivitás mérését is /8. ábra/[25]



8. ábra

A sugárfizikai osztályon készitett egésztest-számláló keresztmetszete

A nyilt izotópos betegek kilégzésével távozó és a kórtermek levegőjét szennyező izotóp fajlagos koncentrációjának gyors meghatározásához 1 perces mintavevést lehetővé tevő készüléket fejlesztettünk ki egyszerü, házi készitésü gézszürővel, amely ugyan csak 50%-os hatásfokkal müködik, viszont lehetővé teszi a levegőszennyeződésnek az egyes munkafázisoknál külön-külön történő mérését, és nem egy hosszabb időre vonatkozó átlagérték meghatározását[26].

IPARI, MEZŐGAZDASÁGI ALKALMAZÁS

Minthogy intézetünk az uj izotópalkalmazási korszaknak a megindulásakor a sok száz különféle rud, lap és pontszerü sugárforráson kivül különböző relativ és abszolut mérőberendezéssel[27,28], számos sugárvédelmi eszközzel és felszereléssel, valamint mintegy 2 évtizedes tapasztalattal rendelkezett a radioaktiv sugárforrások kezelése és mérése terén, az ipari és mezőgazdasági területeken is meginduló uj korszak kezdetén több ujfajta alkalmazás azonnali beindításához hathatós segitséget tudott nyujtani.

Ilyen terület volt például - Mazalán Pál kezdeményezésére - a kőolajbányászat, ahol csőgörénykeresést[31], csőfalvastagság-mérést[29], béléscső cementezésének vizsgálatát végeztük[30]; az aluminiumkohászat, ahol az inotai aluminiumkohóban végeztünk a másokénál lényegesen jobb eljárásunkkal olvadékmérést az elektrolizáló kádakban[32,33].

9. ábra

Az első radioaktiv izotóphulladék temetése a KFKI radiológiai osztályán, 1956-ban

10. ábra

Fővárosi KÖJÁL izotóphulladék-begyüjtő utánfutós kocsija a solymári izotóp-temetőben, 1960-ban

További ilyen terület volt a roncsolásmentes anyagvizsgálat, mutációs vizsgálatok árpa, rizs, kukorica, paradicsom, sárgarépa, stb. növényeknél, illetve magvaiknál, karsztvizkutatás Aggtelek környékén magyar és csehszlovák területen, sugársterilizálási vizsgálatok, különféle, folyamatosan végezhető ipari üzemi mérések, stb.[34].

Nagy élmény szinhelye volt például Bázakerettye, ahol éjjel 2 órakor ébresztettek, hogy a furó 1 óra mulva eléri a kitüzött 2000 méteres mélységet, és következik a béléscső cementezése. Zuhogó esőben, vizben, sárban, sötétben vittük Varga Károllyal és Tilesch Leóval a gondosan megtervezett és elkészitett készülékünkbe zárt ^{131}I-oldatot a furótoronyhoz, és egyszerü csaprendszer-irányitással megkezdődött az oldat beporlasztása az óriási nyomással áramoltatott cementtejbe, illetve ezzel együtt le a 2000 méteres mélységbe, majd a cső körüli hézagokon át ismét vissza a felszin felé. A béléscsőbe folyamatosan leengedett GM-cső a számitásainknak megfelelően szépen regisztrálta a különböző mélységekhez tartozó γ-intenzitás értékeit /Tatár János/[35-37].

MŰSZERFEJLESZTÉS

Végül röviden meg kell még emlékeznünk az izotópalkalmazás beindulásához legszorosabban kapcsolódó sugárzásmérés fejlődéséről. Számos hazai intézményünk, kisebb-nagyobb laboratóriuma kezdett el detektorok, impulzusszámlálók, preciziós és hordozható telepes ratemeterek konstruálásával foglalkozni. Uttörő szerepet játszott a KFKI, elsősorban annak radiológiai osztálya - Ember György, Haiman Ottó, Zsdánszky Kálmán és a RADELKIS szövetkezet /Tari László/, majd az EMG, GOM stb. Ezeknek részletezésére itt nem térhetünk ki, de megemlitjük, hogy voltak természetesen olyan devizabevételes gyáraink, illetve kutatóintézeteink is, amelyeknek nem volt probléma korszerü, külföldi sugárzásmérő müszerek importálása sem.

Az elmult 25 év alatt az izotópalkalmazás hazánkban minden területen nagyot fejlődött. Ennek egyik bizonyitékával szeretném befejezni rövid összefoglalómat.

Egy éve inditottuk be számitógépes országos besugárzástervezési hálózatunkat, ami azt jelenti, hogy hazánknak mind a 7 kobaltágyuja - Budapesten 3, Debrecenben, Pécsett, Miskolcon és Szombathelyen 1-1 - terminálján keresztül összeköttetésben áll a budapesti Államigazgatási Számitástechnikai Szolgálat nagyteljesitményü Honeywell-Bull 60/66-os számitógépével, amely a Van de Geijn holland fizikus barátunk EXTDOS programja alapján kiszámitja a több mezős betegbesugárzásoknál az eredő dóziseloszlási térképet és besugárzási időt, figyelembe véve a beteg testkeresztmetszeti és daganatelhelyezkedési adatait a mező nagyságát, a megadott besugárzási irányokat, az alkalmazott ékszürőket, a testen belüli inhomogenitást /tüdő, csont, stb./, sulyfaktorokat, a rotá-

ciós besugárzások paramétereit, a félárnyékszélességet, a fókusz és bőr közti távolságot, a kobalttöltet lebomlását, stb, azaz mindazt, amit az alállomások a reggeli órákban kézzel kapcsolt telefonvonalakon a számítógéppel közölnek[38].

A számitási eredményeket a számitógép először inzézetünkbe küldi ellenőrzés céljából - sajnos a vidéki telefonvonalakon sok hiba lép be az adattovábbitásba -, majd délután a kijavitott dóziseloszlási térképeket és besugárzási adatokat a számitóközpont ugyancsak fix menetrend szerint kapcsolt külön telefonvonalakon közli a beküldő alállomásokkal, amelyek kinyomtatva kapják meg mind a természetes nagyságu dózistérképet, mind a besugárzási adatokat.

IRODALOM

1. *J.R. Bradeford*, Radioisotopes in Industry, Reinhold, New York, 1953
2. *Bozóky L.*, Mesterséges radioizotópok előállitásáról, M.Kém. F. 38 /1952/ 10
3. *Bozóky L., Toperczer J.*, Radioarany előállitása, M. Radiol. 6 /1954/ 36
4. *Bozóky L., Rodé I.*, Az Országos Onkológiai Intézetben üzembehelyezett kobaltágyu, "Sugárzó izotópok felhasználása" I. Budapest, 1958, 135
5. *Bozóky L.*, A Complete Radiation-Proof Telecobalt Unit, IXth Intern. Congr. Radiol., München, 1959, 135
6. *Bozóky L.*, Ein völlig geschützter Telekobaltapparat, Strahlentherapie 112 /1960/ 629
7. *Bíró T., Bozóky L., Veres A., Vándor F.*, Sugárvédelmi mérések teleterápiás kobalt berendezésnél, M. Radiol. 15 /1963/ 43
8. *Bozóky L.*, GRAVICERT teleterápiás kobalt készülékünk izodózis görbéi, OAB Izotóp Alk. Szakb. Kiadv. 3 /1962/ 10
9. *Bozóky L.*, Intézetünk uj rotációs kobaltágyuja, M. Onkol. 10 /1966/ 189
10. *Bozóky L.*, New Technique for Full Radiation Protection of Personnel in Telecobalt Treatments, Proc. First Intern. Congr. Radiation Protection, Pergamon, Oxford, 1968, Vol. II. 1597
11. *Bozóky L., Lehoczky Gy.*, Ujabb gamma-sugárvédelmi berendezések, M. Radiol. 4 /1952/ 76
12. *Bozóky L.*, Neue Gammastrahlenschutz Vorrichtungen, Berichte, III. Intern. Kongr. für Hygiene und Präventiv Medizin I. Wien, 1962, 22
13. *Bozóky L., Predmerszky T.*, Lifetime Dose of Persons Working in Radiogynecological Department, Intern. Radiation Protection Association Proc., Vol 2., Paris, 1977, 507
14. *Bozóky L., Csőke A.*, Gynekológiai utántöltő /after-loading/ applicator, Budapest, 1973, KFKI és OOI
15. *Bozóky L., Csőke A., Lehoczky Gy., Rodé I.*, Nőgyógyászati besugárzásokhoz kifejlesztett utántöltő berendezés, Izotóptechnika /Budapest/ 17 /1974/ 213

16. *Bozóky L., Fejes P., Lehoczky Gy.*, Gynekológiai célokra szolgáló speciális kobalt applikátor, "Sugárzó izotópok hazai felhasználása" I., 1958, 133
17. *Vándor F., Bozóky L.*, Ujtipusu nőgyógyászati kobalt sugárforrások, M. Onkol. 3 /1959/ 56
18. *Vándor F., Bozóky L.*, New Types of Radiocolbalt Sources in Gynecology, Acta Medica /Budapest/ 14 /1959/ 179
19. *Lehoczky Gy., Cserép Gy., Bozóky L.*, Különleges kobalt applikátorok a méhnyakrák praeoperativ besugárzásához, M. Onkol. 6 /1962/ 129
20. *Rodé I., Bozóky L., Gyenes Gy., Karika Zs., Gyarmathy L.*, Korszerü radiológiai terápia a daganatok gyógyitásában, Orvosképzés 47 /1972/ 266
21. *Bozóky L.*, Extracorporális vérbesugárzásokhoz kifejlesztett radioizotópos készülékek, Orvos és Technika 10 /1972/ 35
22. *Bozóky L., Wald B.*, Univerzális orvosi izotóp készülék, M. Onkol. 4 /1960/ 49
23. *Bozóky L., Almásy A., Haiman O.*, Folyadékaktivitás mérő számlálócsövek, "Sugárzó izotópok hazai felhasználása" II., 1958, 248
24. *Bozóky L.*, Töltőmérő készülék három elektródos zseb-ionizációs kamrához. Szabadalmi végzés: KO 851/855 1955. III. 16.
25. *Bozóky L.*, Az inkorporált radioaktiv anyagok közvetlen mérésével kapcsolatos problémákról, Mérés és Automatika 16 /1968/ 185
26. *Bozóky L.*, Klinikai izotóp osztályok levegőszennyeződésének vizsgálata, M; Radiol. 14 /1962/ 228
27. *Bozóky L.*, National and International Radiation Dose Intercomparisons in Hungary, IAEA, Vienna, 1973, 17.
28. *Bozóky L., Zsdánszky K., Hizó J.*, Primary Standard Dosimetry in Hungary and International Dose Intercomparisons since 1938, Biomedical Dosimetry, Proc. of Symp., Vienna, 1975, 405
29. *Bozóky L., Mazalán P.*, Csőfalvastagság mérése, "Sugárzó izotópok hazai felhasználása" I., 1958, 196
30. *Bozóky L., Varga K., Tilesch L.*, Radioaktiv izotópok alkalmazása a kőolajbányászatban, Bány. L. 11 /1956/ 104
31. *Bozóky L., Kakas J., Tilesch L., Varga K.*, Csőgörény keresés, "Sugárzó izotópok hazai felhasználása" I., 1958, 202
32. *Bozóky L., Vödrös D.*, Determination of Current Efficiency in Aluminium Furnaces, United Nations Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, 1958, Vol. 19, 237
33. *Bozóky L., Vödrös D.*, Radioactive Isotopes for Measuring the Quantity of Aluminium Smelts, Acta Technica /Budapest/ 28 /1960/ 133
34. *Bozóky L., Vödrös D.*, Földalatti vizmozgások tanulmányozása radioizotópokkal, Energia és Atomtechnika 13 /1960/ 135

35. *Bozóky L., Tilesch L., Varga K.*, Mélyfurások béléscső cementezésének vizsgálata, "Sugárzó izotópok hazai felhasználása" 1958, 188
36. *Bozóky L.*, Neutron lyukszelvényezéssel kapcsolatos vizsgálatok, Bány. L. 10 /1955/ 319
37. *Bozóky L., Vödrös D.*, Aluminium kohókban termelt fém mennyiségének mérése, KFKI Közl. 6 /1958/ 285
38. *Bozóky L., Eckhardt S.*, Országos Számitógépes besugárzástervezési hálózat, Számitástechnika 10 /1979/ 10

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 250-259

RADIOAKTÍV IZOTÓPOK ANÓDOS ELEKTROLÍZISE

Mádi István
Kossuth Lajos Tudományegyetem Izotóplaboratóriuma, Debrecen

Осаждение радиоактивных изотопов на аноде /Лаборатория радиоактивных изотопов Университета им. Лайоша Кошута, Дебрецен/
Мади, И.

Anodic Deposition of Radioactive Isotopes /Isotope Laboratory of the Lajos Kossuth University, Debrecen/
Mádi, I.

Radioizotópok elektrolitikus leválásának vizsgálata két okból érdemel figyelmet. Egyrészt a szélsőségesen hig oldatok elektrolizisére jellemző sajátos törvényszerüségekre vonhatünk le következtetéseket, másrészt preparativ radiokémiai feladatokat lehet megoldani elektrolitikus leválasztással. E módszerrel radioizotópok koncentrálását, elválasztását, megfelelő alaku sugárforrások készitését lehet megvalósitani. Indifferens elektródok alkalmazásával nagy kémiai és radiokémiai tisztaságot lehet az elválasztásoknál biztositani. Erre vezethető vissza, hogy már a preparativ radiokémiai kutatások kezdeti szakaszában felhasználták az elektrolitikus leválasztás módszerét a természetes radioaktiv bomlássorok nemesebb tagjainak elkülönitésére[1-5]. Mesterséges radioizotópok elválasztására először Haissinsky[6] alkalmazta ezt az eljárást.

A hazai radioelektrokémiai kutatásokat Imre Lajos kezdeményezte. A természetes radioizotópok közül a ^{212}Pb, ^{212}Bi, a mesterséges radioizotópok hazai felhasználásának kezdeti szakaszában pedig a ^{110}Ag, ^{140}La, ^{64}Cu katódos

leválását vizsgálta[7,8]. Javaslata alapján kezdődtek meg az 1950-es évek második felében a mesterséges radioizotópok anódos leválásával kapcsolatos kutatások.

Tapasztalataink szerint a radioizotóppokat anódos leválás szempontjából két csoportba lehet sorolni[9-21]:

I. a ^{144}Ce, ^{143}Pr, ^{54}Mn, ^{60}Co, ^{204}Tl, ^{242}Cm anódos leválása elektronátadással megy végbe, és az anódtérben lejátszódó folyamatot a következő általános egyenlettel lehet jellemezni:

$$M^{n+} + xH_2O \rightleftharpoons MO_x + 2xH^+ + /2x - n/e^- . \qquad /1/$$

II. A ^{140}La, ^{147}Pm, ^{166}Ho, $^{169,175}Yb$, ^{147}Nd, ^{90}Y anódos leválásánál elektronátadás nem következik be, adszorpciójukat az anódosan polarizált platinafelületen keletkező kemiszorpciós oxidréteg kialakulása elősegiti[14, 15].

A két csoportba sorolt radioizotópok anódos leválásának vizsgálatánál a jellemző kinetikai és termodinamikai paraméterek meghatározásán tulmenően az is célunk volt, hogy eredményeinket preparativ radiokémiai feladatok megoldására is felhasználjuk[9-11, 17]. Radioaktiv etalonok, sugárforrások készitésénél nagy tisztaságu preparátumokra van szükség, és a radioizotópok tisztitása, elválasztása és koncentrálása indifferens elektródon végzett leválasztással számos esetben jól megoldható.

A RADIOIZOTÓPOK ANÓDOS LEVÁLÁSÁRA JELLEMZŐ KRITIKUS LEVÁLÁSI POTENCIÁL MEGHATÁROZÁSA

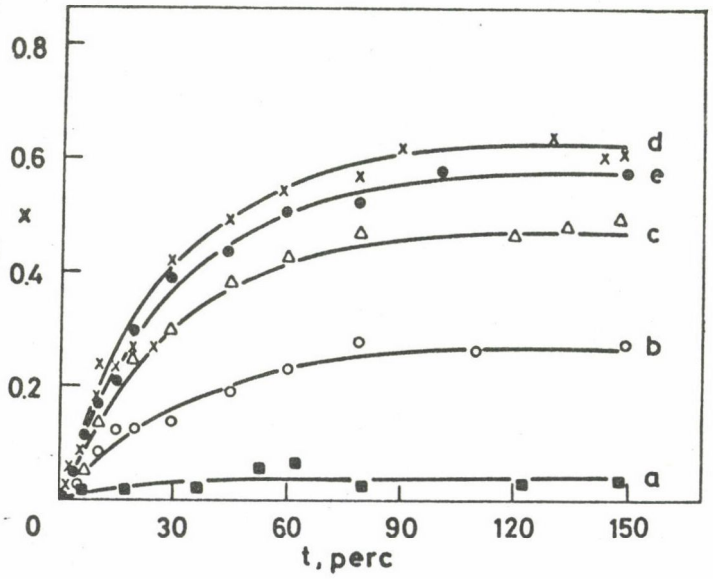
A kritikus leválási potenciál meghatározása preparativ radiokémiai szempontból azért fontos, mert ismeretében itélhetjük meg az elektrolitikus lecsapással történő elválasztás lehetőségét. A kritikus leválási potenciálokat az un. "másodfaju polarizációs görbék" analizise alapján határoztuk meg, egyrészt az anódos leválás kinetikájára jellemző sebességi állandók, másrészt az egyensulyi állapotban levált radioaktiv anyagmennyiségek potenciálfüggése alapján. A részletes vizsgálatok azt igazolták[9-21], hogy minden potenciálnál egyensulyi állapot alakul ki a platinaanódon levált, illetve oldatban maradt radioaktiv anyag mennyisége között. Példaképpen az 1. ábrán a ^{143}Pr anódos leválására kapott adatokat mutatjuk be. Az ábrán az anódon levált relativ mennyiséget tüntettük fel az idő függvényében. Adott potenciálnál az egyensulyi állapot leválás és visszaoldódás eredményeként alakul ki. Az elektrokémiai részfolyamatok additivitására vonatkozó Wagner-féle elv[22] alapján az anódos leválás kinetikáját a következő egyenlettel irhatjuk le:

$$x_\infty \ln(1 - \frac{x}{x_\infty}) = kt, \qquad /2/$$

ahol x a tetszés szerinti t idő alatt, x_∞ pedig az egyensulyi állapotban levált radioizotóp mennyisége, k az adott potenciálon végbemenő leválásra jellemző sebességi állandó. A leválási részfolyamat aktiválási energiáját mind az anódpotenciál, mind az adszorpciós hő csökkenti, a visszaoldódás aktiválási energiáját pedig növeli. Az anódpotenciál hatását az Erdey-Gruz - Volmer-féle[23,24], az adszorpciós hő hatását pedig a Frumkin-féle[25] elmélet alapján vehetjük figyelembe, és a k sebességi állandó értéke igy adható meg[15]:

$$k = k_1 e^{-\frac{{}_oE_+ - \alpha\nu F\varepsilon - \alpha Q}{RT}}, \qquad /3/$$

ahol k_1 potenciáltól független tényező, ${}_oE_+$ az /1/ egyenlettel jellemezhető folyamat aktiválási energiája, ha elektromos térerő nincs jelen, ε az anódpotenciál, ν a vegyértékváltozás, α a leválásra jellemző valószinüségi faktor, F a Faraday-féle szám, Q az adszorpciós hő.



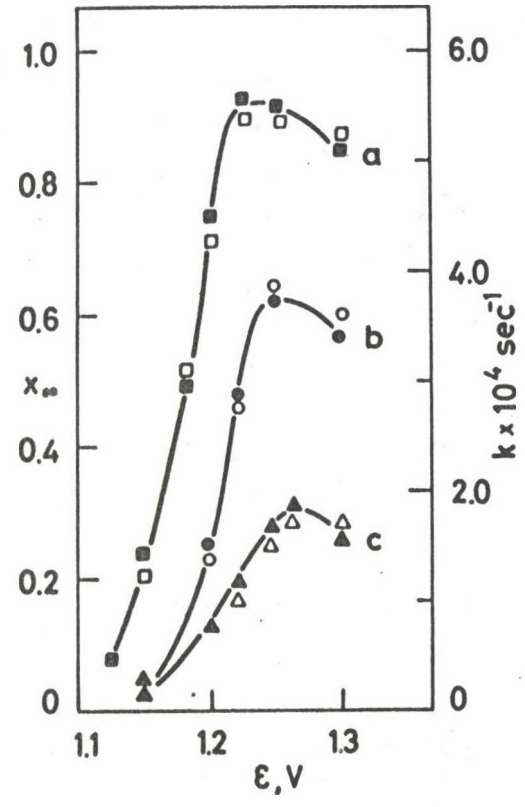
1. ábra

A ^{143}Pr anódos leválása

A platinaanód felületének 3,14 cm^2, a platinakatódé 0,03 cm^2. Az oldat térfogata 20 ml. $c_{Pr^{3+}} = 1{,}2 \cdot 10^{-8}$N. Salétromsav-koncentráció: 10^{-4} M. Hőmérséklet: 20 °C. Anódpotenciál: a/ 1,150 V; b/ 1,200 V; c/ 1,220 V; d/ 1,250 V; e/ 1,300 V.

A sebességi állandók értékét - a /2/ egyenlet alapján - grafikus analizissel határozhatjuk meg, és a potenciál függvényében ábrázolva a másodfaju polarizációs görbét kapjuk. A viszonylag egyenes szakasz abszcisszatengelyig történő meghosszabbitása alapján kapjuk az illető radioizotóp anódos leválására jellemző kritikus leválási potenciált. A 2. ábra adataiból látható, hogy a sebességi állandó /k/ és az egyensulyi állapotban levált mennyiség /x_∞/ potenciálfüggése alapján meghatározott kritikus leválási potenciál jól megegyezik.

Valamennyi vizsgált radioaktiv anyag anódos leválására jellemző másodfaju polarizációs görbe lefutása hasonló egymáshoz, és általánosan érvényes, hogy a I. csoportba sorolt radioizotópok azonos körülmények között lényegesen nagyobb mértékben válnak le a platinaanódon.

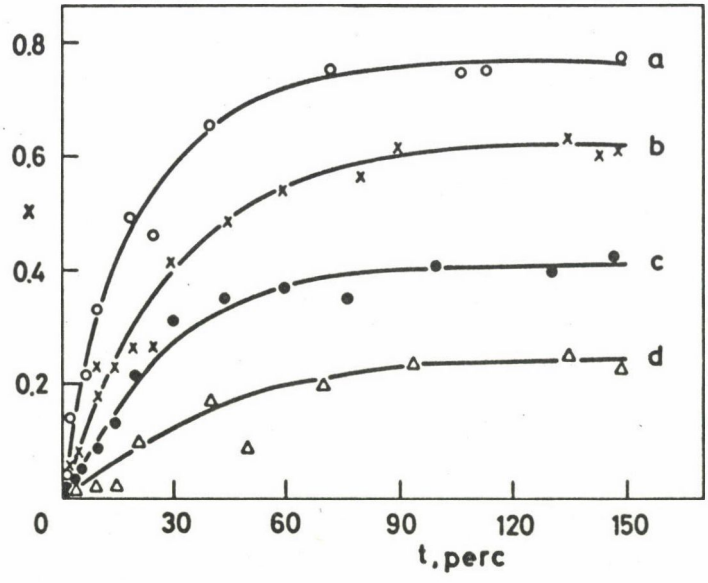


2. ábra

A sebességi állandó /k/ és az egyensúlyi állapotban levált mennyiség /x_∞/ változása a potenciállal. /□○△/ k ; /■●▲/ x_∞ a/^{144}Ce; b/^{143}Pr; c/^{147}Nd.

A HIDROGÉNION-KONCENTRÁCIÓ HATÁSA A RADIOIZOTÓPOK ANÓDOS LEVÁLÁSÁRA

Preparativ magkémiai müveletek során gyakran találkozunk olyan feladattal, hogy ugyanazon radioaktiv izotópot különböző koncentrációju savoldatból kell elektrolitikusan leválasztani. Ezért fontos ismernünk, hogy a radioizotópok anódos leválása miképpen változik az oldat hidrogénion-koncentrációjával. Az eredmények azt igazolják[9-11,17], hogy az adott potenciálon levált mennyiség csökken az elektrolizálandó oldat hidrogénion-koncentrációjának növelésével. A 3. ábrán példaképpen a ^{143}Pr leválására jellemző adatokat mutatjuk be.



3. ábra

A ^{143}Pr anódos leválása

Anódpotenciál: 1,250 V. Salétromsav-koncentráció: a/ 10^{-5} M, 0,003 mA; b/ 10^{-4} M, 0,01 mA; c/ 10^{-3} M, 0,20 mA; d/ $5 \cdot 10^{-3}$ M, 0,32 mA.

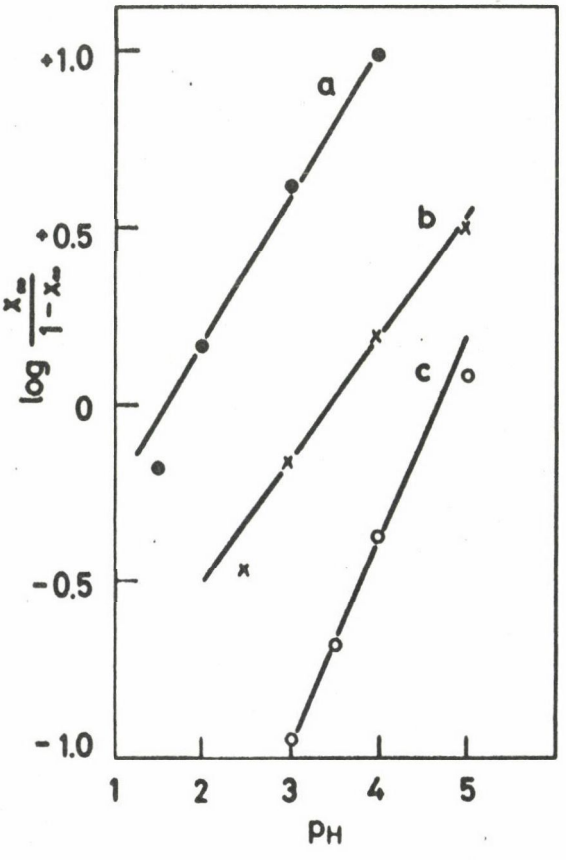
Az /1/ sztöchiometriai egyenletet figyelembe véve, pl. a ^{143}Pr leválására jellemző egyensulyi potenciál, hidrogénion-koncentráció és az egyensulyi megoszlási koefficiens közötti összefüggést a következőképpen adhatjuk meg[16]:

$$\varepsilon = \varepsilon_{50\%} + \frac{RT}{\nu F} \ln [H^+]^4 + \frac{RT}{\nu F} \ln \frac{x_\infty}{1-x_\infty} , \qquad /4/$$

illetve

$$\log \frac{x_\infty}{1-x_\infty} = A - B\log[H^+] , \qquad /4a/$$

A 4. ábra adatai szerint a /4a/ összefüggés kvalitativ értelemben összhangban van a kisérleti eredményekkel.



4. ábra

Az egyensulyi megoszlási koefficiens és a pH közötti összefüggés
a/ ^{144}Ce; b/ ^{143}Pr; c/ ^{147}Nd.

A 3. ábrán példaképpen bemutatott adatok azt is igazolják, hogy a radioizotópok elektrolitikus leválását nem lehet az áramsürüség potenciálfüggésével jellemezni. Mivel a radioaktiv izotópok elektrolizisét - a radiokolloidok képződésének elkerülése végett - hig savoldatban kell végezni, és a nagy fölöslegben jelenlévő idegen elektrolit ionjai /H^+, OH^-/ részt vesznek az elektródfolyamatban, ezért az elektrolizisnél mért áramsürüség nem a radioaktiv ionoknak, hanem az idegen elektrolit ionjainak leválására jellemző. Előfordulhat, hogy az elektrolizisnél tetemes áramsürüséget mérünk, miközben a radioaktiv anyag gyakorlatilag nem válik le az elektródon.

A RADIOIZOTÓPOK ANÓDOS LEVÁLÁSÁRA JELLEMZŐ AKTIV CENTRUMOK SZÁMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

Az elektród anyaga, felületének szerkezeti sajátsága jelentős hatással van a radioaktiv anyagok elektrolitikus leválására[26]. Az elektródfelület kémiai, fizikai és mechanikai eredetü heterogenitásától nagymértékben függ a leválás kinetikája, a kritikus leválási potenciál és az egyensulyi megoszlási

koefficiens értéke. Az anódfelület szerkezetének hatását izotermaméréssel vizsgáltuk[12]. Izotermamérésnél az egyensulyi megoszlási koefficiens koncentrációval való változását vizsgáljuk. Ez a mérés azért is fontos, mert preparativ magkémiai müveleteknél gyakran nem hordozómentes radioizotóp elektrolitikus leválását kell megoldanunk. Ilyen esetekben ismernünk kell, hogy a radioaktiv anyag anódos leválása hogyan változik a nem radioaktiv izotóphordozó koncentrációjának növelésével.

A kisérleti eredmények szerint adott potenciálon a levált relativ mennyiség csökken a hordozó mennyiségének növelésével /5. ábra/, és az egyensulyi megoszlási koefficiens koncentrációval való változását a Langmuir-féle izotermával lehet jellemezni:

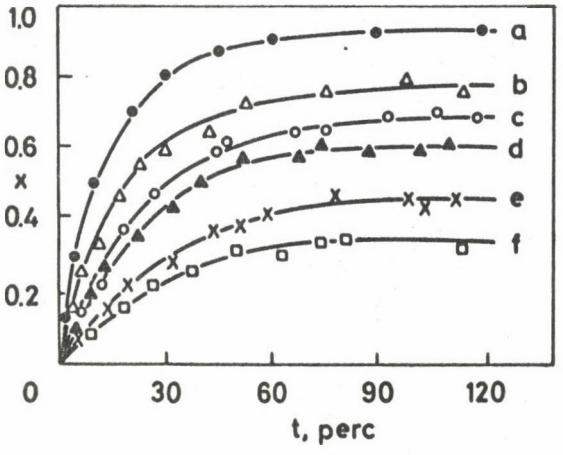
$$\frac{1}{V}\left[\frac{1 - x_\infty}{x_\infty}\right] = \frac{1}{z}\,c + \frac{1}{z}\,C\,, \qquad /5/$$

ahol x_∞ az egyensulyi állapotban levált relativ mennyiség, V az oldat térfogata, z az elektródfelület aktiv centrumainak száma, c az egyensulyi koncentráció, C pedig az anódon levált radioaktiv anyag oldékonysága: az az egyensulyi koncentráció, melynél az aktiv centrumok fele befedett.

A különböző koncentrációju, ^{144}Ce izotóppal nyomjelzett Ce^{3+} ionoldatok elektrolizisére vonatkozó adatokat az 5. ábrán mutatjuk be. Az adatok alapján szerkesztett izoterma a 6.d ábrán látható. Az elektródfelület szerkezeti sajátságaira jellemző aktiv centrumszám az izoterma iránytangense alapján értékelhető. Az aktiv centrumok száma függ az elektrolizálandó oldat savkoncentrációjától /6. ábra/. Az aktiv centrumok számának a hidrogénion-koncentrációval való változása a /4/ és /5/ egyenlet felhasználásával igy adható meg[12, 16]:

$$\log z = A' - B' \log \left[H^+\right]\,. \qquad /6/$$

A kisérleti eredmények kvalitativ értelemben igazolják a /6/ egyenlet érvényességét[12,16]. Olyan esetekben, amikor az anódon levált oxidtermékek között gócképződést eredményező kölcsönhatás lép fel, az anódon levált és oldatban maradt mennyiség közötti összefüggést a Feundlich-izotermával lehet jellemezni[16]:

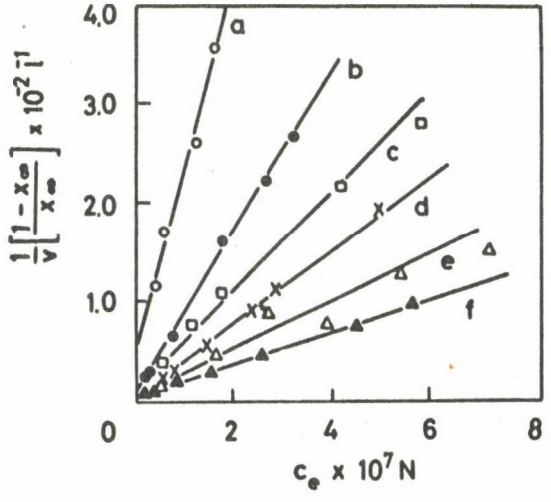


5. ábra

A cérium anódos leválása különböző koncentrációju $Ce/NO_3/_3$ oldatból. A leválási folyamatot ^{144}Ce-gyel nyomjeleztük. Cérium-koncentráció az elektrolizis előtt $/c_o/$:
a/ $0{,}11.10^{-7}$ N; b/ $0{,}40.10^{-7}$ N; c/ $0{,}55.10^{-7}$ N; d/ $0{,}71.10^{-7}$ N; e/ $1{,}36.10^{-7}$ N; f/ $1{,}84.10^{-7}$ N.

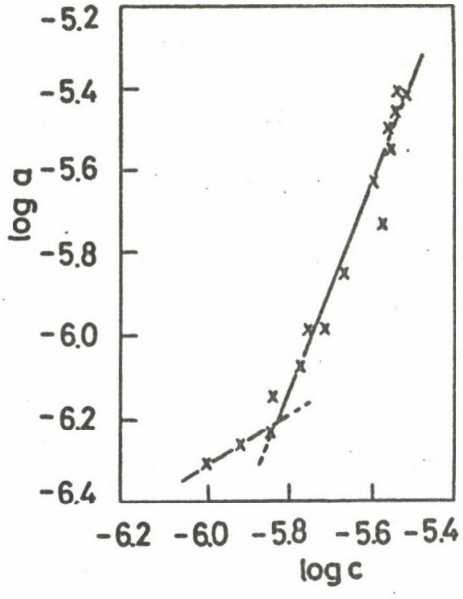
$$a = \kappa c^{1/n} , \qquad /7/$$

ahol a az anódon levált mennyiség, c az egyensulyi koncentráció, κ és 1/n pedig állandók. Ezzel az egyenlettel jellemezhetjük pl. a Mn^{++} ionok anódos leválását[16]. A 7. ábrán példaképpen bemutatott adatokból látható, hogy a nagyobb koncentrációk tartományára jellemző izotermaszakaszon az 1/n értéke nagyobb az egységnél /1/n = 2,3/, ami a levált részecskék halmozódásával, mangándioxidgócok keletkezésével magyarázható. Hasonló jelenséget figyelt meg Haissinsky[26] a bizmut katódos leválásának koncentrációval való változásánál.



6. ábra

A Ce^{3+} anódos leválására jellemző izotermák. Az elektrolizálandó oldat pH-ja: a/ 1,04; b/ 2,10; c/ 2,30; d/ 3,05 /az 5. ábra adatai alapján/; e/ 3,30; f/ 4,02.



7. ábra

A Mn^{2+} anódos leválására jellemző izoterma. Anódpotenciál: 1,30 V. Salétromsav-koncentráció: 10^{-3} M. Az oldat térfogata: 20 ml. Hőmérséklet: 20 °C.

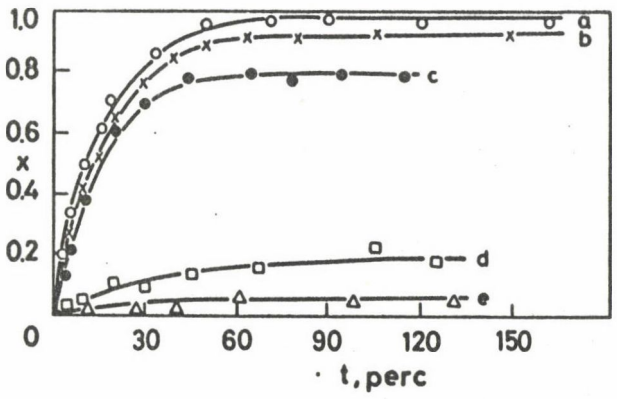
AZ ANÓDOS LEVÁLASZTÁS PREPARATÍV RADIOKÉMIAI ALKALMAZÁSA

RADIOIZOTÓPOK ELKÜLÖNITÉSE FRAKCIONÁLT ANÓDOS ELEKTROLIZISSEL

A radioaktiv anyagok anódos leválásával kapcsolatos kinetikus és sztatikus vizsgálatok eredménye alapján számos preparativ radiokémiai feladatot meg lehet oldani. A módszer viszonylag egyszerü kisérleti technikát igényel, nagyobb aktivitásoknál a sugárvédelem biztositása viszonylag egyszerü, és indifferens elektródok alkalmazásával megfelelő kémiai és radiokémiai tisztaságot lehet az elválasztásnál biztositani. A radioizotópok további felhasználása

szempontjából lényeges, hogy a platinaanódról leoldva ionállapotukat ismerjük; radiokolloidok képződésével nem kell számolni, ha az oldásnál alkalmazott sav koncentrációja megfelelő. Az elválasztásnál gyakran elegendő, ha csak kapocsfeszültség-variánst alkalmazunk, mert pl. az elektrolizálandó oldat savkoncentrációjának változtatásával is elérhetjük, hogy az egyik ion nagymértékben, a másik pedig gyakorlatilag ne váljék le a platinaanódon.

Az anódos elektrolizissel végzett izotópelválasztás különösen egyszerű abban az esetben, ha az I. csoportba sorolt - anódon nagymértékben leváló - izotópokat kell a II. csoportba soroltaktól elkülöniteni. E helyen példaként a ^{144}Ce és ^{140}La anódos leválására vonatkozó eredményeket ismertetjük. A 8. ábra adataiból látható, hogy azonos körülmények között a ^{144}Ce lényegesen nagyobb mértékben válik le, mint a ^{140}La. Ha pl. az elektrolizálandó 0,01 M-os salétromsavoldatban a ^{144}Ce és ^{140}La együtt van jelen, akkor a ^{144}Ce-et néhány elektrolizisfokozatban elkülönithetjük a ^{140}La-tól, anódos leválasztással. Hasonló elválasztást számos esetben megvalósitottunk a bevezetőben felsorolt radioizotópok alkalmazásával, és a preparátumok tisztaságát sugáranalitikai méréssel ellenőriztük[9, 14].



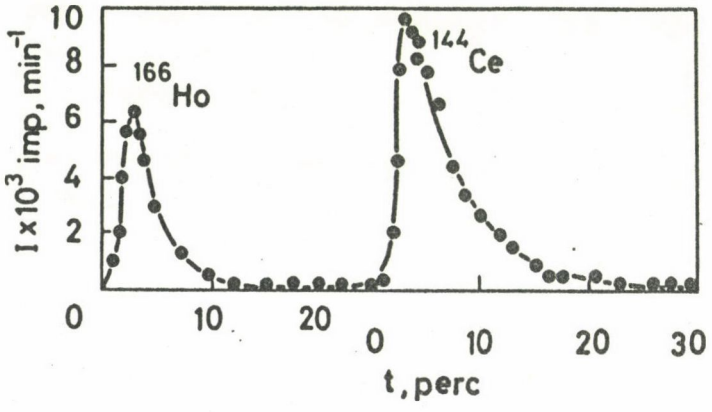
8. ábra

A ^{144}Ce /a, b, c,/ és a ^{140}La /d, e/ anódos leválása. Kapocsfeszültség: 3 V. Salétromsavkoncentráció: a, d 10^{-4} M; b, e 10^{-3} M; c, 10^{-2} M.

RADIOIZOTÓPOK ELKÜLÖNITÉSE ELEKTROKROMATOGRÁFIÁVAL

A frakcionált elektrolizis módszerével történő radioaktiv anyagelválasztás mellett - az előző fejezetekben összefoglalt kisérleti eredmények másik gyakorlati alkalmazásaként - elektrolizissel egybekötött oszlopkromatográfiás eljárást dolgoztunk ki[12, 17]. Az eljárás lényege, hogy elektrolizáló áramkörbe anódként 5 cm hosszuságu, 0,3 cm átmérőjü, alul csappal ellátott üvegedénybe helyezett platinaporoszlopot, vele szembe pedig platinatükatódot iktattunk. A 3 V kapocsfeszültséggel anódosan polarizált platinaporoszlopon átfolyattuk a ^{144}Ce-et/^{144}Pr-ot/ és ^{166}Ho-ot tartalmazó 10^{-3} M salétromsavoldatot. A ^{144}Ce elektrolitikusan - $^{144}CeO_2$ formájában - leválik, a ^{166}Ho pedig adszorbeálódik a platinaporoszlop felső rétegében. Ezután a ^{166}Ho-ot 0,1 M salétromsavval, a

^{144}Ce-et pedig 1 M salétromsavval eluáltuk. Az elució sebessége 0,5 ml/min /9. ábra/. Az eluátumból vett minták radioaktivitását mindig a kisérletek befejezése után 180 perccel mértük, hogy a ^{144}Ce stacionárius állapotba jusson ^{144}Pr leányelemével, a ^{166}Ho-frakcióba került ^{144}Pr pedig elbomoljék. Ilyen elválasztást számos esetben végeztünk a bevezetőben ismertetett izotópok alkalmazásával, és a sugáranalitikai mérések azt igazolták, hogy a radiokémiai tisztaság megfelelő.



9. ábra

A ^{166}Ho elkülönitése a ^{144}Ce-től. Elucióssebesség: 0,5 ml/min

IRODALOM

1. *G. Hevesy, F. Paneth,* Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien 122 /1913/ 1037, 1049
2. *G. Hevesy, F. Paneth,* Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien 123 /1914/ 1619
3. *G. Hevesy, F. Paneth,* Monatshefte 36 /1915/ 75
4. *K. Herzfeld* Phys. Z. 14 /1913/ 29
5. *O. Erbacher, K. Philipp,* Z. Phys. 51 /1928/ 311
6. *M. Haissinsky,* Electrochimie des substances radioactives, Hermann, Paris, 1946
7. *Imre L., Fejes G.,* Acta Univ. Debr. 3 /1955/ 176; 7 /1961/ 71
8. *Imre L.,* KFKI Közl. 7 /1959/ 3
9. *Mádi I.,* Acta Univ. Debr. 7 /1961/ 85, 105; Acta Phys. Chim. Debr. 9 /1963/ 53; 10 /1965/ 51
10. *Mádi I.,* M. Kém. F. 68 /1962/ 129; 69 /1963/ 150; 70 /1964/ 505; 71 /1965/ 62; 73 /1967/ 274; 73 /1967/ 283
11. *Mádi I.,* Naturwiss. 48 /1961/ 155
12. *Mádi I.,* J. Inorg. Nucl. Chem. 22 /1961/ 169; 24 /1962/ 1501; 26 /1964/ 2135, 2149; 28 /1966/ 335
13. И. Мади, Электрохимия 2 /1966/ 1144
14. *Mádi I.,* Inorg. Nucl. Chem. Lett. 13 /1977/ 241; 15 /1979/ 121
15. *Mádi I.,* Radiochem. Radioanal. Letters 20 /1975/ 207; 31 /1977/ 311
16. *Mádi I.,* Int. J. Appl. Radiat. Isotopes 28 /1977/ 755; 29 /1978/ 598
17. *Mádi I.,* Isotopenpraxis 14 /1978/ 356

18. *Mádi I., Bolyós A.*, Acta Chim. /Budapest/ 58 /1968/ 109; M. Kém. F. 74 /1968/ 7
19. *Mádi I.*, 29th Meeting Intern. Soc. Electrochem. Part II., 1978, 992
20. *Mádi I.*, 30th Meeting Intern. Soc. Electrochem., 1979, 301
21. *H.A.C. McKay*, Principles of Radiochemistry, Butterworths, London, 1971, 371
22. *C. Wagner, W. Traud*, Z. Electrochem. 44 /1938/ 391
23. *Erdey-Grúz T., Volmer M.*, Z. Phys. Chem. 150 /1930/ 203
24. *Erdey-Grúz T., Volmer M.*, Z. Phys. Chem. 157 /1931/ 165
25. *A.M. Frumkin*, Z. Elektrochem. 59 /1955/ 807
26. *M. Haissinsky*, A magkémia és alkalmazásai, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1963, 597

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 260-270

A PAJZSMIRIGY RADIOJÓD-TÁROLÁSI GÖRBÉJÉNEK HELYE A DIAGNOSZTIKÁBAN
/SAJÁT BETEGANYAGON VÉGZETT VIZSGÁLATOK/

Policzer Miklós

Значение кривой накопления радиойода в щитовидном железе для диагностики
/Собственные достижения/
Полицер, М.

The Importance of Radioiodine Accumulation Curve of the Thyroid in Diagnostics
/Own Results/
Policzer, M.

A pajzsmirigykutatásban és a klinikumban, a diagnosztikában és a terápiában a radioaktiv izotópok bevezetése uj korszakot nyitott meg, a haladásban nagy perspektivát jelentett. Már közel két évtizede, szinte világszerte elterjedten alkalmazták, amikor 1955-ben hazánkban mi is olyan helyzetbe kerültünk, hogy hozzákezdhettünk a nyitott radioaktiv izotópokkal folytatandó munka feltételeinek a megteremtéséhez. A kellő felkészülés után, az előirt engedélyek birtokában, az első ^{131}I-izotópszállitmányt 1956 februárban tudtuk fogadni, betegen történő alkalmazásra. Az első vizsgálat, az első izotópmetodika, melyet beállitottunk, a pajzsmirigy radiojód-tárolási görbéjének /továbbiakban tg/ meghatározása volt.

Számunkra, izotópfelhasználók számára, ez volt a nevezetes, máig is emlékezetes kezdet. Ez idő óta folyamatosan, egyre nagyobb számu betegen alkalmaztunk izotópmódszereket, illetve egyre több uj metodikát vezettünk be a diagnosztikába. Terápiás célra első izben 1958-ban adtunk ^{131}I-ot hiperthyreosisban szenvedő nőbetegünknek.

* * *

Visszaemlékezni a hazai izotópalkalmazás kezdeti időszakára - ma, 25 év távlatából is - csak meghatottsággal vegyes jó érzéssel lehet. Talán az idő mulása is szépiti a multat, de bizonyos, hogy nekünk, izotópfelhasználóknak emlékezetében ez az idő, mint kellemes élményekben bővelkedő eseménysorozat maradt meg, melyet mindenkor örömmel elevenitünk fel. Nyilván szerepet játszik ebben az is, hogy akkor nagy várakozással tekintettünk a sajátos, nekünk sok tekintetben idegen, csak az irodalomból ismert radioaktiv izotópalkalmazás elé, és türelmetlenül, izgalommal vártuk, hogy magunk is közvetlenül találkozzunk az izotópokkal, megismerjük az elegáns izotópmetódikát, a rejtélyesnek tünő nukleáris müszereket, és hogy gyakorlatban is alkalmazni tudjuk a nyomjelző módszereket, az egészen uj diagnosztikus lehetőségeket nyujtó vizsgálatokat.

Ezen tul azonban e kezdeti időszakot mind a munka menete, mind az eredmények tekintetében is szinte kivételes, egyedülálló, valóban emlékezetes viszonyok jellemezték. Az előkészületek, a felkészülés a nyitott radioaktiv izotópokkal folytatandó laboratóriumi, diagnosztikai és terápiás munkára, a megindulás, a nukleáris müszerek beállitása és az üzemeltetés, de még a munka folyamatosságának a biztositása is sokirányu teendőt, sok aktivitást, energiát, szivós küzdelmet igényelt. E feladatok végzése kapcsán, részben előirásos kötelezettség folytán, részben saját kezdeményezésünkre is, segitségkérés céljából, számos szervvel, intézménnyel, hatósággal, illetve ezek képviselőivel, funkcionáriusaival voltunk folyamatosan kapcsolatban. És éppen e kapcsolatokra vonatkoznak legkellemesebb emlékeink, legmaradandóbb élményeink. Ebből következik, hogy a mi kapcsolatunk az illetékes szervekkel nem olyan volt, mely valamely uj létesitményt müködtetni kivánó intézet és rendelkezéseket, parancsolatokat kiadó és azok végrehajtását megkövetelő rideg, legjobb esetben közömbös, főleg papirt és paragrafusokat látó ellenőrző vagy felügyelő szervek között szokott lenni. Ellenkezőleg! A mi szerveink, illetve képviselőik, bár előirták a szükséges teendőket, ellenőrizték is a végrehajtást, de ezen tul munkánk minden fázisában, minden gondunk, problémánk megoldásában nemcsak támogattak, segitettek bennünket, de a mód, ahogyan azt csinálták, ahogy "hivatalos" müködésüket végezték, az annyira szokatlanul szivélyes, segitőkész, őszintén együttmüködő volt, hogy ehhez foghatót, ehhez hasonlithatót - különösen ilyen viszonylatban - sokféle korábbi, más kapcsolataink során alig tapasztalhattunk valaha is. Ilyen módon ideális értelemben vett együttmüködés valósult meg: mindenkor közösen, együtt, egymást segitve néztünk szembe a nehézségekkel, mi, a leendő izotópfelhasználók és az illetékes szervek képviselői is, akiknek közremüködése, szakmai és emberi segitsége nélkül - bizonyosan - már az első lépéseknél elakadtunk volna.

Tisztelettel, szeretettel, nagyrabecsüléssel és hálával emliteném meg elsősorban Bonta Jánost, prof. Bozóky Lászlót, Gács Ferencet, prof. Kovács Istvánt, Predmerszky Tibort, Veres Árpádot, és akik már nincsenek az élők

sorában: Nagy Jánost, Vándor Ferencet, Várterész Vilmost, akiknek személye és müködése - ma, 25 év távlatából is - igen élénken jelenik meg emlékezetünkben, akiknek neve összeforrt a magyar izotópaera, izotópalkalmazás megteremtésével.

Hálával és köszönettel emlékezem meg ez alkalommal is Ádám Lászlóról, Tari Istvánról és Vasvári Gáborról is, kik önzetlenül, nem is ex offo nyujtottak munkánkban rendszeresen igen értékes segitséget.

* * *

E jubileum idején talán időszerünek és az alkalomhoz illőnek tünik e cimben megjelölt kérdéssel foglalkozni, mely szoros vonatkozásban áll a hazai izotópalkalmazás kezdeti időszakának viszonyaival, de egy szük kis területen a 25 év alatt elért fejlődéssel is. Két beteganyagunk feldolgozásának egymás mellé állitása látszik alkalmasnak e célra. Az egyik tanulmány az izotópaera kezdeti idejéből származik, a másik a mai időkből. Az általunk alkalmazott első izotópmetodika kapcsán saját tapasztalatokra támaszkodva kivánunk emlékeztetni a két időszakra.

I. BETEGANYAG

A Kutvölgyi uti Állami Kórház /most Központi Állami Kórház/ belosztályáról, annak izotóprészlegéről származik, ahol 1956 februárjában kezdte meg az izotóplaboratórium müködését. Az első metodika, melyet beállitottunk, a tg. volt. Az első beszámolónk saját tapasztalatainkról 400 beteg vizsgálatára támaszkodva 1957 szeptemberben jelent meg[1]. Akkori problémáinknak, gondjainknak megfelelően elsősorban metodikai kérdésekkel foglalkoztunk. /A közleményben a "Köszönetnyilvánitás" igy szólt: "Köszönetet mondunk Bozóky László prof., Veres Árpád atomfizikus, és Ádám László főmérnöknek, kik egyrészt a metodika beállitásában, másrészt vizsgálataink folyamán nagy segitséget nyujtottak"./

Az első gépi felszerelésünk, nukleáris müszereink, mellyel a munkát megkezdtük, hengeres GM-cső /Irodagépipari V./ ólomköpennyel, melyen téglalap alaku kivágás volt, Scaler 32 /Radelkis/, majd később Orion EMG 64 Utility Scaler volt. A betegek 40 µCi ^{131}I izotópot kaptak per os. Az izotópot ampullázva, a kivánt dátumokra számitottan, kimérve az Izotóp Intézettől kaptuk. A mérési időpont a pajzsmirigy és a comb felett 1,2,6,24 és 48 óra volt.

/A folyadék mérésére /vizeletaktivitás meghatározására/ KFKI rendszerü, Gamma gyártmányu ólomtoronyban, folyadékköpenyes GM cső és Orion EMG 64 Utility Scaler szolgált. E berendezés nem volt alkalmas, nem volt elég érzékeny véraktivitás mérésére./

Az OAB Izotópalkalmazási Szakbizottsága felszólitására számoltunk be izotóprészlegünk 1957 végéig végzett munkájáról. E közleményeink ugyancsak a fent már emlitett beteganyagra támaszkodnak, kiegészitve azt az 1957 végéig gyült anyaggal[2]. Ekkor már diagnosztikai tapasztalatainkat, első eredményeinket ismertettük. Beszámolóink közül most csak egyre utalnék, mely a tg. diagnosztikus értékével foglalkozik[3]. 500 tg. anyagát dolgoztuk fel. Ebből a korábbi, izotóp előtti diagnosztikai módszerekkel /fizikális vizsgálat, szokásos általános laboratóriumi vizsgálatok és PBJ, aacs, se-cholesterin, de figyelembe vettük az akkor már végzett vizeletaktivitás eredményét is/ megnyugtatóan osztályozható és vizsgálati adatok szempontjából teljes volt 303 eset: 28 hyperthyreosis, 127 vegetativ dystónia és 148 euthyreosis, normális eset.

Kezdeti eredményeink ismertetése volt célunk, az anyag viszonylag kicsi volt, igy legfeljebb arra vállalkozhattunk hogy összehasonlitsuk eredményeinket a külföldi irodalmi közlésekkel, és ezen keresztül vizsgáljuk beállitott metódikánk megbizhatóságát, használhatóságát. Ezek előrebocsájtása mellett röviden összefoglalva megállapithatjuk, hogy:

1. a beállitott és alkalmazott metodikával jól értékelhető - az irodalom adatainak megfelelő - eredményeket sikerült kapni, és ezek jól összeegyeztethetők voltak a klinikai képpel és a korábbi objektiv vizsgálatokkal megerősitett diagnózissal, az irodalomban közölt gyakoriságban. A beállitott módszer alkalmas viszonylag nagy beteganyag sorozatos, rutin vizsgálatára.

2. Kiszámitottuk Budapestre és környékére vonatkozóan a tg. egyes mérési időpontjainak az átlagos normális értékeit. Ez azért látszik indokoltnak, mert ismeretes, hogy a görbe alakulása, lefutása, az egyes mérésidőpontok adatai a geográfiai viszonyoktól függően elég nagy eltéréseket mutatnak. Átlagos értékeink valamivel magasabbak, mint a tengerparti városokból /London, Boston, New York/ származók, és kb. azonosak, illetve hasonlóak a jódban szegényebb kontinentális országokból, illetve szárazföldi városokból /Bécs, Nürnberg, Mendoza, Sheffield/ közöltekkel. Ugy gondoltuk, hogy a magasabb értékek nálunk is viszonylag jódszegény állapottal hozhatók kapcsolatba, hisz Budapest és környéke kimutatottan "parendemiás golyvás terület"[4].

3. A tg. lefutásán kivül - az irodalomból is ismeretes - a görbe egy-egy értéke is, külön-külön felhasználható diagnosztikailag, mint a pajzsmirigy egyes részfunkcióinak jelzői: az 1, illetve 2 órás érték megfelel a jódfelvétel mértékének, a 24 órás érték /leggyakrabban/ a maximális jódtárolásnak és a 48 órás mérés /leggyakrabban/ a jódleadásnak, a maximális jódtároláshoz viszonyitva. Ezek az értékek a különböző betegcsoportokban külön-külön is egymástól eltérő módon viselkednek.

4. Igen érdekes és tanulságos a vegetativ dystoniás csoport viselkedése. Az átlagos értékek általában közbülső helyet foglalnak el, átmenetet képeznek

a normális pajzsmirigymüködésü és hyperthyreotikus csoport között. Korábban, az izotópaera előtt, a pajzsmirigydiagnosztikában objektiv módszer a vegetativ dystonia /illetve határesetek, illetve "Randendokrinopathien", formes frustes hyperthyreosis stb./ kimutatására nem állt rendelkezésre. Ez elméletileg - pathogenetikai vonatkozásban is - jól megfelel a várakozásnak.

II. BETEGANYAG

Ez az anyag a VIII. ker. Balassa János Kórház II. Belosztályáról származik. 1968 és 1975 között izotóprészlegünkön vizsgált 15 472 betegünkből computerrel választottuk ki a hyperthyreotikus eseteket. Az igy összeállt 1314 eset képezte vizsgálatunk tárgyát. Eredményeinkről a II. MONT kongresszuson /Budapest 1978. III. 15-17/ számoltunk be[5]. Ennek alapján ismertetem vizsgálatainkat.

Tanulmányunkban azt kivántuk vizsgálni, hogy a tg. hogyan, milyen módon használható fel a hyperthyreosis /továbbiakban: H./ diagnosztikájában.

E kérdéssel kapcsolatban vizsgáltuk:

1. H.-ban milyen tg.tipusok fordulnak elő, és milyen azok megoszlása;

2. a görbe lefutásából lehet-e valami támpontot vagy utalást kapni a H. aetiopathogenetikailag különböző formáinak a felismeréséhez;

3. megállapitható-e valami összefüggés a különböző görbetipusok és a klinikai kép, illetve a tünetek között.

Indokoltnak látszott a kérdésfeltevés azért, mert az in vitro módszerek elterjedése a diagnosztikában háttérbe szoritotta az in vivo vizsgálatok - igy a tg. - alkalmazását is. Irodalmi adatok szerint - és ez megfelel a gyakorlati tapasztalatoknak is - a pajzsmirigy /továbbiakban: pm./ müködési zavarai legnagyobb részének, /80-90%-ának/ a felismerése az izotóp in vivo alkalmazása nélkül is lehetséges. Az utóbbi évtizedben igy többször volt vita tárgya a tg. ujraértékelése.

BETEGANYAG. VIZSGÁLATI MÓDSZER

Vizsgálataink céljaira pm.-ambulanciánk 1968-1975 között vizsgált 15 472 betegéből választottuk ki azokat, kiknél a kiirási diagnózis H., pontosabban kezelésben még nem részesült H. volt. A H. kritériuma: a klinikai kép mellett, a pm. funkciós próbák előirásos viselkedése. Alapfeltételként szabtuk meg a pm. hormonszintjének emelkedett voltát a vérben, pontosabban a hyperthyroxinaemiát, illetve a magasabb PBJ szintet /6,5 µg%, illetve 7,5 µg% felett/. Beteganyagunk igy 1157 Basedow tipusu és 157 autonom adenoma okozta, összesen 1314 H. esetet tartalmaz.

Rendszeresen a következő pm. funkciós próbákat végeztük: tg., Pl-48^h-aktivitás, Hamolsky-próba, PBJ, alapanyagcsere /diapherometer/, se.-cholesterin. Meghatározott esetekben még szcintigram, T_4 /Biorad/, 1975 óta T_3 - RIA /NMS-kit/, TSH-RIA /Byk-Mallinckrodt-kit/, TRF /Roche/, illetve TSH-terhelési próba.

Az anyag feldolgozása computerrel történt /a Volán Elektronika UNIVAC gépein/.

FELDOLGOZÁS. EREDMÉNYEK

Az anyag megoszlását a tg. lefutása szerint az 1. táblázat mutatja be. A táblázaton a Basedow-csoportban csak 1092 eset szerepel 1157 helyett, mert 65 esetben 35-öt a computer hibásnak talált, 30 pedig a táblázatban megadott osztályozás szerint nem volt besorolható.

1. táblázat

BASEDOW TYPUSU HYPERTHYREOSIS							AUTONOM ADENOMA		
	tg typus	rJ - tg			összesen		összesen		
Csoport		Jf	Jt	Jl	eset sz.	%	eset sz.	%	Csoport
I	1	↑	↑	↑	330	30,2	17	10,8	I
eset sz.	2	↑	↔	↑	136	12,4	21	13,4	eset sz.
468 (42,9%)	3	↔	↑	↑	2	0,1	2	1,3	40 (25,5%)
II	4	↑	↑	↔	367	33,6	38	24,2	II
eset sz.	5	↑	↔	↔	238	12,6	31	19,7	eset sz.
533 (48,8%)	6	↔	↑	↔	28	2,6	4	2,5	73 (46,5%)
III eset sz.	7	↔	↔	↑	22	2,1	5	3,2	III eset sz.
91 (8,3%)	8	↔	↔	↔	69	6,4	39	24,9	44 (28%)
össz. 1092					1092		157	100	157

Normál értékek: Jf: 12-28%, Jt: 28-55%
Jl: max. 16%

A táblázatból látható, hogy az I. csoport az un. H.-típusu tg.-nek felel meg, mely egészében 42,9%-ot tesz ki. A II. csoport az un vegetativ dystonia tipusu tg.-nek felel meg, mely 48,8%-ban található, előfordulása még valamivel magasabb, mint az I. csoporté.

A második függőleges oszlopban a legnagyobb betegszámot a tg. tipusok között a II. csoport 4.sz. görbéje képviseli: 33,6%.

Feltünő, hogy mind az I., mind a II. csoportban a magas jódfelvétel jelentősége a tg. alakitásában sokkal nagyobb, mint a magas jódtárolásé. Az I. csoportban a magas jódfelvétel egymagában /2.sz. tg. tipus/ 136 esetet

/e csoport 29%-át/ teszi ki, mig a magas jódtárolás egymagában /3.sz. tg.-tipus/ 2 esetet/0,4%/. A II. csoportban magas jódfelvétel 238 esetben fordul elő /e csoport 44,6%-ban/, mig magas jódtárolás csak 28 esetben /5,2%/.

Külön megemlitendőnek tartjuk, hogy normális intrathyreoidalis jódanyagcserének megfelelő tg. is előfordul H. beteganyagunkban /8.sz. tg. tipus/ 6,4%-ban.

Basedow tipusu H-ban a tg. összetevőinek magas és normális értékei megoszlását mutatja be a 2. táblázat. E szerint leggyakrabban fordul elő a magas jódfelvétel: 88,9%-ban, majd ezt követi a magas jódtárolás /66,6%-ban/ és csak 44,9%-ban magas a jódleadás. Az eredmény azért meglepő, mert általános vélemény, korábbi irodalmi adatok szerint is H.-ban a magas jódfelvétel és jódtárolás mellett főleg a jódleadás /hormonleadás/ magas volta tekinthető "jellemző"-nek.

2. táblázat

Basedow-tipusu hyperthyreosis tg. összetevőinek magas és normális értékek szerinti megoszlása

Tárolási görbe / Eredmény		Jf	Jt	Jl
Normális	eset sz.	121	365	602
	%	11,1	33,4	55,1
Magas	eset sz.	971	727	490
	%	88,9	66,6	44,9
Összesen		1092	1092	1092

3. táblázat

A két hyperthyreosis-tipus eseteinek száma tg-csoportok szerint

Betegség csoport / Tárolási görbe csoport		I	II	III	összesen
BASEDOW TYPUSU HYPERTHYREOSIS	eset sz.	468	533	91	1092
	%	42,6	48,8	8,4	
AUTONOM ADENOMA	eset sz.	40	73	44	157
	%	25,5	46,4	28,1	
P	%	<0,1	>50	<0,1	1249

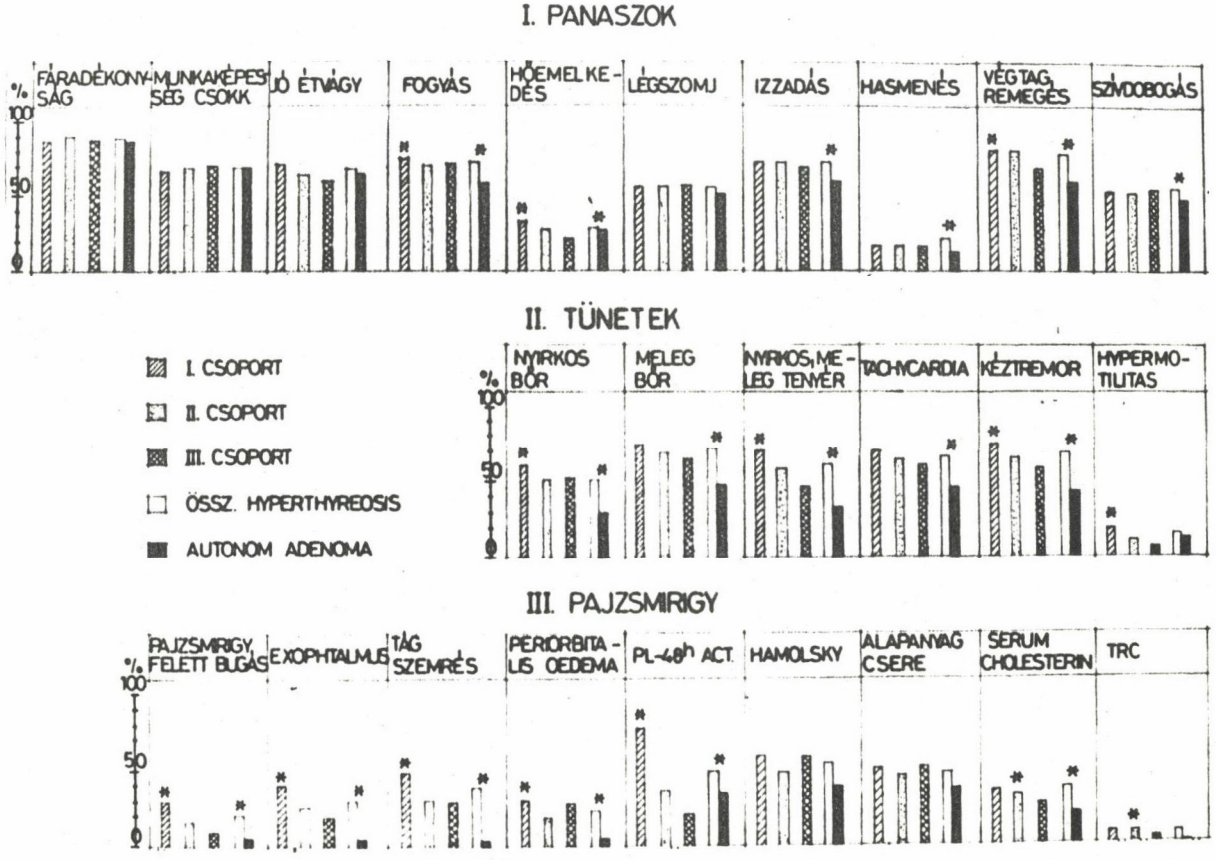
A H.-t előidéző autonom adenoma viszonylag kis csoportjának a külön feldolgozásával elgondolásunk az volt, hogy összehasonlitva e két, aetiopathogenetikailag biztosan különböző csoportot, talán támpontot kaphatunk arra vonatkozólag, hogy a tg. nyujt-e lehetőséget a különböző tipusu, különböző aetiopathogenesisü H.-ok felismerésére, illetve elkülönitésére.

A 3. táblázat adatai a két H. csoport eseteinek megoszlását tünteti fel, a I., II. és III. tg. csoport szerint. Kitünik, hogy autonom adenómában a III. csoport előfordulási aránya magasabb, az I. csoporté pedig alacsonyabb a Basedow-csoporthoz képest. Mindkét eltérés szignifikáns.

Beteganyagunkban, a Basedow-csoportban az I., II., III. görbecsoport, valamint az egész Basedow-anyag és az autonom adenomás csoport szerint osztályozva a tünetek egy részének előfordulási gyakoriságát mutatja a 4. táblázat.

4. táblázat

Az I.-II., I.-III. csoport, valamint az összes hyperthyreosis és autonom adenoma közti statisztikai összehasonlítás



*szignifikáns eltérés

Látható, hogy a "panaszok" közül értékelhető különbség van a Basedow-kór és az autonom adenomás csoport között: fogyás, hőemelkedés, izzadás, hasmenés, végtagremegés és palpitatio előfordulásának gyakoriságában.

Az I. és III. csoport között is értékelhető az eltérés fogyásra, hőemelkedésre és végtagremegésre vonatkozóan.

A "tünetek" tekintetében a hypermotilitást kivéve a többiekben /nyirkos bőr, meleg bőr, meleg, nyirkos tenyér, tachycardia és kéztremor/ értékelhető eltérés van a Basedow-kór és az autonom adenomás csoport között.

Az I. és III. csoport között is van szignifikáns különbség: a nyirkos bőr, meleg, nyirkos tenyér, kéztremor és hypermotilitás gyakoriságában.

A "pajzsmirigy"-re vonatkozó adatok között jól kijön a különböző csoportokra jellemző és ismert viselkedés.

A Hamolsky-próba magasabb értéke és az alapanyagcsere emelkedése előfordulási gyakoriságában különbséget nem találtunk.

A táblázatból látható, hogy leggyakrabban a vizsgált panaszok és tünetek a Basedow-kórban, illetve ezen belül a H.-tipusu tg.-csoportban fordulnak elő. Ritkábban a vegetativ dystoniás tipusu tg., majd a normális tg. és az autonom adenomás csoportban. Nem vizsgáltuk egyelőre, hogy a panaszok és tünetek gyakorisága az I. csoportban a PBJ, a T_4-, illetve T_3-szint emelkedésének mértékével párhuzamos-e. Mindenesetre egyelőre az megállapithatónak látszik, hogy a különböző tg. tipusu csoportokba különböző tipusu, vagy legalábbis különböző megjelenésü H. esetek kerültek. Megengedhető talán igy annak feltételezése, hogy ennek oka, vagy legalábbis többek között oka - éppen a Basedow-kór és az autonom adenomás csoport között kimutatható különbségek alapján - aetiopathogenetikai különbségekben is kereshető. A pathomechanizmusban a suprathyreoidealis rendszer befolyásának különböző részvétele lényeges szerepet játszhat. Igy a suprathyreoidealis müködési zavar idézheti elő egyfelől a H., illetve a vegetativ dystonia tipusu tg.-t, másfelől az idegrendszer szabályozási zavarára utaló tünetek gyakoribb előfordulását. E föltevés mellett azonban a tünetek, illetve klinikai kép alakulásában semmiképpen sem szabad figyelmen kivül hagyni, sőt hangsulyozni kell, a periféria jelentőségét is, melynek tárgyalása mostnem tartozik témánkhoz.

KÖVETKEZTETÉSEK

Anyagunk feldolgozása alapján kitünik, hogy H.-ban a tg. lefutása igen különböző. Amennyire természetes, hogy nem várható homogén, egységes viselkedés, annyira meglepő, feltünő a görbetipusok talált megoszlása, azok előfordulási gyakorisága. Ezen észlelés egymagában is kellőképpen alátámasztja, számszerü adatokkal igazolja, hogy nem megengedhető H.-tipusu tg.-ről beszélni, hisz a hagyományos meghatározás szerint az ilyen tipusu görbe a H. esetek mindössze 42,9%-át teszi ki, mig az un. vegetativ dystonia tipusu görbe előfordulása ennél még valamivel gyakoribb: 48,8%. Igy nyilvánvaló az is, hogy a tg., mint bizonyitó adat egymagában nem lehet alkalmas a H. diagnosztizálására, illetve a H. és a vegetativ dystonia diffenciáldiagnosztikájára sem. Ezen utóbbi megállapitást bizonyitják azon irodalmi adatok, illetve saját vizsgálataink is, melyek modern módszerekre /T_3 - RIA/ támaszkodnak. Több, korábbi kritériumok szerint vegetativ dystoniának tartott esetünkről derült ki, hogy ezek T_3 - H.-nak felelnek meg: a magasabb pm. hormonszint alapján teljesitik a H. diagnózishoz megkivánt alapkövetelményt.

Az előadottak szerint, bár kétségtelen, hogy a tg. csak mérsékelt eredménnyel használható fel a diagnózis meghatározására, végzése mégis célszerü, és diagnosztikai szempontból is ajánlatos, mert több olyan adatot szolgáltathat, speciális, olyan felvilágositásokat nyujthat a pm. müködési állapot helyes megitéléséhez, melyet más pm.-funkciós próbáktól nem kaphatunk. E megállapitást azonban mindjárt ki kell egészitenünk azzal, ha a beteg már radiojód izotópot kap, szükséges a teljes, a klasszikus tg.-t elvégezni, az irodalomban, az utóbbi években elég gyakran ajánlott egyetlen pm.-aktivitási érték meghatározása helyett. Leggyakrabban 24 órás mérést végeznek, mások inkább az "akut" vizsgálat hivei /1 vagy 2 órás érték/. Jelen vizsgálataink szerint ugy látszik, ha mégis egyetlen aktivitásmérés adatára kell támaszkodni, talán még a 2 órás érték - a jogos és indokolt elméleti ellenvetés ellenére /csak az anorganicus phasist jelzi/, - több felvilágositást nyujt, mint egymagában a 24 órás aktivitás. Ez összhangban áll az un. "Kurztest"-ek jelen reneszánszával.

A Basedow-tipusu és az autonom adenoma okozta H. között kimutatott különbségek alátámasztják azt a többoldalról igazolt megfigyelést, hogy a tg. alakulásában szerepe van a suprathyreoidealis rendszer müködési állapotának is. Igy a tg. támpontot szolgáltathat a H. aetiopathogenetikai szempontból különböző formáinak a felismerésében, mely nemcsak elméleti szempontból érdekes, de gyakorlati jelentőségü is a diagnosis és a prognosis meghatározása, valamint a terápia megválasztása szempontjából.

Összefoglalva: a tg. Basedow-tipusu H.-ban 42,9%-ban H. tipusu, 48,8%-ban vegetativ dystoniás tipusu volt, 6,4%-ban pedig normális jódanyagcserét tükrözött. A jódleadás a betegségcsoportban csak 44,9%-ban volt magas, mig a jódfelvétel 88,9%-ban, a jódtárolás pedig 66,6%-ban. Autonom adenomában értékelhetően alacsonyabb volt a H. tipusu tg. előfordulása, és magasabb a normális tg. gyakorisága. Egyes panaszok és tünetek előfordulási gyakoriságában értékelhető különbség van a Basedow-tipusu és az autonom adenoma okozta H.-csoport között, valamint a Basedow-tipusu csoportban a H. tipusu tg. és a normális tg. között. A tg. meghatározása ma is indokolt és ajánlatos a diagnosztikában, a modern módszerek alkalmazása mellett is.

* * *

A két anyag eredményeinek összehasonlitása, a célkitüzés, a beteganyag, a feldolgozás különböző volta miatt, nem lehetséges. Alkalmas lehet azonban annak demonstrálására, vagy legalábbis érzékeltetésére, hogy milyen szembetünő a különbség a kezdeti időszak és a jelen idő izotópalkalmazási lehetőségei között a pm. diagnosztikában, akár a metodikák számát, jellegét, felhasználásuk indikációját, akár a diagnosztikai stratégia szemléletét, a diagnosztika hatékonyságát, pontosságát tekintve. E 25 év alatt bekövetkezett

látványos fejlődés azonban semmi esetre nem csorbithatja, sőt inkább hangsulyozza a hazai izotópalkalmazás megteremtésének nagy jelentőségét. Nagy esemény, nagy vivmány, mérföldkő ez a magyar medicina történetében! Feltétlen méltó a megemlékezésre.

IRODALOM

1. *Policzer M., Földes J., Sáfrány L., Szatmári S.-né,* A J^{131} izotóp-diagnosztika metodikájával kapcsolatos kérdésekről, Orv. Hetilap 98 /1957/ 1062
2. "A sugárzó izotópok hazai felhasználása", I., 1958, 65-98
3. *Policzer M., Fiala E., Földes J., Paucsics V.,* J^{131} izotóp vizsgálat diagnosztikai értéke saját anyag alapján, "A sugárzó izotópok hazai felhasználása", I. 1958, 70
4. *Sós J., Szabó G.,* A hazai golyva megelőzés és annak ötéves eredménye, Népegészségügy 36 /1955/ 201
5. *Policzer M., Konrádi Gy., Bánhidi L., Sallai Gy., Vályi P., Szántó P.,* Pajzsmirigy radiojód tárolási görbe typusok hyperthyreosisban és ezek klinikai jelentősége, II. MONT kongresszus, Budapest, 1978. március 15-17

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 271-274

AZ IZOTÓPALKALMAZÁS SUGÁRVÉDELMÉNEK FEJLŐDÉSE HAZÁNKBAN

Predmerszky Tibor
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

Развитие в Венгрии радиационной защиты при использовании изотопов
Предмерски, Т.

The Development of Health Physics of Isotope Application in Hungary
Predmerszky, T.

A természetes radioizotóp, a rádium orvosi alkalmazása 1932-ben indult meg Budapesten az Uzsoki utcai Kórházban, Sajnos sem itt, sem az 1936-ban alakult Eötvös Loránd Rádium és Röntgen Intézetben még nem található mai értelemben vett sugárvédelem. Ennek oka feltehetően a megfelelő sugárbiológiai ismeretek hiánya lehetett, mivel ugyancsak 1936-ban már a bejelentésre kötelezett és kártalanitott foglalkozási betegségek között találjuk "mind azon károsodásokat, amelyeket a./ rádium és radioaktiv anyagok, b./ a röntgensugarak okoznak". Ebből az időből származó munkaegészségügyi tanulmányok már részletesen leirják a foglalkozási sugárbaleset korai és késői következményeit, de az eredményes sugárvédelemről még kevés szó esik.

A háboru alatt és azt követően, a müszaki fejlődés eredményeképpen, hazánkban is megindult a radioaktiv világitófestékkel jelzett müszerszámlapok előállitása. Az ezzel kapcsolatos egészségügyi előirások kidolgozására 1952-ben került sor, egy müszergyárban felmerült konkrét kérdés kivizsgálása során.

A javasolt intézkedések szakszerüsége később is helytállónak bizonyult, megvalósitásukra azonban, a sugárvédelmi szemlélet teljes hiánya miatt, nem került sor.

1954. szeptember 1-én érkezett meg a Szovjetunióból az első mesterséges radioizotóp-szállitmány. Ennek szakszerü felhasználására az MTA keretében Központi Izotópbizottság alakult, Straub F. Brunó elnökletével. A Bizottság keretében, Bozóky László, Orbán György, Predmerszky Tibor, Varga Károly, Veres Árpád közremüködésével elkészült az első hazai, radioizotóp-alkalmazással kapcsolatos sugárvédelmi utmutató.

A radioizotópok elosztására az Országos Onkológiai Intézetben alakitottak ki megfelelő munkahelyet, és Veres Árpád, Ádám László, valamint Bozóky László személyes közremüködésével, a KFKI radiológiai osztálya és az Országos Onkológiai Intézet sugárfizikai osztálya tapasztalataira támaszkodva, országszerte megindult a radioizotóp-alkalmazás mindazokon a helyeken, ahol a kellő sugárvédelmet biztositani lehetett.

Az első hazai nagy kiterjedésü sugárszennyeződés mégsem a mesterséges radioizotópok felhasználásához füződik, hanem a korábban már emlitett világitófesték-alkalmazáshoz. A radioaktiv világitó festék felelőtlen felhasználásra egy önmagában kis jelentőségü üzleti levél hivta fel a figyelmet. Egy nukleáris mérésre felszerelt laboratóriumhoz a gyár vizsgálatot kérő levelet intézett. A laboratórium dolgozóinak legnagyobb meglepetésére, a levél hatására a mérőmüszerek fokozott beütést jeleztek, és a papiron radioaktiv szennyeződés volt kimutatható. Az 1956 áprilisban az Országos Munkaegészségügyi Intézetben /OMI/ megalakult sugárfizikai csoport első feladata ezért az volt, hogy számos külső szakember bevonásával a sugárszennyeződés következetes felmérésében, majd a dekontaminálás elvégzésében részt vegyen.

A vizsgálat során kitünt, hogy az üzem a korábban előirt rendszabályokból semmit sem tartott be. A radioaktiv világitó festéket minden óvatosság nélkül raktározták, a festést egy nagy terem közepén két személy végezte, minden különösebb védőberendezés nélkül. Megfelelő oktatás hiányában a festéket egyéb munkaeszközökkel, sőt az élelmiszerrel közös fiókban tartották, a festőpálcikát munkaköpenyükbe, sőt saját hajukba törölték; kézbőrük a festéktől szennyeződött, étkezés előtt nem mostak kezet.

A müszerek további szerelése is minden óvatosság mellőzésével folyt, igy sok személy és az épület csaknem valamennyi helyisége szennyeződött kisebb-nagyobb mértékben. Jellemző, hogy az ellenőrzés során számos egyéb munkaeszköz, berendezési tárgy, sőt a lépcsőház és az étkező helyiség is sugárszennyezettnek bizonyult. A különösen exponált személyek a radioaktiv szennyeződést otthonukba is elvitték, és náluk a szekrényben elhelyezett egyéb ruházaton is radioaktivitás volt kimutatható.

A dekontaminálás során hat munkatermet kellett alaposan sugármentesiteni, Az ellenőrző mérések kb. 15 000 tárgyra terjedtek ki, köztük 50 munkaasztalra, számos fiókkal, sokezer szerszámra és műszeralkatrészre. 14 személy került közvetlen érintkezésbe a világitófestékkel, és összesen 169 személy sugárszennyezettségét kellett megvizsgálni. A legjobban exponált személyeknél az akkor rendelkezésre álló mérési lehetőségekkel kis mértékü inkorporáció volt kimutatható, a részletes orvosi kivizsgálás során azonban jelentős sugárkárosodás nem volt észlelhető.

A különféle radioizotópot tartalmazó világitófestékek felhasználása a későbbi évek során is sok gondot okozott a sugárvédelmi hivatalos szerveknek, de a saját tapasztalatok birtokában az elsőhöz hasonló mértékü szennyeződés már elkerülhető volt.

A minisztertanács 1956-ban létrehozta az Országos Atomenergia Bizottságot, melynek keretében Bozóky László vezetésével Egészségvédelmi és Müszaki Biztonsági Szakbizottság alakult. Feladata a hazai sugárvédelem elvi alapjának kidolgozása és a gyakorlatban felmerülő konkrét kérdésekben való segitségnyujtás, állásfoglalás volt.

A hatósági sugáregészségügyi feladat ellátását az Egészségügyi Minisztérium Közegészségügyi Felügyeleti és Járványügyi Főosztályának Munkaegészségügyi Osztálya szervezte. A felmerülő elvi kérdések kidolgozására és a gyakorlati sugárvédelmi feladatok ellátására 1957 január 1-gyel sugáregészségügyi osztály alakult az OMI-ban. Megindult a KÖJÁL-decentrumok szervezése. Ezek feladata a munkahelyek ellenőrzésére a müködési engedély megadására vonatkozó javaslat elkészitésére terjed ki. A Fővárosi Közegészségügyi és Járványügyi Állomás keretében 1958-ban állitották fel a sugáregészségügyi osztályt, majd hozzájuk csatoltan, 1960-ban Solymáron ideiglenes izotóptemetőt hoztak létre.

Ezt követően számos sugárvédelmi célu rendelkezés jelent meg. Elkészült az MSZ 62. jelü országos sugárvédelmi szabvány első kiadása.

1959-ben rendelet jelent meg a sugárártalmi pótlék megállapitásáról, továbbá a sugárártalmat szenvedett személyek gyógykezeléséről, valamint az izotóplaboratóriumok szervezéséről. 1960-ban az egészségügyi miniszter utasitást adott ki Irányelvek radioizotópokat felhasználó egészségügyi munkahelyek müködési szabályzatához cimmel.

Az OAB szakbizottság 1958-tól az egészségügyi miniszter első helyettese vezetésével átszerveződött, és mint Egészségvédelmi és Orvosi Izotópalkalmazási Szakbizottság müködött tovább.

A területi feladatok ellátására a főváros után vidéki KÖJÁL-okban is szerveztek sugáregészségügyi osztályt. Igy a tiszántuli megyék sugaras munkahelyeinek ellenőrzésére a Hajdu-Bihar megyei, a dunántuli megyék ellenőrzésére a Baranya megyei KÖJÁL-nál létesült decentrum.

Az 1957-ben alakult Központi Sugárbiológiai Kutató Intézet, az OMI sugáregészségügyi osztálya és az Országos Röntgen- és Sugárfizikai Intézet fizikai osztályának egybevonásával, 1963-ban megalakult az Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet /OSSKI/. Ennek feladata a széleskörü kutatómunkán kivül számos gyakorlati tevékenység elvégzése is volt; igy a Duna-Tisza-közén lévő sugárveszélyes munkahelyek ellenőrzését is az intézetnek kellett ellátnia.

A sugárvédelem átfogó törvényerejü szabályozása a 10/1964. sz. Korm. rendelet kiadásával valósult meg. Ez képezte alapját a sugárzó /radioaktiv/ anyagokról és készitményekről szóló 1/1964 sz. egészségügyi miniszteri végrehajtási utasitásnak. Ezeket a rendelkezéseket vették figyelembe a szabvány további átdolgozása során, valamint az időközben kiadott egészségügyi óvórendszabályok elkészitésénél.

Az időszakos orvosi vizsgálatokat az OMI már 1956-ban megszervezte, és végezte, majd ezt a feladatot a területi rendelőintézetek vették át.

A sugárveszélyes munkahelyen dolgozók filmdozimetriai ellenőrzése 1965-től kezdődően folyik az OSSKI-ban.

1968-ban, az OAB ujabb átszervezése során, a sugárvédelem elvi irányitása a nehézipari miniszterhelyettes vezetése alatt álló Nukleáris Biztonsági Szakbizottság hatáskörébe került. Ennek további átszervezését és a mai helyzet kialakulását a hazai atomerőmü-program megvalósitása tette szükségessé.

1974-ben megkezdte üzemelését a püspökszilágyi Radioaktiv Hulladékfeldolgozó és Tároló, ugyancsak a Fővárosi KÖJÁL keretében.

1979-ben átszervezték a területi ellenőrzés rendszerét. Megszünt az OSSKI közvetlen ellenőrző tevékenysége. Az ország területét arányosan felosztva, a sugárveszélyes munkahelyeket a Baranya-, Borsod-, Csongrád-, Hajdu-Bihar-megyei és a Fővárosi KÖJÁL-ban müködő sugáregészségügyi osztály ellenőrzi. További fejlesztésként a Győr- és Tolna megyei KÖJÁL-nál várható sugáregészségügyi osztály felállitása.

E rövid áttekintés nem volna teljes, ha nem szólnánk a sugárvédelmi szakembereket összefogó társadalmi szervezetről, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat sugárvédelmi szakcsoportjáról. A szakcsoport 1961-ben alakult, és mindjárt bekapcsolódott a Nemzetközi Sugárvédelmi Társaság /IRPA/ munkájába. A kialakult sokirányu nemzetközi kapcsolat megszabta a tagok szakmai igényességét is, és módot adott arra, hogy a rendszeresen tartott előadások, iskolák, tanfolyamok révén ma már jelentős számu, jól képzett hazai sugárvédelmi szakember szolgálja a biztonságos és korszerü izotópalkalmazás ügyét.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 275-280

VISSZATEKINTÉS A RADIOAKTIV IZOTÓPOK ALKALMAZÁSÁNAK FEJLŐDÉSÉRE

Szalay Sándor
MTA Atommagkutató Intézete, Debrecen

Обзор развития применения радиоактивных изотопов /Институт ядерных исследований ВАН, Дебрецен/
Салаи, Ш.

A Retrospection on the Development of the Use of Radioactive Isotopes /Institute of Nuclear Research HAS, Debrecen/
Szalay, A.

Ha visszatekintünk az izotópok alkalmazásának fejlődésére, örömmel gondolhatunk arra, hogy egy zseniális magyar tudós, dr. Hevesy György volt az, aki ennek az óriási fejlődésnek a lehetőségét már évtizedekkel előre látta, és az alapjait 1913-ban már lerakta. /Hevesy e kutatásai idején még magyar állampolgár volt, az I. világháboru alatt a monarchia hadseregében katonai szolgálatot is teljesitett, és utána ment ki véglegesen külföldre./ Zsenialitására jellemző, hogy tulajdonképpen egy sikertelen kisérletből vonta le a következtetéseket, amelyeket évtizedekkel később a fejlődés messzemenően igazolt. Rutherford megbizta, hogy uránércből származó ólomból Ra-D-t próbáljon kivonni. A kisérlet teljesen sikertelen maradt, és ő ebben a negativ eredményben is meglátta az óriási pozitiv lehetőséget. Ha egy elem két különböző izotópját keverjük egymással, akkor a szokásos kémiai és fizikai eljárások és az élőlényekben lejátszódó jelenségek nem képesek többé egymástól szétválasztani azokat. Ezt a felismerést rögtön fel is használta kutatási célokra. Radon bomlásából származó tiszta Ra-D-t kevert nagyon kevés nem radioaktiv

ólommal, és felhasználva a radioaktiv detektálási módszerek már akkor is nagy érzékenységét, vizsgálta a szokásos módszerekkel oldhatatlannak talált ólom vegyületek oldhatóságát, majd 1923-ban az ólom vándorlását növényekben.

Messze előre látva megjósolta, hogy radioaktiv nyomjelzéssel meganalizálhatunk nem látható és más szokásos kémiai és fizikai módszerekkel nem mérhető kis mennyiségeket. Megvizsgálhatjuk a radioaktiv nyomjelzett elem megoszlását különböző fázisok között, akkor is, ha a mérendő tört rész rendkivül kis mennyiség. Vizsgálhatjuk ugyanazon elem stabil atomjainak dinamikus rendszerekben, pl. élő szervezetben végbemenő vándorlását és kicserélődését az illető elem radioaktiv izotópjai felhasználásával.

Amikor ő ezekre a felismerésekre jutott, akkor még csak a természetes radioaktiv bomlási sorok tagjai közé tartozó, nagy atomsulyu elemeknél lehetett ezeket az elveket alkalmazni /tallium, ólom, bizmut, tórium stb./. Ezek mérgező, nem bioelemek, és ezért élettani kisérletekben csak korlátozott volt az alkalmazási lehetőségük.

Az atommagfizika fejlődése és a mesterséges radioaktivitás felfedezése a Joliot-Curie házaspár által 1934-ben óriási arányokban kiszélesitette a radioaktiv nyomjelzés lehetőségeit. Rövidesen sorjában fedezték fel a különféle mesterséges radioaktiv izotópokat, köztük Hevesy maga és a Joliot-Curie házaspár is jónéhányat, és rohamosan szaporodtak a világirodalomban a radioizotópokra és a nyomjelzésre vonatkozó közlemények. Az Egyesült Nemzetek által 1951-ben kiadott bibliográfia kb. tizezer ilyen irányu tudományos közleményről számol be. Az egy év mulva megjelent kiegészitőben további négyezer szerepel. Ezek a számok szemléltetik az ezen a területen megindult óriási fejlődést. Példátlan lehetőségek nyiltak olyan biológiai, élettani kisérletek elvégzésére, amelyeket semmilyen más módszerrel egyáltalán nem lehet elvégezni. Néhány elem esetén /pl. nitrogén, oxigén/, amelyeknek megfelelő felezési idejü radioaktiv izotópjuk nincs, és biológiailag fontosak, dusitott stabil izotópos nyomjelzést is alkalmaztak tömegspektrométerrel, de ez sokkal költségesebb és kevésbé érzékeny módszer.

A radioaktiv izotópok előállitásának lehetősége az elemek széles körére és különösen nagy mennyiségekre az atomreaktor kifejlődése, 1942 után terjedt ki. Mig azelőtt a kutatók /Ra+Be/ neutronforrásokkal, majd neutrongenerátorokkal tudtak kisebb mennyiségekben és kis fajlagos aktivitással radioaktiv izotópokat előállitani, majd a ciklotron már jóval nagyobb, 100 mCi nagyságrendü és még nagyobb mennyiségek termelését tette lehetővé, addig az atomreaktorokkal még nagyobb nagyságrend is elérhető. A hasadási termékek között a sugárveszélyesség és kezelhetőség szab határt a mennyiségnek, és ha a reaktort, mint neutronforrást alkalmazzuk, akkor is négy-öt nagyságrenddel nagyobb neutronfluxust tudunk elérni vele, mint neutrongenerátorral.

Jelenleg jóval több, mint 1300 mesterséges radioaktiv izotóp ismeretes, azaz az ember által előállitott mesterséges atommagféleségek száma sokkal nagyobb, mint a természetben előforduló stabilis izotópok és hosszu felezési idejü /quasi-stabilis/ természetes radioaktiv izotópok, valamint a természetes radioaktiv bomlási sorozatokhoz tartozó rövid felezési idejü izotópok száma, amelyek együttvéve összesen kb. 326-ot tesznek ki.

Természetesen a radioaktiv izotópok egy részét nem célszerü nyomjelzésre vagy egyéb célra alkalmazni. Ebben az egyik lényeges szempont a felezési idő. Nagyon rövid vagy nagyon hosszu felezési idejüek alkalmazása vagy lehetetlen, vagy legalább is nem célszerü. További szempont a sugárzás spektruma is.

E sorok irója 1936-ban jutott ki a Cavendish-laboratóriumba, hogy kiképzést kapjon magfizikában, és utána sokat fáradozott azon, hogy hazánkban is megvesse az alapokat a tudománynak ezen a beláthatatlan jövőjü területén. Sajnos, az ország általános tudományos és gazdasági fejlettsége és egyéb maradiság, konzervativizmus miatt nem volt erre még elég érett a helyzet, és komolyabb fejlődés csak kb. két évtized mulva indult meg, amikor már az egész világon nagy arányokban végeztek kutatásokat. Amikor 1937-től támogatásra vonatkozó kéréseimmel előbb mint tanársegéd, majd mint professzor, különféle fórumokhoz fordultam, lényegében egy mondatba leegyszerüsitve tudnám jellemezni a kérésemmel szemben elfoglalt álláspontot: Magyarország tul szegény, kis ország, nem engedheti meg magának, hogy atommagkutatással foglalkozzék. A mondat első felével egyet tudtam érteni, de a második felére azt mondtam volna, hogy tul szegények vagyunk ahhoz, hogy megengedhessük magunknak azt, hogy ne foglalkozzunk atomkutatással.

Kaptam mégis valami megértést, az MTA-tól néhány ezer pengő támogatást, majd a Széchenyi Tudományos Társaságtól további néhány ezer pengőt. Ebből indult meg a debreceni kutatás. 1938-tól polónium preparátumokkal bombáztunk könnyü magokat, megindultak az első magfizikai vizsgálatok, és Magyarországon az első mesterséges radioaktiv izotópokat is itt állitottuk elő. 1938-ban Budapesten az Eötvös Loránd Matematikai és Fizikai Társulat ülésén előadási kisérletben, polóniummal aluminiumot bombázva bemutattam az izotóp keletkezését és gyors lebomlását. Ezt a jelentéktelen kisérletet csak azért bátorkodom itt megemliteni, mert nagy erőfeszitésbe került akkor Magyarországon a bemutatása, alig négy évvel a mesterséges radioaktivitás felfedezése után.

Ettől kezdve, kb. az 50-es évek közepéig rendszeresen folyt kutatás polóniummal, és e témakörben több doktori és kandidátusi disszertáció készült Debrecenben. Hozzáfogtunk neutrongenerátor épitéséhez is, de ez a debreceni tanszék siralmas állapota, anyagi eszközök és cseppfolyós levegő hiánya miatt nem járt eredménnyel. Csak az ATOMKI megindulása /1954/ után, Csikai Gyula munkatársam épitette fel az első neutrongenerátort, amit olykor neutronaktivációs analizisre is használtunk.

1938-tól néhány népszerüsitő, tájékoztató tudományos előadást is tartottam, különösen orvosi és biológus körökben, hogy felhivjam a figyelmet a radioaktiv nyomjelzés rendkivül nagy fontosságára és lehetőségeire. Amikor már ugy látszott, hogy talán idővel hozzájuthatunk külföldről mesterséges radioaktiv anyagokhoz is, 1948-tól elkezdtük orvos-biológiai vonalon a radioaktiv nyomjelzést. Először csak természetes radioaktiv anyagok álltak rendelkezésünkre: Ra-D és ThB /ólom/, Ra-E /bizmut/ és polónium preparátummal végeztünk akkor állatkisérleteket. Ezen a területen, főleg a debreceni orvosi intézetekkel együttmüködésben, 11 közleményünk jelent meg 1950-1957 között. Ezekben a vizsgálatokban az érdembeli tudományos rész az orvosi társszerzőket illeti meg, mi a radioaktiv nyomjelzéses preparativ technikát és a mérőberendezést adtuk. Sikerült kvantitativvá tennünk a hisztokémiai foszfatáze meghatározását, vizsgáltuk radioaktiv izotópokkal nyomjelzett kolloidok sorsát, az alkohol hatását az ólommérgezésre; immunitási vizsgálatok is történtek, stb. Ezek voltak Magyarországon az első radioaktiv izotópokkal végzett orvos-biológiai vizsgálatok. E munka később mesterséges izotópokkal kiszélesedett.

Az 1950-es évek elején törött meg a jég, és indult meg intézményesen az atommagfizika fejlesztése Magyarországon. Budapesten létrejött a KFKI, Debrecenben pedig 1954-ben indult meg az ATOMKI. Országosan megszervezték a radioaktiv izotópok behozatalát, és 1954-ben pl. a Szovjetunióból már 44-féle radioaktiv izotópot 110 különféle vegyület formájában lehetett hozatni. Hozattunk is belőlük, és az ATOMKI-ban radioaktiv nyomjelző laboratórium is müködött, egy orvoskutatónk is volt, folytatva a tanszéken elkezdett munkát. Ennek a laboratóriumnak kizárólag az volt a feladata, hogy elősegitse, propagálja az izotópok orvosbiológiai alkalmazását, és betanitsa a más intézetekből vendégként jelentkező kutatókat. Akkor még összes mérőberendezésünket házilag készitettük, eleinte még a szcintillációs detektorfejeket is.

Budapesten sokkal nagyobb arányokban és lehetőségekkel fejlődött a KFKI és az Izotóp Intézet, amelyekről azonban mások számolnak be. Itt továbbra is a debreceni fejlődésnél maradok, amely az országos fejlődést is - szerényebb méretekben - visszatükrözi. Mi az első mesterséges radioaktiv izotópszállitmányt, (100 mCi Co-60), fémhenger formájában, 1954 októberében kaptuk. Ugyanez évben jód, ezüst, ^{14}C, kalcium és egyéb izotóp is érkezett mCi-s mennyiségekben. Ahogy itt az intézet nyilvántartásában látható, 1959. november 30-i keltezéssel "OAB Izotóp Elosztó Intézete" fejlécü szállitólevéllel kaptunk szállitmányt. Az első "OAB Izotóp Intézete" fejlécü szállitólevelet 1961. szeptember 5-i keltezéssel kaptuk. Az ATOMKI 1979. junius 27-ig 737 radioaktiv izotópszállitmányt kapott, amelyek 89-féle radioaktiv izotópot tartalmaztak.

Közben az orvosi intézetek annyira önállósodtak az izotópok alkalmazásában, s annyira kifejlődött a müszerkészitő ipar is, hogy ugy láttuk, nincs szükség tovább intézetünk ilyen irányu aktiv müködésére, és az orvos-biológiai irányu nyomjelző labort megszüntettük, felszerelését, valamint orvoskutatóját is átadtuk a Debreceni Orvostudományi Egyetemnek.

A fentiekben az izotópoknak csupán nyomjelzésre való használatáról emlékeztem meg. Már az első, 1954-ben behozott 100 mCi-s Co-60-as szállitmányunkat más célra szántuk. Hegesztési varratot, illetve öntvényt vizsgáló berendezést készitettünk belőle, és fizikus hallgatóink oktatásában, valamint ipari szakemberek körében igyekeztünk népszerüsiteni e módszert. Használtunk 1956 után nagy intenzitásu, több Ci-s /Po+Be/ neutronforrásokat Csikai Gyulával együtt a neutrinó visszalökő hatásának Wilson-kamrával való lefényképezésével kapcsolatos kisérleteinkhez. Ezeket a preparátumokat az olajkutatóktól kaptuk kölcsön, akik azokat olajkutakban neutron-lukszelvényezésre már akkor erősen használták.

E rövid kis cikk keretében nem térhetek ki a radioaktiv izotópok sokféle alkalmazására, amelyek hazánkban egyre jobban teret nyernek, és ahol még sok helye van uj ötleteknek és lehetőségeknek, sem pedig azon nagyszámu intézmény felsorolására, amelyek e téren eredményesen dolgoznak. Az ATOMKI egész fejlesztése folyamán csak szerény eszközökkel rendelkezett. Az 1954-1966-ig terjedő periódusra összesen kb. 60 millió forint beruházást kapott, és a következő ötéves tervben további 60 millió forintot. Már méreteinél fogva sem volt arra alkalmas, és nem is szántak sem felsőbb vezetőink, sem mi neki olyan szerepet, hogy ezt a feladatot országosan szervezetileg ellássa. Erre a célra a közben önálló nagyobb intézetté fejlődött MTA Izotóp Intézet jött létre, amely ezt az igen nagy és felelősségteljes feladatot megyőződésem szerint kifogástalanul, közmegelégedésre látja el. Amikor erről itt megemlékezem, nem mulaszthatom el az alkalmat, hogy fejlődéséhez, munkájához további szép eredményeket és sikereket kivánjak az Intézetnek és összes munkatársainak.

Talán nem szerénytelen, ha megemlitem, hogy az eddig ismert több, mint 1300 radioaktiv izotóp közül csak kettőnek a felfedezése történt Magyarországon, az ^{198}Ir-é és az ^{203}Au-é. Mindkettőt tanitványaimmal az ATOMKI neutrongenerátorával, gyorsneutron-reakciókkal állitottuk elő. Igy hazánk hozzájárulása a nemzetközi erőfeszitésekhez ezen a téren rendkivül szerénynek mondható.

Ami a jövőt illeti, a tervek szerint szerényebb részt az ATOMKI is fog játszani bizonyos izotópok előállitásában és bizonyos speciális alkalmazásaiban. Amint ismeretes, az ATOMKI-ban 1986 körül üzembe kerül egy kis izokronciklotron, amely szerényebb keretekben, de szerencsésen egészitheti ki a külföldről való behozatás és a Budapesten reaktorban való előállitás lehetőségeit. Itt elsősorban olyan izotópokra lehet gondolni, amelyeket rövid felezési idejük miatt külföldről egyáltalán nem lehet behozni, mert mielőtt a használóhoz juthatnának, teljesen lebomlanának, és amelyek reaktorban egyáltalán nem állithatók elő. A reaktorban mind a neutronokkal előállitható izotópok, mind a hasadási termékek közt szereplő izotópok, valamennyien neutronfelesleget tartalmaznak, ezzel szemben ciklotronnal neutrondeficites, tehát protontöbblettel rendelkező, pozitront emittáló izotópokat lehet előállitani. Reméljük,

hogy az ATOMKI-ban létesitendő ciklotronlaboratórium sikeresen és jó együttmüködésben fogja elősegiteni és kiegésziteni az Izotóp Intézet munkáját, olyan izotópok termelésével, amelyekre itt speciális lehetőség nyilik.

Sajnálom, hogy e kis közleményben név szerint nem sorolhatom fel mindazokat, akik e fejlesztésben velem együtt résztvettek, és akik a tanszéken, majd a meginduló ATOMKI-ban munkatársaim voltak, továbbá azokat a vendégkutatókat vagy együttmüködő külső munkatársakat, akik más orvosi intézetek részéről e munkába bekapcsolódtak. Az eredmények a közleményekben megjelentek, értékes közremüködésük nélkül nem jöhettek volna létre.

Ha az izotópok alkalmazásának mai óriási arányaihoz hasonlitjuk a kezdeti debreceni eredményeket, akkor azok nyilvánvalóan jelentéktelenek látszanak. Kevésbé volt jelentéktelen az a lelkesedés, fáradozás és előrelátás, amellyel azokat igyekeztünk hazánkban, a nyomasztó rossz körülmények között, minél hamarabb megvalósitani.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 281-286

FEJLŐDÉSÜNK NÉHÁNY MOZZANATA

Tarján Imre
Semmelweis Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézete, Budapest

Некоторые моменты нашего развития /Институт биофизики Медицинского университета им. Земмелвейса, Будапешт/
Тарян, И.

Moments in Our Development /Institute of Biophysics, Semmelweis Medical University, Budapest/
Tarján, I.

1. Visszaemlékezéskor önkéntelenül felmerül az a kérdés, hogy mikor válik történelemmé egy esemény a mindennapi életben, és mikor a tudományban. Ugy vélem, hogy az életben történelemről akkor beszélhetünk, amikor az események szereplői már eltávoztak a "küzdőtérről", a tudományban pedig akkor, ha az elért eredmény vagy módszer a tudományos munkában és az oktatásban is általánosan elfogadottá vált. Az esetleges kételyek és viták már feloldódtak, a kezdeti gyors fejlődés lelassult, kiegyensulyozottá vált, és az egymást megtermékenyitő uj eredmények helyébe inkább az alkalmazások, felhasználások kerültek. Más megfogalmazásban: történelmivé válik egy tudományos eredmény akkor, ha bizalommal lehetünk vele szemben, tulzások nélkül meg tudjuk jelölni helyét, jelentőségét a tudomány fejlődésében. A sugárzó anyagok már kiegyensulyozott korszakukat élik, van tehát történelmük.

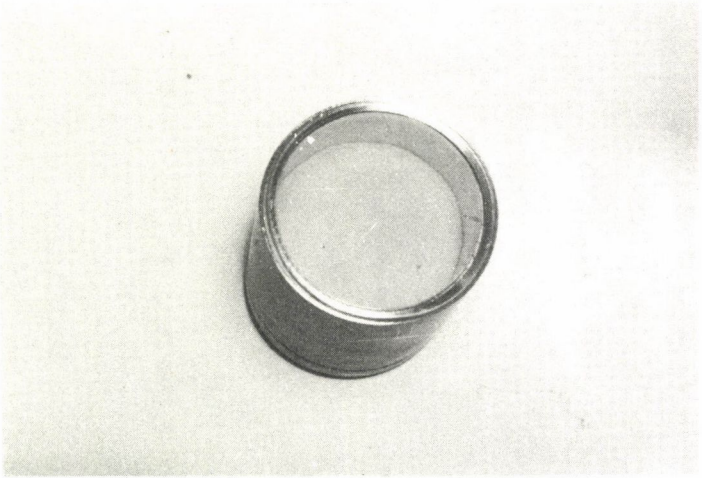
Örömmel teszek eleget annak a megtisztelő felkérésnek, hogy irjak a hazai multról, elindulásunkról, vagyis arról, ami napjainkhoz vezetett, és talán néhány szót arról is, hogy hol tartunk ma. Kérem, ne vegye senki szerénytelenségnek, ha a visszaemlékezés során viszonylag sokat foglalkozom munkahelyem, a

Semmelweis Orvostudományi Egyetem Biofizikai /előző nevén: Orvosi Fizikai/ Intézetének multbéli szerepével. Mások eredményei mint alapozó vagy stimuláló tényezők szerepelnek ismertetésemben.

2. Ha tettünk valamit az ügy érdekében, az nem különösebb érdem, hanem sajátos helyzetünkből, az Intézet jellegéből adódó kötelesség volt számunkra. Igyekeztünk korszerüek lenni tudományos és oktatási területen egyaránt, és megkíséreltük szolgálni a társadalmi érdekeket is. Egy ilyen program az ötvenes évek elején benne volt a nemzetközi tudományos légkörben, és megvalósításához szakmai multunk révén bizonyos alapok is rendelkezésre álltak. Tapasztalatokkal rendelkeztünk ui. a kristálynövekedés területén és az ionizáló sugárzásoknak alkálihalogenidekben kiváltott hatásaival kapcsolatban. Innen már csak rövid lépést kellett megtenni a radioaktiv sugárzások detektálására alkalmas *szcintillációs egykristályok* irányába. Mindez együtt eredményezte, hogy már az ötvenes évek elejére, tehát az iparilag legfejlettebb országokkal egyidőben letehettük az asztalra a γ- és β-sugárzás mérésére alkalmas első NaI/Tl/, KI/Tl/, CsI/Tl/, naftalin, antracén kristályokat /az utóbbiakat nemcsak tömbös, hanem lemezes formában is/. Néhány éves kutató és fejlesztő tevékenység után termékeink a detektálás szempontjából fontos paramétereket illetően nemzetközileg is a legjobbak közé tartoztak, sőt egyesek uj produktumként jelentek meg. Eredményeinket részben a preparativ és kristálynövesztési módszerek továbbfejlesztése, részben uj eljárások kidolgozása révén értük el.

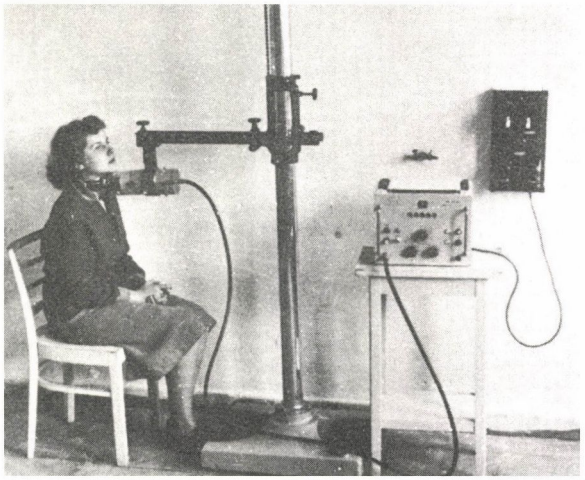
3. A radioaktiv sugárzások *mérestechnikai* hagyományai hazánkban a felszabadulás előtti időkre nyulnak vissza. Elsősorban a Debreceni Iskola kialakulására és az Eötvös Loránd Rádium- és Röntgen Intézetben elindult munkára gondolok. A felszabadulás a KFKI és az ATOMKI létesitésével ezen a területen is jelentős bővülést hozott magával, amihez képest a szcintillációs méréstechnika megalapozása szerény fejlődést jelentett. Lényegesen megnövekedett azonban általa a radioizotópok alkalmazhatóságának köre. A magunk részéről főként magfizikai és orvosi /biológiai/ vizsgálatok céljaira állitottunk elő kristályokat, éspedig nemcsak itthoni igényekre, hanem külföldi kollegák kérésére, illetve számára is. A 60-as évek elején azután az Országos Atomenergia Bizottság /OAB/ kezdeményezésére a NaI/Tl/ detektorok gyártását /a KFKI-ban kidolgozott plasztikfoszforokéval együtt/ átvették a Gamma Müvek. A technológiánk alapján előállitott kristályok a KGST-országok prágai versenyén /1962/ minőségük alapján az első helyezést érték el.

4. Ugyancsak az 50-es évek elején kezdtük el azt a kutató és fejlesztő munkát is, amely a radioizotópok *nyomjelzőként* való alkalmazásával kapcsolatos. Ez a munka főként az orvosi és biológiai kutatásoknak és az orvosi diagnosztikai eljárásoknak korszerü metodikával való segitését célozta. Az első hazai tapasztalatok ezen a téren is a Debreceni Iskolához füződnek. Ezek ismeretében és saját eredményeinket is felhasználva épitettük fel 1952-54-ben *radioaktiv izotóplaboratóriumunkat*, amely az egészségügy területén az első volt hazánkban.



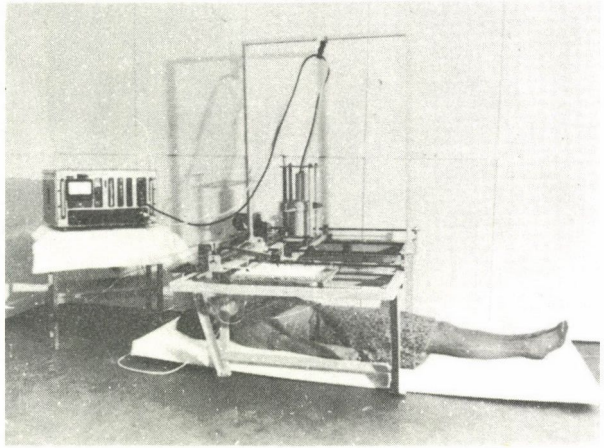
1. ábra

Montirozott NaI/Tl/ kristály /átmérője 8 cm/
az 50-es évek végéről



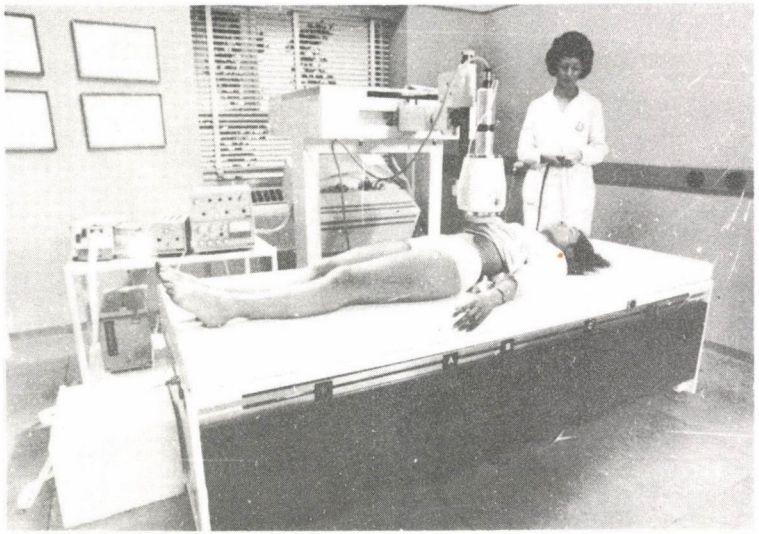
2. ábra

Pajzsmirigyvizsgáló készülék
1957-ből



3. ábra

A szcintigráf Nagy János által kifejlesztett prototipusa /1957/



4. ábra

Egyik ujabb GAMMA-gyártmányu készülék: a Scinticart Numeric-T szines számkijelzéssel

Szerepéről talán érdemes néhány szót szólni. Meleglaboratóriumunk több éven át centrális szerepet töltött be a Budapesti Orvostudományi Egyetemen, és sokan keresték fel mások is a főváros egészségügyi intézményeiből. A laboratórium kialakitásában és müködtetésében elévülhetetlen érdemei vannak Nagy Jánosnak, azóta elhunyt munkatársamnak. A laboratóriumunkban szerzett tapasztalatok nemcsak a nyomjelző méréstechnika elsajátitását és az első kisérleti eredmények elérését segitették, de megkönnyitették az ujabb és ujabb munkahelyek felállitását is. Néhány év alatt száznál több közös közlemény jelent meg együttmüködésben, főként élettani, gyógyszerkinetikai vizsgálatok eredményeként, de közvetlenül klinikai vonatkozásu kérdésekben is születtek jelentős eredmények.

Az események időzitésével és koordinálásával nem sokat foglalkoztunk, azok mégis eléggé összehangoltan folytak. A koordináló és irányitó szervként müködő OAB is csak 1956 elején kezdte el munkáját. A több oldalról elindult kezdeményezés tette lehetővé, hogy hazánkban gyors fejlődés induljon el, és a később fölzárkózó, országos szintü irányitó tevékenység már lelkes és jól képzett szakemberekből álló testületekre és müködőképes laboratóriumokra támaszkodhatott.

5. A már többször emlitett kedvező konstelláció, vagyis a fölkészültség, a meglévő eredmények és a társadalmi igény találkozása hozta magával, hogy érdeklődéssel fordultunk a *nukleáris medicina müszerkérdései* felé is. Az a körülmény, hogy birtokunkban voltak a korszerü detektálási módok, szinte fölkinálta ezt a témát. A Nagy János által készitett modellek szolgáltak alapul pl. a szcintigráf, a radiocirkulográf, a pajzsmirigyvizsgáló készülék hazai gyártásához, amelyre ugyancsak a Gamma Müvek vállalkoztak.

A hazai szcintigráf egyébként, Scinticart néven, a KGST-országok budapesti versenyén /1962/ ugyancsak első helyezést ért el, aminek szerepe volt abban, hogy az orvosi nukleáris müszerek gyártása a KGST keretében magyar profillá vált.

6. Radioaktiv izotóplaboratóriumunk korai létesitése lehetővé tette, hogy a radioaktiv sugárzások mérése és a nyomjelző metodika az *orvosképzésben* és az *orvostovábbképzésben* egyaránt nemcsak elméleti ismeretanyagként, hanem, sok országot megelőzve, laboratóriumi gyakorlatokon is szerepeljen. Ugyancsak korán indultak el az orvosi *asszisztensi* izotóptanfolyamok is. Mind az egyetemi, mind a posztgraduális képzéshez hatalmas segitséget jelentett az OAB támogatása, amely nemcsak erkölcsiekben, hanem anyagiakban is jelentős volt.

7. Ezzel be is fejezem a visszapillantást, és áttérek a jelenre. Csak röviden, nagy vonásokban kivánom jellemezni a jelen helyzetet, éspedig az orvostudomány szempontjából. Pontosabban: néhány ujabb, külföldön kidolgozott eljárásra, illetőleg lehetőségre szeretnék utalni, amelyek az orvosi és biológiai kutatások, valamint az orvosi gyakorlat területén egyaránt lényeges előrehaladást jeleznek.

A radioizotópok diagnosztikai felhasználásával kapcsolatban örök probléma a szervezet sugárterhelésének csökkentése, ugyanakkor a sugárzás megbizható detektálása. Kedvező lehetőséget nyujtanak sok esetben a *technécium-* és az *indiumgenerátorok*. Főként az előbbiek használatosak.

Lényegében molekuláris szinten lejátszódó folyamatok követésére ad lehetőséget a *radio-immunoassay módszer*, amely az immunreakciók nagy specificitását és az izotóptechnika érzékenységét egyesiti magában.

Az izotópeloszlás vizsgálatára a mozgódetektoros szcintigráfok mellett egyre inkább teret hódítanak a nagy felületü érzékelőket alkalmazó, un. állódetektoros módszerek. Ezek valósulnak meg a *szikrakamra* és a *gamma-kamera* esetében. Különösen előnyös tulajdonságokkal rendelkezik az utóbbi berendezés, amely kis holtideje révén lehetővé teszi, hogy az egyes szervek müködésével járó változásokat is kövessük /dinamikus vizsgálati módszer/.

A *röntgenemissziós analizis* gyors és érzékeny módszer különböző elemek jelenlétének kimutatására, koncentrációjának /koncentrációeloszlásának/ meghatározására. A módszer egyszerüsödik, ha a szóban forgó elemek atomjait röntgencsőből származó sugárzás helyett radioaktiv izotópokból eredő röntgen- és γ-sugárzással gerjesztjük. A módszert nemcsak a kutatásban, hanem az utóbbi években diagnosztikai célokra is eredményesen használják.

Uj lehetőségeket nyujtanak az elméleti és gyakorlati orvostudományban egyaránt a felhasználás helyén müködtetett *ciklotronok*. Ezekkel kapcsolatban többek között igen kedvező az a körülmény, hogy szinte időveszteség nélkül használhatók föl a biológiailag nagy jelentőségü elemeknek, mint az oxigénnek, szénnek, nitrogénnek a ciklotronban előállitott rövidéletü izotópjai. Egyes hosszabb élettartamu izotópok is helyettesithetők rövidebb élettartamuakkal, pl. $^{131}_{53}I$ helyett $^{123}_{53}I$, ami nem közömbös diagnosztikai szempontból. A "házi" ciklotron jelentősen kibővíti a terápiás lehetőségeket is gyorsneutronok, valamint különféle töltött részecskék alkalmazása révén.

A számitógépes kiértékeléssel ellátott *tomográfok* szokásosan röntgencsővel müködnek. Kifejlesztés alatt vannak azonban olyan sokat igérő berendezések, amelyek a szervezetbe vitt radioaktiv izotópok γ-sugárzását /pl. a pozitronok szétsugárzásakor megjelenő γ-fotonokat/ használják föl a képalkotásban.

8. Tekintsük ezek után a hazai helyzetet. Ugy vélem, ma sem kell szégyenkeznünk. Munkalehetőségeink jók és korszerüek. Az egészségügy területén pl. a radioaktiv nyomjelző módszer mindenki számára elérhető, aki azt kutatómunkájához igényli, és korszerünek mondhatók lehetőségeink a nukleáris medicina gyakorlati vonatkozásaiban is. A jól fölszerelt intézményeink közül csupán néhányat emlitek föl: a Szegedi, a Pécsi és a Debreceni Orvostudományi Egyetem központi laboratóriumát, a Semmelweis Orvostudományi Egyetem Radiológiai Klinikájának, valamint Belklinikáinak laboratóriumait, a Nagyvárad-téri Elméleti

Tömb kutatási célokat szolgáló bázislaboratóriumát, az Orvostovábbképző Intézet Röntgentanszékét, az Országos Onkológiai Intézet, a János Kórház, a Péterfy Sándor utcai Kórház, a Magyar Néphadsereg Központi Kórháza laboratóriumait.

Az előzőkben emlitett ujabb módszerek, a ciklotron nyujtotta lehetőségek kivételével, már hazánkban is többé-kevésbé meghonosodtak, sőt az is remélhető, hogy néhány éven belül egy komplex feladatokat ellátó ciklotron is elkezdi működését Debrecenben.

Vessünk egy pillantást a jelenlegi hazai termékekre is.

A jelzett vegyületek egyre gyarapodó sorát bocsátja rendelkezésünkre az MTA Izotóp Intézete. Készitményeinek nagy részében ma már a hazai reaktorban előállitott radioaktiv termékek találhatók.

A Gamma Müvek széles választékot nyujtanak NaI/Tl/, CsI/Tl/, ZnS/Ag/ kristálydetektorokban és plasztik-, valamint folyadékszcintillátorokban. Versenyképes termékeik közé tartoznak a fotomultiplierre szerelt NaI/Tl/ szcintillátorai is. A gyár jól felkészült és lelkes együttese állandóan törődik a mennyiségi és minőségi fejlesztéssel egyaránt, és ennek eredménye, hogy termékei keresettek szerte a világon.

Az orvosi nukleáris müszerek gyártása terén a KGST keretében ma is hazánk a müszaki fejlesztést koordináló ország. A Gamma Müvekben jelenleg gyártás alatt álló jelentősebb eszközök: a scinticart, a renográf, a pajzsmirigyvizsgáló készülék, az automatikus γ-mintaváltó berendezés stb., és ma már a sorozat tagjai közt üdvözölhetjük a hazai gamma-kamerákat is /számitógépes egységekkel kiegészitve/.

Nem tartozik gondozásunk alá a dozimetria, de ezzel kapcsolatban is hivatkozhatunk értékes eredményekre mind az alap-, mind az alkalmazott kutatás területén /ATOMKI, Onkológiai Intézet Sugárfizikai Osztálya, KFKI/.

Fejlődésünk első időszakában éreztük, mindnyájan, akik akkor ezekben a munkákban résztvettünk, most pedig kellő történelmi távlatból megállapithatjuk, hogy a gyors és eredményes fejlődést azoknak a kollégáknak, munkatársaknak az együttmüködési készsége tette lehetővé, akiket az ügy szeretete és lelkesedés összehozott. Mindenkit köszönet illet a példamutatónak nevezhető kölcsönös megértésért és segitségért. Név szerint szeretném emliteni azokat, akik már nincsenek közöttünk: Nagy Jánost, Vándor Ferencet, Várterész Vilmost, Vödrös Dánielt.

Ha igaz az, amit a visszaemlékezés elején ugy fogalmaztam, hogy a sugárzó anyagok alkalmazása kiegyensulyozott korszakába jutott, akkor hazai feladatunk elsősorban a korszerü szinvonal biztositása, a feltételek megteremtésétől a széleskörü alkalmazásokig. A radioaktiv izotópok alkalmazása ma nem luxus, hanem az élet minden területén a korszerüség nélkülözhetetlen feltétele. Nem néhány ember lelkesedésére, hanem az egész társadalom megértő támogatására van szükség.

IZOTÓPTECHNIKA /Budapest/ 22 /1979/ 287-300

A RADIOAKTIV IZOTÓPOK ALKALMAZÁSÁNAK 25 ÉVE A PÉCSI ORVOSTUDOMÁNYI EGYETEM BIOFIZIKAI INTÉZETÉBEN

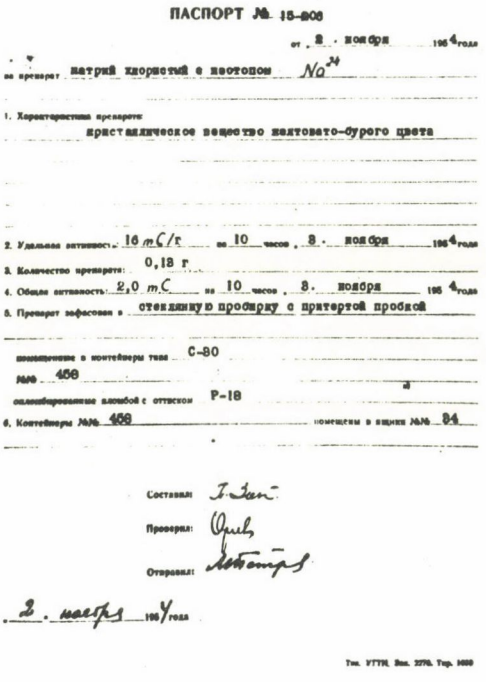
Tigyi József
Pécsi Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézete

25 лет использованию радиоактивных изотопов в Институте биофизики Печского медицинского университета
Тидьи, Й.

25 Years of Use of Radioactive Isotopes in the Institute of Biophysics of the Pécs Medical University
Tigyi, J.

Az 1940-es évek elején a mesterséges radioaktiv izotópok alkalmazása járványszerüen terjedt el világszerte. Hevesy György uttörő munkássága nyomán a kémia mellett a biológia és orvostudomány képviselői voltak az izotóp-alkalmazás élharcosai, hazánkban is eszerint alakult a helyzet. A pécsi Biofizikai Intézet azzal a metodikai előnnyel rendelkezett, hogy 1948 óta rendszeresen vizsgálta a ^{40}K természetes radioaktivitásának kérdését. Budincsevics Andor és Szalay Sándor segitsége révén* magunk készithettük az első végablakos G-M csöveket, az első scalereket is saját laboratóriumunkban állitottuk elő, egy C-tipusu izotóplaboratóriumot is létrehoztunk, és - az akkori viszonyokhoz képest - felkészülten várhattuk az első izotópszállitmány érkezését a Szovjetunióból. A készitmény érkezése olyan nagy esemény volt, hogy azt Veres Árpád személyesen kisérte le Budapestről Pécsre, és az első kisérleteknél maga is személyesen jelen volt /1. ábra/.

*E helyen is ismételten szeretném elismerésünket és köszönetünket kifejezni Budincsevics Andornak és Szalay Sándornak.



ПАСПОРТ № 15-908

от 2 ноября 1954 года

на препарат натрий хлористый с изотопом Na^{24}

1. Характеристика препарата
кристаллическое вещество желтовато-бурого цвета

2. Удельная активность 16 mC/г на 10 часов 3 ноября 1954 года

3. Количество препарата: 0,18 г

4. Общая активность 2,0 mC на 10 часов 3 ноября 1954 года

5. Препарат зафасован в стеклянную пробирку с притертой пробкой

помещенную в контейнер типа С-80

№№ 456

опломбированный пломбой с оттиском Р-18

6. Контейнер №№ 456 помещен в ящик №№ 84

Составил

Проверил

Отправил

2 ноября 1954 года

Тип. УГТИ. Зак. 2276. Тир. 5000

1. ábra

Az 1954. november 3-án érkezett első radioaktiv izotópkészitmény szállitólevele

Nagyon rövid idő alatt sikerült megszervezni a rendszeres /heti egyszeri/ szállitást, és az 1954. év végén már rendszeres izotópos munka folyhatott.

Az elmult 25 év alatt mintegy 110 publikáció jelent meg az intézetből, melyek tanusitják, hogy a radioaktiv izotópok alkalmazása számos fontos felismeréshez segitett bennünket. A legfontosabb eredményeket négy pontban összefoglalva próbálom ismertetni:

1. nyomjelző vizsgálatok,
2. biológiai izotópeffektus kisérletek,
3. a primér sugárhatás vizsgálata,
4. metodikai és oktatói munka.

NYOMJELZŐ VIZSGÁLATOK

Az intézet izombiofizikai profiljának megfelelően a nyomjelző vizsgálatok az izommüködés, pontosabban az izomingerület alapvető problémáinak megoldására irányultak. Az izom és az idegingerület alapvető jelenségének ma is az ingerület alatti K-Na-cserét tekintik[1]. A történeti hüség miatt meg kell emliteni, hogy az első K-Na-cserés kisérletet Ernst Jenő végezte 1928-ban[2], melyben megállapitotta, hogy az elektromos árammal direkt módon ingerelt békaizom az intracelluláris káliumtartalmának egy részét /mintegy 40%-át/ elveszti, és nátriumot vesz fel. Tulajdonképpen ezt az eredményt vette át, és ismételte meg Mond és Netter[3], majd Fenn[4], és inditották el a K-Na-csere koncepcióját, mely 1963-ban, Hodgkin és Huxley munkája révén, Nobel-dijjal nyert elismerést. Sajátságos módon az irodalom - kevés kivételtől eltekintve - elfelejtette /vagy nem akarta tudomásul venni!/, hogy Ernst egy évvel később /1929-ben/ közölte[5], hogy indirekt ingerlés esetén a direkt ingerléskor észlelhető, nagymértékü K-Na-csere nem jön létre.

A kérdés még 1954-ben is nyitott volt, hiszen csak az izotópos módszer segitségével lehetett az eredeti izomkálium és az intracelluláris térbe könnyen bejutó ^{42}K cseréjét kimutatni. Az irodalomjegyzékben felsorolt 30 nyomjelzős közleményből 17 [7-13, 15, 20, 21, 23-25, 28, 30, 32, 36] ezzel az alapvető kérdéssel foglalkozik.

Sikerült megállapitani, hogy a müködő izomban, a fiziológiáshoz lényegesen közelebb álló indirekt ingerlés esetén, még 10^4 rövidülés után sem észlelhető szignifikáns ^{39}K-^{42}K-csere, sem intracelluláris nátriumnövekedés. Ugyanezt tudta kimutatni Niedetzky Antal idegre nézve is[20]. Lényegében tehát az izom, illetve idegingerület alapvető folyamatának tartott K-Na-csere a direkt áram károsító /elektrolitikus, membránroncsoló stb./ hatásának tulajdonitható.

Ugy látszik, hogy az izomszövetnek általános reakciója, hogy az erős külső fizikai behatásra /elektromos áram, ultrahang, ionizáló sugárzás stb./ jelentős káliumleadással és nátriumfelvétellel reagál[25, 33, 36], de a fiziológiás vagy ahhoz közel álló ingerületben ez az effektus nem észlelhető.

Többek között ezek az eredmények vezették intézetünket olyan irányba, hogy az ingerület alapjelenségeit az ionteoriától eltérő területen keressük, és több más adat figyelembevételével igy jutottunk a szilárdtestfizikai koncepció kidolgozásához/Ernst[6]; Tigyi[71,113]/.

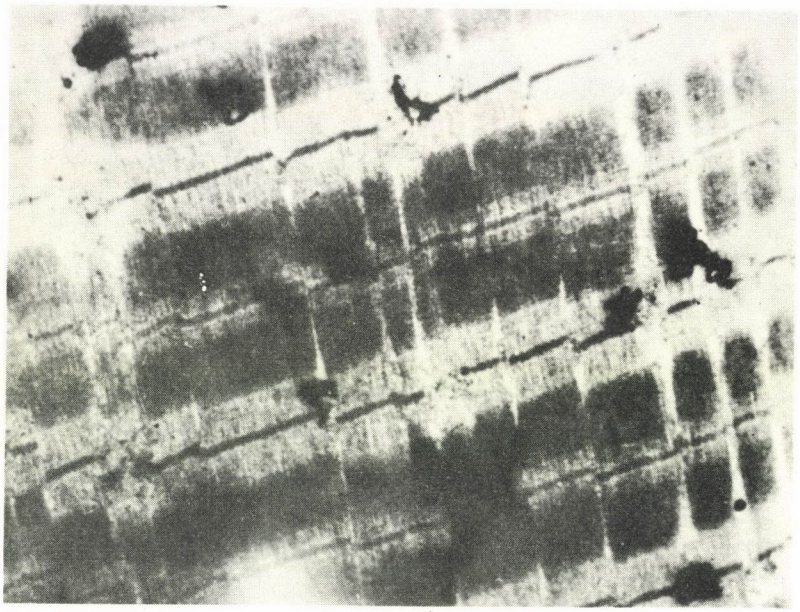
A nyomjelző kisérletek jelentős részében az izomban lévő esszenciális ionok ELMI radioautográfiás lokalizációján munkálkodtunk[58, 61, 66, 77, 79, 87, 93, 94, 101]. Megállapitottuk, hogy a ^{42}K eloszlása az izomfibrillum sarcomerjeinek egyes képletei felett nem egyenletes. Az A /anizotróp szakaszban lényegesen több a ^{42}K, mint az I /izotróp/ szakaszban. Ezzel ujabb oldalról szolgáltattunk meggyőző bizonyitékot az izomkálium kötött állapotára vonatkozóan.

Jelentős eredménynek tartjuk a kalcium ELMI radioautográfiás vizsgálatát, mely világosan kimutatta, hogy az ingerelt izomban karakterisztikus módon vándorol a kalcium a sarcomer különböző strukturaelemeihez viszonyitva /2a és b. ábra/.

A kalciumnak az ingerületben játszott szerepét érdekesen világitják meg azok a kisérletek, amelyek a kalciummozgást követik, olyan esetben, amikor nehézvizzel[112] blokkoltuk az ingerületnek a rövidülést kiváltó hatását /excitation contraction coupling/. Jelen vizsgálataink azt látszanak igazolni, hogy bár a kalciummozgás lényeges faktora az ingerületnek, az izomrövidülésnél nem ez a mechanizmus játssza a fő szerepet, u.i. lényegében ugyanolyan a kalciumeltolódás akár követi kontrakció az ingerületet, akár nem /3. ábra, 1. táblázat/.

BIOLÓGIAI IZOTÓPEFFEKTUS-KISÉRLETEK

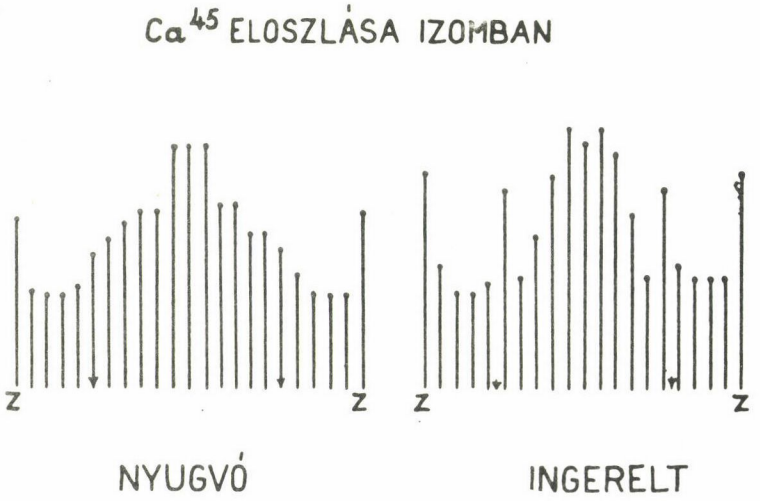
A radioaktiv izotópokkal végzett nyomjelző vizsgálatoknál hallgatólagosan feltételezzük, hogy nem fejtenek ki sugárbiológiai hatást a vizsgált biológiai objektumra. Már a vizsgálatok kezdetén /1955-ben/ kezdtünk e kérdéssel foglalkozni. Testobjektumként a békasziv Straub-féle preparátumát használtuk[17, 18, 22]. A sugárbiológusok régebbi felfogása az volt, hogy az izom- és



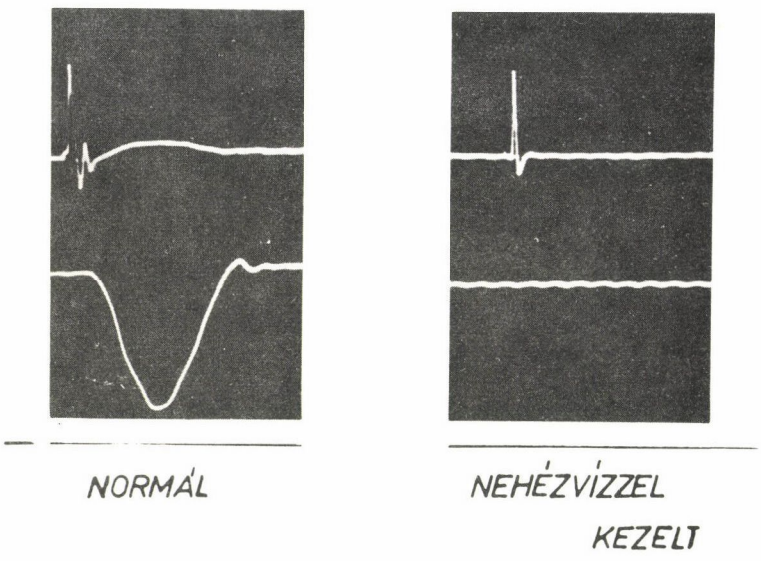
2. ábra

^{45}Ca ELMI radioautográfiás lokalizációja a harántcsikolt izomban

a. ELMI felvétel az ezüstszemcsékkel



b. Az ezüstszemcsék sarcomeren belüli lokalizációjának diagramja



3. ábra

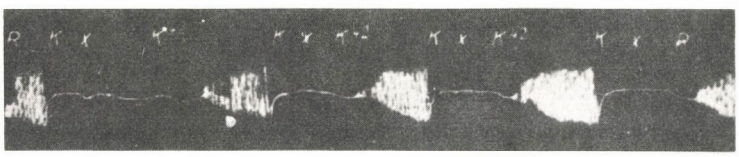
Az ingerület és rövidülés közti átmenet blokkolása D_2O-val

1. táblázat

A ^{45}Ca atomokat reprezentáló részecskék eloszlása az izomban, 7 perces elektromos ingerlés után

Kezelés	Százalékos eloszlás	
	Fibrillumban	Szarkoplazmatikus retikulumban
A kontrakció $^{2}H_2O$-Ringerrel gátolva	76,5±4	23,5±6
Normál Ringer, az izom müködik	81,6±4	18,4±8

idegszövet a legkevésbé sugárérzékeny szövetféleségek közé tartozik, igy az általunk használt, 1-2 radnyi dózist reprezentáló radioaktiv izotóptól semmiféle hatást nem kellett volna kapnunk. A Straub-szivet normál Ringer-oldattal való müködtetés után, $3^{o}/oo$ KCl, illetve $3^{o}/oo$ $CaCl_2$-t tartalmazó izotóniás Ringer-oldatot téve a kanülbe, reverzibilisen megállitottuk, majd az oldatot a mechanikus inger lehetőségének kizárása után, ugyanilyen K- és Ca-dus, de kálium helyett részben ^{42}K-t tartalmazó oldattal helyettesitettük. A legnagyobb megdöbbenésünkre a békaszivek ujra megindultak, és szabályos müködést mutattak. Mint a 4. ábra mutatja, a radioaktiv oldat szivmegindító hatása a többszörös oldatcserével ismételten kiváltható[26, 27, 29, 34, 39, 46]

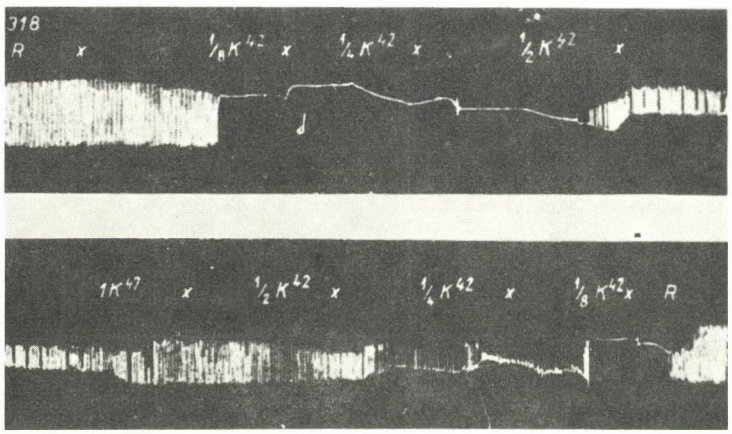


4. ábra

A káliumban dus oldattal megállitott Straub-féle békaszivkészitmény ujrainditása ^{42}K izotóppal

Pozitiv eredményt kaptunk ^{42}K, ^{24}Na, ^{32}P és ^{131}I-es izotóppal is, mint az 5. ábra mutatja, a hatás összefüggése a dózissal /növekvő, illetve csökkenő izotópkoncentráció/ meggyőzően bizonyitott volt.

Mintegy 600 hasonló, pozitiv kisérlet elvégzése után - amikor már ezt az uj sugárbiológiai izotópeffektust teljesen bizonyitottnak



5. ábra

Összefüggés a ^{3}H-koncentráció és az izomban mérhető szcintillációk száma között

tartottuk, és közlésre elkészitettük az erről szóló cikket /1959/[22], váratlan fordulat következett be kisérleteinkben: 1959-től a hasonló kisérletek nem adtak pozitiv eredményt, a radioaktiv izotópoldat szivmegindító hatása következetesen elmaradt.

Utána érdeklődve a radioaktiv készitmények minőségének, azt a közlést kaptuk, hogy ezen dátumtól kezdve sokkal nagyobb tisztaságu /és egyben nagyobb fajlagos aktivitásu/ készitményeket állitottak elő. Nyilvánvalónak látszott a feltevés, hogy az ionizáló sugárzás önmagában nem, hanem csak valamilyen szennyező anyag jelenlétében fejti ki pozitiv fiziológiai hatását. Nem maradt más választásunk, minthogy a szóbajöhető nyomelemeket 10^{-4}-10^{-6} M koncentrációban sorra kipróbáljuk. Többéves fárasztó munkával sikerült[56] kimutatni, hogy különösen a Mg, Cr, Mn, Co, Zn, Cd, Ba nyomelem-koncentrációban való jelenléte esetén az emlitett kis dózisu izotópsugárzás szignifikáns szivmegindító hatást mutat.

A szivkisérletekkel párhuzamosan számos más szöveten, illetve sejtes rendszeren /izom, ideg, spermiumok, élesztő stb./ is megvizsgáltuk a radioaktiv izotópsugárzás hatását, és számos érdekes biopozitiv effektust kaptunk azelőtt fel sem tételezett kis dózisoknál, illetve dózisteljesitményeknél. Ami biológiai szempontból nagyon érdekes, számos kétfázisu hatást is megfigyeltünk: kis dózis biopozitiv hatást mutatott, majd közepes dózis hatástalan volt, és nagyobb dózis határozott bionegativ hatást adott[33, 38, 63, 69, 73, 74]. Az előző irodalmi adatok állati rendszerekben a biopozitiv hatást általában tagadták; azóta más laboratóriumok is közöltek a mi kisérleteinkhez hasonló eredményeket.

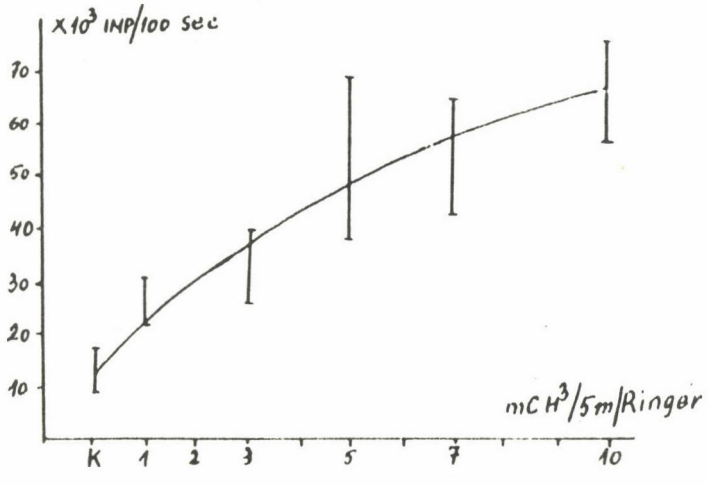
A fémionszennyezés radioszenzibilizáló hatása[41, 44, 56, 71] szintén figyelemreméltó adatnak látszik; különös módon az irodalom a kérdésre csak nagyon jelentéktelen mértékben reagált, pedig meggyőződésem, hogy nagy elvi és gyakorlati jelentősége van, és a sugárérzékenységet jelentősen befolyásoló tényező. Az ionizáló sugárzás és a fémionszennyezés tanulmányozása átvezetett bennünket a 3. témacsoport kutatására.

PRIMÉR SUGÁRHATÁS VIZSGÁLATA

Az izom ingerületének vizsgálata során arra a feltételezésre jutottunk, hogy az ingerlékeny szövetekben az ionok szerepe mellett jelentős /talán az ionokénál sokkal jelentősebb/ szerepe van az elektron, illetve lyuk töltéshordozóknak. Az ingerlékeny szövetek kristályos, kvázikristályos, illetve folyadékkristályos szerkezete fontos szerepet játszana az ingerületi jelenségek létrejöttében. Számos analógia az ideg-izomrendszer és a félvezető rendszerek között még csak tovább erősitette ezen feltevésünket. A félvezető rendszerek nagy sugárérzékenysége egyben magyarázná az előző pontban érintett eredménye-

ket:[26, 29], mely e szokatlanul kis dózisok, illetve dózisteljesitmények kifejezett biopozitiv hatását bizonyitotta. A "nyomelemszennyezés" további analógiát szolgáltatott az izom-ideg, illetve a félvezető rendszerek között. Ha mindezek ismeretében még azt a további adatot is figyelembe vesszük, hogy pl. az izom, illetve idegrost membránja az u.n. membránpotenciál miatt állandóan mintegy 10^4 V/cm térerősség alatt van, könnyen érthetővé válik az ionizáló sugárzás kis dózisának hatásossága, t.i. az élő szövet bizonyos részei ugy tekinthetők, mint állandó jelentős elektromos térben lévő szilárd testek /v.ö. kristályszámlálók/.

Figyelemre méltóan egészíti ki ezt a koncepciót a ^3H lágy β-sugárzásának hatására a transparens szövetekben /izom, ideg, szaruhártya, szemlencse stb./ létrejövő szcintilláció felfedezése[50-52, 54, 55, 57, 64, 71] /6. ábra/.



6. ábra

Összefüggés a ^3H-koncentráció és az izomban mérhető szcintillációk száma között

Ezen effektus lényege az, hogy a β-sugárzás az élő biológiai objektumban 1-2%-os hatásfoku szcintillációt hoz létre. Igen érdekes, hogy ez a szcintilláció, ami nyilvánvalóan az ionizáló sugárzás okozta elektrongerjesztés eredménye, jó lehetőséget ad arra, hogy az ionizáló sugárhatás jelentős hányadát kitevő gerjesztési energiaveszteséget tanulmányozhassuk. Inzézetünkben ezt a módszert elsősorban a fémszennyezés tanulmányozására használtuk. Igen érdekesek a réz- és a kobaltszennyezés szcintillációt befolyásoló hatására vonatkozó adatok[89, 90, 97, 100, 111]. Ugy véljük, hogy ez a módszer számos uj lehetőséget igér a primér sugárhatás részleteinek feltárásában.

METODIKAI ÉS OKTATÓI MUNKA

Az intézetben kialakitott radioaktiv izotópos és sugárbiofizikai munkacsoport kezdettől fogva rendszeresen résztvett az országos és helyi oktatómunkában. Számos tanfolyamot szerveztünk diplomásoknak és asszisztenseknek egyaránt. Többször rendeztünk ELMI radioautográfiás tanfolyamot KGST-szinten is.

Nagyobb összefoglaló metodikai munka 1965-ben, illetve 1974-ben jelent meg[47, 56].

Metodikai szempontból érdekesek az izotópok folyadék-termodiffuziós módszerrel való szétválasztásával foglalkozó, valamint a stabilis izotópok szerepével foglalkozó munkák[31, 35, 43, 59, 75, 76, 78, 96, 102].

A fentiekben rövid áttekintést kívántam adni a Pécsi Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézetében radioaktiv izotópokkal és ezzel kapcsolatos sugárbiofizikai kutatásokról; az irodalomjegyzékben időrendi sorrendben közöljük az intézetnek e témakörben publikált munkáit[7-117]; bennük további, itt nem emlitett, de figyelemreméltó adatokat találhat az érdeklődő olvasó.

IRODALOM

1. *A.L. Hodgkin, A.F. Huxley,* J. Physiol. 116 /1952/ 449
2. *E. Ernst, L. Scheffer,* Arch. Ges. Physiol. 220 /1928/ 655
3. *R. Mond, H. Netter,* Arch. Ges. Physiol. 226 /1930/ 39
   230 /1932/ 728
4. *W.O. Fenn,* Physiol. Rev. 16 /1936/ 450
5. *Ernst E., Csucs L.,* Arch. Ges. Physiol. 223 /1929/ 663
6. *Ernst E.,* Die Muskeltätigkeit, Budapest /1958/
7. *Tigyi J.,* K-Na-P-izotópcsere a müködő sartoriusban, Kiserl. Orvostud. 8 /1956/ 105
8. *Tigyi J.,* Kálium és foszfor izotópcsere a müködő izomban, Az I. Biológiai Vándorgyülés elöadásainak ismertetése, Budapest, 1956, 24
9. *Tigyi J.,* Kálium és foszfor izotópcsere a müködő izomban, XXII. MÉT Vándorgyülés kiadványa, Debrecen, 1956, 4
10. *Niedetzky, A.,* ^{42}K, ^{24}Na és ^{32}P ioncsere vizsgálata a müködő idegben, XXII. MÉT Vándorgyülés kiadványa, Debrecen, 1956, 4
11. *Tigyi J.,* Exchange of Potassium and Phosphorus Isotopes in the Active Muscle, Acta Biol. /Budapest/ 1 /1957/ Suppl. 21
12. *Tigyi J.,* Kälium und Phosphor Isotopenaustausch in tätigen Muskeln, Acta Physiol. /Budapest/ Suppl. 11 /1957/ 7
13. *Niedetzky, A.,* Untersuchungen des K^{42}-, Na^{24}- und P^{32}-Ionenaustausch in tätigen Nerven, Acta Physiol. /Budapest/ Suppl. 11 /1959/ 9
14. *Niedetzky, A.,* Megállt békasziv meginditása radioaktiv izotóppal, XXIII. MÉT Vándorgyülés elöadáskivonatai, 1957, 3
15. *Tigyi J., Ernst E.,* Обмен изотопов фосфора и калия в функционирующей мышце, "Изучение животного организма", Международная изотопная конференция, Москва, 1957

16. *Niedetzky A.*, Ingangsetzen des stehengebliebenen Froschherzens mit radioaktiven Isotopen, Acta Physiol. /Budapest/ 12 /1958/ Suppl. 4.
17. *Tigyi J., Ernst J., Niedetzky A.*, Radioaktiv sugárzás hatása a szivmüködésre. XXIV. MÉT Vándorgyülés kivonatai, 1958, 36
18. *Tigyi J., Ernst E., Niedetzky A.*, Über die Wirkung der radioaktiven Stahlung auf die Herztätigkeit, Acta Physiol. /Budapest/ Suppl. 14 /1958/ 24
19. *Ernst E., Tigyi J., Niedetzky A.*, Heartbeating and Radioactivity, Előadás, XXI. Intern. Congr. Physiological Sciences, Buenos Aires, 1959
20. *Niedetzky A.*, Untersuchung des Na^{24}-, K^{42}, P^{32}-Ionenaustausch im tätigen Nerven, Acta Physiol. /Budapest/ 16 /1959/ 113
21. *Tigyi J.*, Az izom Na-Na^{24}, K-K^{42} és P-P^{32} cseréjének változása ultrahang kezelés hatására, XXV. MÉT Vándorgyülés, 1959, No. 70
22. *Ernst E., Tigyi J., Niedetzky A.*, Herz-Automatismus und Radioaktivität, Acta Physiol. /Budapest/ 16 /1959/ 61
23. *Tigyi J.*, P-P^{32} Austausch im tätigen Muskel, Acta Physiol. /Budapest/ 16 /1959/ 871; Probleme Ergebn. Biophysik Strahlenbiologie 2 /1960/ 216
24. *Tigyi J.*, Änderung des Na-Na^{24}, K-K^{42}, P-P^{32} Austausches im Muskel bei Ultraschallbehandlung, Radioaktiv Isotop Symp., Varsó, 1959
25. *Tigyi J.*, Die Veränderung des Na^{24}-Na, K^{42}-K und P^{32}-P Austausches im Muskel unter Wirkung der Ultraschallbehandlung, Acta Physiol. /Budapest/ Suppl. 16 /1959/ 54
26. *Ernst J.*, A sugárhatás szerepe az életjelenségekben /Atomenergia és Biológia/, MTA Biol. Orv. Oszt. Közl. 10 /1959/ 35
27. *Niedetzky A., Hajnal-Papp M.*, Neue Angaben über die Wirkung der radioaktiven Strahlung auf die Herztätigkeit, Acta Physiol. /Budapest/ Suppl. 18 /1961/ 59
28. *Tigyi J.*, Wirkung der β-Strahlung auf den Kaliumgehalt und K-K^{42}-Austausch des Muskels, Acta Physiol. /Budapest/ Suppl. 18 /1961/ 60
29. *Ernst E.*, Role of Radiations in Life Phenomena /Atomic Energy and Biology/, Вопросы цитологии и общей физиологии, АН СССР, 1960, 382
30. *Tigyi J.*, Radioaktiv izotóp kutatások a pécsi Biofizikai Intézetben, Referátum a MTA 1960. évi nagygyülésén, MTA Biol. Csop. Közl. 4 /1960/ 71
31. *Mányi P.*, Seperation of Isotopes by Thermodiffusion and Its Biological Significance, Előadás, Intern. Biophysics Congr. Stockholm, 1961, Abstr.61
32. *Niedetzky A.*, Exchange of K-K^{42} and Na-Na^{24} in Nerves Stimulated "Directly" and "Indirectly", Előadás. Intern. Biophysics Congr. Stockholm, 1961, Abstr. 235
33. *Tigyi J.*, A béta-sugárzás hatása az izomra, Előadás a MBT Vándorgyülésén, Pécs, 1961; MBT Értesitője 1963, 39
34. *Niedetzky A.*, Radioaktivitás és szivmüködés, Előadás a MBT Vándorgyülésén Pécs, 1961; MBT Értesitője, 1963, 40

35. *Mányi P.*, Thermodiffuziós izotópszétválasztás, Előadás a MBT Vándorgyülésén, Pécs, 1961; MBT Értesitője, 1963, 41
36. *Tigyi J.*, The Effect of Ultrasound Treatment on the Na-Na^{24}, K-K^{42} and P-P^{32} Exchange in Muscle, Acta Physiol. /Budapest/ 22 /1962/ 259
37. *Tigyi J.*, The Relation between Mechanical Tension, Water Content and K-K^{42} Exchange in the Muscle, Acta Physiol. /Budapest/ 22 /1962/ 267
38. *Tigyi J., Sándor J.*, β-Radiation and Excitation of Muscle, II. Internat. Congress Rad. Res. Abstr. 1962, 237
39. *Tigyi J.*, Wirkung der Betastrahlung an die Muskelerregung, Biophysiker Tagung Berlin, 1962
40. *Niedetzky A., Hajnal-Papp M.*, Effect of Radioactive Radiation on Cardiac Activity, Acta Physiol. /Budapest/ 23 /1963/ 315
41. *Tigyi J.*, A sugárbiológiai kutatás alapkérdései, MTA Biol. Oszt. Közl. 6 /1963/ 81
42. *Ernst J.*, Na-migráció és ingerület, MBT III. Vándorgyülés előadáskivonatai, Bp. 1964, 12; MBT Értesitője 1966, 90
43. *Varga-Mányi P.*, Izotóp szétválasztása thermodiffuzió segitségével, MBT III. Vándorgyülés előadáskivonatai, Bp., 1964, 54; MBT Értesitője 1966, 104
44. *Tigyi J.*, Az izom sugárbiológiája. Tud. doktori értekezés, Pécs, 1964, 370 o.
45. *Tigyi J.*, The Localization of Water in the Muscle with Tritium Autography, III. Conf. Hungarian Biophys. Soc., Budapest, 1964
46. *Niedetzky A.* A radioaktivitás és szivmüködés, MBT Értesitője 1964, 40
47. *Tigyi J.*, A radioaktiv izotópok alkalmazása a kisérletes orvostudományban, Kisérletes Orvostud. Vizsgáló Módszerei 7 /1965/ 219
48. *Tigyi J.*, Physiological Effects of Ionizing Radiation on Heart and Skeletal Muscle, Internat. Conf. Med. Phys, Harrogate, 1965, Abstr. 39
49. *Kutas L.*, A harántcsikolt izom szcintillációjának vizsgálata, VII. Orsz. TDK Konferencia, Budapest, 1965, 41. előadáskivonat
50. *Tigyi J., Kállay N., Kutas L.*, β-Radiation Induced Scintillation in Living Tissues, 2nd Intern. Biophys. Congr., Vienna, 1966, Abstr. No. 610
51. *Kállay N., Rácz P.*, Investigation of Scintillation Induced by the β-Radiation of Tritium in the Nerve Tissues and in the Transparent Parts of the Eye, /Abstr./ Acta Biochim. Biophys./Budapest/ 1 /1966/ 339
52. *Kutas L.*, Scintillation Induced by Tritium β-Radiation in Cross Striated Muscle, /Abstr./ Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 1 /1966/ 340
53. *Niedetzky A.*, Effect of β-Radiation on the Lifetime of Sperms, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 1 /1966/ 341
54. *Tigyi J., Kállay N., Kutas L.*, Scintillation in Living Nerves and Muscles Induced by β-Radiation of Tritium, III. Internat. Congr. Rad. Res. Cortina-d'Ampezzo, 1966, Abstr. 222

55. *Tigyi J., Kállay N., Kutas L.*, Scintillations in Living Nerves and Muscles Induced by β-Radiation of Tritium, Studia Biophysica 1 /1966/ 77
56. *Niedetzky A.*, Szivautomatizmus és a radioaktiv sugárzások, Kandidátusi értekezés, Pécs, 1966
57. *Kállay N., Tigyi J.*, Scintillations in Living Nerve Induced by β-Radiation of Tritium, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 1 /1966/ 101
58. *Ernst E.*, Na-K Exchange in Active Muscle /Preliminary Report/ Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 1 /1966/ 113
59. *Varga-Mányi P.*, Separation of Isotopes by Thermodiffusion, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 1 /1966/ 197
60. *Niedetzky A.*, Effect of Radioactive Radiation on the Activity of Isolated Frog Heart, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 1 /1966/ 299
61. *Kállay N., Tigyi-Sebes A.*, Investigation of the Localization of in vivo Supplied $^{32}PO_4$ in Cross-Striated Muscle by Electron Microscopic Autoradiography, 1st Joint Congr. Hung. Societies of Biochem. Biophys. and Physiol., Pécs, 1967, Abstr. 86
62. *Varga-Mányi P.*, Separation of Isotopes by Thermodiffusion, 1st Joint Congr. Hung. Societies of Biochem. Biophys. and Physiol., Pécs, 1967, Abstr. 92
63. *Tigyi J., Egyed J.*, Effect of Soft β-Radiation on the Excitation Process of the Muscle, 1st Joint Congr. Hung. Societies of Biochem. Biophys. and Physiol., Pécs, 1967. Abstr. 109
64. *Rácz P., Kállay N.*, Szcintillációs effektus nyul corneában és lencsében radioaktiv sugárzás hatására, MOTESz Magyar Szemorvostársaság tudományos ülése, Pécs, 1967
65. *Hajnal-Papp M., Niedetzky A.*, Effect of Ionizing Radiation the Center of Automatism of Frog Heart, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 2 /1967/ 199
66. *Kállay N., Tigyi-Sebes A.*, Localization of $^{32}PO_4$ in Isolated Muscle Fibril /Preliminary Report/, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 2 /1967/ 221
67. *Kállay N., Tigyi-Sebes A.*, Autoradiographic Investigation on the Localisation of K in the Cross-Striated Muscle and the Effect of Direct Stimulation on the Intrafibrillar ^{39}K-^{42}K Exchange, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 3 /1968/ 456; Proc. 5th Conf. Biophys. /Abstr./
68. *Egyed E.*, Effect of Soft β-Radiation on the Excitation of Muscle, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 3 /1968/ 459; Proc. 5th Conf. Biophys. /Abstr./
69. *Niedetzky A.*, Effect of γ-Radiation on the Lifetime of Sperm, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 3 /1968/ 460; Proc. 5th Conf. Biophys. /Abstr./
70. *Varga-Mányi P.*, Separation of Isotopes by Thermodiffusion, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 3 /1968/ 464; Proc. 5th Conf. Biophys. /Abstr./
71. *Tigyi J.*, A sugárbiofizika néhány alapkérdéséről /akadémiai székfoglaló előadás/, MTA Biol. Oszt. Közl. 11 /1968/ 107
72. *Kállay N., Tigyi-Sebes A.*, A Distribution of Intrafibrillar K and Na and Autoradiographic Investigation of the K-Na Exchange Due to Direct Stimulation, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 4 /1969/ 71

73. *Niedetzky A., Lajtai Cs.*, Effect of Radioactive Radiations on the Lifetime of Sperms, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 4 /1969/ 211

74. *Egyed E., Tigyi J.*, The Influence of β-Radiation of Tritium on the Excitation and Ion Content of the Striated Muscle, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 5 /1970/ 333

75. *Ernst E.*, Discrimination of Isotopes by Living Systems I. Frog Hearts in ^{39}K and ^{41}K, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 5 /1971/ 463

76. *Ernst E.*, Discrimination of Isotopes by Living Systems II. Barley Seedlings in D_2O and H_2O, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 5 /1971/ 469

77. *Niedetzky A., Dalnoki F.* Discrimination of Isotopes by Living Systems III. The Effect of Heavy Water on the Motility and Lifetime of Sperms, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 5 /1971/ 477

78. *Ernst E., Juricskay S.*, Discrimination of Isotopes by Living Systems IV. Stimulus Threshold of Sartorius Muscles in ^{39}KCl and ^{41}KCl, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 6 /1971/ 165

79. *Kállay N.*, Examination with Autoradiography of the Intrafibrillar Potassium in Atrophized Muscles, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 7 /1972/ 83

80. *Tigyi J.* A radioaktiv sugárszint növekedéssel járó biológiai egyensuly változások, MTA Biol. Tud. Oszt. Közl. 14 /1971/ 77

81. *Egyed J.*, Kisdózisu β- és γ-besugárzás hatása a harántcsikolt izom iontartalmára, MBT VI. Vándorgyülés, Pécs, 1971; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 6 /1971/ 466

82. *Tigyi J.*, Besugárzást követő izom ingerlékenység változás ionháttere, MBT VI. Vándorgyülése, Pécs, 1971; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 6 /1971/ 465

83. *Beládyi J. Niedetzky A.*, Na^{24}-, K^{42}- és P^{32} izotópokkal inkubált békaidegek ESR vizsgálata I., MBT VI. Vándorgyülése, Pécs, 1971; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 6 /1971/ 466

84. *Niedetzky A.*, Biológiai izotóp effektus vizsgálata élesztőgombán, MBT VI. Vándorgyülése, Pécs, 1971; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 6 /1971/ 468

85. *Niedetzky A., Beládyi J.*, Na^{24}-, K^{42}- és P^{32} izotópokkal inkubált békaidegek ESR vizsgálata II., MBT VI. Vándorgyülése, Pécs, 1971; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 6 /1971/ 467

86. *Tigyi J.*, The Effect of the Gamma Irradiation on the Isolated Muscle, European Biophys. Congr., Vienna, 1971, Abstr. 403

87. *Kállay N.*, Examination with Autoradiography of the Intrafibrillar Potassium in Atrophised Muscles, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 7 /1972/ 83

88. *Niedetzky A.*, Neutronaktivációs analizis a biológiai rendszerekben, MTA Biol. Tud. Oszt. Közl. 15 /1972/ 367

89. *Beládyi J., Kutas L.*, Luminescence and Paramagnetism in Muscle and Nerve Tissues Caused by Cu^{2+} Ions. I., IV. Nemzetközi Biofizikai Kongresszus, Moszkva, 1972

90. *Kutas L., Beládyi J.*, Luminescence and Paramagnetism in Muscle and Nerve Tissues Caused by Cu^{2+} Ions, II., IV. Nemzetközi Biofizikai Kongresszus, Moszkva, 1972

91. *Egyed E.*, Biopositive Changes of the Ion Content of Striated Muscle Treated with a Low-level Gamma-Irradiation, IV. Nemzetközi Biofizikai Kongresszus, Moszkva, 1972

92. *Niedetzky A.*, Biological Effect of Heavy Water on Sperm and Yeast Fungi, IV. Nemzetközi Biofizikai Kongresszus, Moszkva, 1972

93. *Kállay N., Tigyi-Sebes A.*, Electron Microscopic Autoradiographic Localization of Ca in the Muscle Fibril, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 8 /1973/ 267

94. *Kállay M., Tigyi-Sebes A.*, A Ca intrafibrilláris lokalizációjának vizsgálata elektronmikroszkópos autoradiográfiával, MBT VII. Vándorgyülése, Tihany, 1973; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 8 /1973/ 189

95. *Varga-Mányi P.*, Nehézviz hatása a békasziv müködésére, MBT VII. Vándorgyülése, Tihany 1973, Acta Biochim. Biophys. /1973/ 167

96. *Niedetzky A., Járai F.*, Biológiai izotóp effektus vizsgálata spermiumokon MBT VII. Vándorgyülése, Tihany, 1973; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 8 /1973/ 210

97. *Kutas L., Rácz P.*, Nyomelemnyi kobaltszennyezés hatása a radiolumineszcenciára, MBT VII. Vándorgyülése, Tihany, 1973; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 8 /1973/ 211

98. *Niedetzky A.*, Neutronaktivációs vizsgálatok alkalmazási lehetőségei a biológiai kutatásban, Az MTA 1973. évi közgyülésén elhangzott referátum

99. *Niedetzky A.*, A radioaktivitás biofizikája, Biofizika /Szerkesztő: Ernst Jenő/, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1974, 446

100. *Tigyi J., Niedetzky A.*, Effect of Metal Ions on the Radiosensitivity of Cardiac Muscle, Intern. Congr. Rad. Research, Seattle /USA/, 1974

101. *Váradi J., Tigyi-Sebes A., Kállay M.*, ^{3}H-mal jelzett timidin lokalizációja egér nyirokcsomójában, MBT VIII. Vándorgyülése, Debrecen, 1975; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 11 /1975/ 175

102. *Gál É.*, Koncentrált nehézviz hatása a békaideg spontán aktivitására, MBT VIII. Vándorgyülése, Debrecen, 1975; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 11 /1975/ 147

103. *Kutas L.*, A radiolumineszcencia hatása a harántcsikolt izom ingerküszöbére, MBT VIII. Vándorgyülése, Debrecen, 1975; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 11 /1975/ 159

104. *Mátrai A., Juricskay I.*, Izotóp effektus emlős vörösvérsejtek nátrium transzportjában, MBT VIII. Vándorgyülése, Debrecen, 1975; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 11 /1975/ 168

105. *Hajnal-Papp M., Juricskay I.*, Na-izotóp effektus vizsgálata béka egyes szerveiben, MBT VIII. Vándorgyülése, Debrecen, 1975; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 11 /1975/ 174

106. *Mányi P.*, Izotópok biológiai megkülönböztetése, MBT VIII. Vándorgyülése, Debrecen, 1975; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 11 /1975/ 174

107. *Niedetzky A., Lajtai Cs.*, A Zn^{2+} biológiai hatása és meghatározása neutron aktivációval, MBT VIII. Vándorgyülése, Debrecen, 1975; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 11 /1975/ 175

108. *Gál É., Niedetzky A., Juricskay I., Lajtai Cs.*, Effect of Zn^{2+} on the Mechanical and Electrical Activity of the Frog Heart, MBT IX. Vándorgyülése, Pécs, 1977; Acta Physiol. /Budapest/ 52 /1977/ Abstr.

109. *Niedetzky A., Járai Cs.*, Über die Wirkung von Zink-Aspartat auf die musculäre Herzleistung, Medizin und Naturwissenschaften, Stuttgart, 1977, 45

110. *Juricskay I.*, Activation of Surviving Tissues by Fast Neutrons, MBT IX. Vándorgyülés, Pécs, 1977; Acta Physiol. /Budapest/ 52 /1977/ Abstr.

111. *Kutas L.*, Light Emission of Vitamin B_6 upon Radioactive Excitation, MBT IX. Vándorgyülés, Pécs, 1977; Acta Physiol. /Budapest/ 52 /1977/Abstr.

112. *Kállay N., Gombos-Gál E., Juhász-Bánhidi L., Tigyi-Sebes A.*, Localization of Ca in Muscles Hindered in Contraction by D_2O, Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 13 /1973/ 73

113. *Tigyi J.*, Szilárdtestfizikai szemlélet a biológiában, M. Biofiz. Társ. Értesitője 6 /1978/ 40

114. *Járai Cs., Niedetzky A.*, β-sugárzás hatása a szivizom K és Na transzportjára, MBT X. Vándorgyülése, Tihany, 1979; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 14 /1979/ Abstr.

115. *Tigyi J., Lakatos T.*, Semiconductor Properties of Muscle Membrane, Studia Biophysica 74 /1978/ 61

116. *Kutas L.*, Pyrodoxin és származékai radiolumineszcenciájának vizsgálata, MBT X. Vándorgyülése, Tihany, 1979; Acta Biochim. Biophys. /Budapest/ 14 /1979/ Abstr.

117. *Lohmann W., Kutas L.*, Modification of the Radiation Effect on Tyrosinase by Urea and Its Derivates, Rad. Env. Biophysics /megjelenés alatt/

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

309.024

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

22. ÉVFOLYAM 5-6. SZÁM (1979)

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓP INTÉZETE

IZOTÓP BUDAPEST

IZOTÓPTECHNIKA

22. ÉVFOLYAM 5-6. SZÁM

BUDAPEST 1979. SZEPTEMBER-NOVEMBER

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 cime: MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf.77, 1525

Számunk irói:

Veres Árpád, a fizikai tudományok doktora
MTA Izotóp Intézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Bozóky László, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja
Országos Onkológiai Intézet, Budapest, Pf. 25, 1525

Mádi István, a kémiai tudományok kandidátusa
Kossuth Lajos Tudományegyetem Izotóplaboratóriuma, Debrecen, Pf. 8, 4010

Policzer Miklós, az orvostudományok kandidátusa
Fővárosi Tanács Balassa János Kórháza, Pf. 265, 1444

Predmerszky Tibor, az orvostudományok kandidátusa
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet, Budapest, Pf. 101, 1775

Szalay Sándor, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja
MTA Atommagkutató Intézete, Debrecen, Pf. 51, 4001

Tarján Imre, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja
Semmelweis Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézete, Budapest, Pf. 263, 1444

Tigyi József, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja
Pécsi Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézete, 7643

Felelős kiadó: Veres Árpád, az MTA Izotóp Intézetének igazgatója
Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézete házi sokszorositójában
F.v.: Nagy Károly
Engedélyszám: III/SZI/299/1976 Indexszám: 25-399
1979. 5-6. szám Törzsszám: KFKI-1980-95

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalban, a kézbesitőnél, a Posta hirlapüzleteiben és a Posta Központi Hirlapirodájánál /KHI, Budapest, V., József nádor tér 1, távbeszélő: 180-850, postacim: A Posta Központi Hirlapirodája, Budapest, 1900/ a 215-96162 pénzforgalmi jelzőszámlára.

Előfizetési dija: 240,- Ft Egyes szám ára: 40,- Ft
Példányszám: 300 Kettős szám ára: 80,- Ft

Megjelent 1980. március 1-én.

TARTALOM

A mesterséges radioaktiv izotópok hazai alkalmazásának és előállitásának 25 éve 223
Veres Á.

Применению и производству в Венгрии искусственных радиоактивных изотопов - 25 лет

25 Years of the Use and Production of Artificial Radioactive Isotopes in Hungary

A mesterséges radioizotópok alkalmazásának megindulása Magyarországon .. 235
Bozóky L.

Начало применения искусственных радиоизотопов в Венгрии

The Beginnings of the Application of Artificial Radioisotopes in Hungary

Radioaktiv izotópok anódos elektrolizise 250
Mádi I.

Осаждение радиоактивных изотопов на аноде /Лаборатория радиоактивных изотопов Университета им. Лайоша Кошута, г. Дебрецен/

Anodic Deposition of Radioactive Isotopes /Isotope Laboratory of the Lajos Kossuth University, Debrecen

A pajzsmirigy radiojód-tárolási görbéjének helye a diagnosztikában /Saját beteganyagon végzett vizsgálatok/ 260
Policzer M.

Значение кривой накопления радиойода щитовидным железом для диагностики /Собственные результаты/

The Importance of Radioiodine Accumulation Curve of the Thyroid in Diagnostics /Own Results/

Az izotópalkalmazás sugárvédelmének fejlődése hazánkban 271
Predmerszky T.

Развитите в Венгрии радиационной защиты при использовании изотопов

The Development of Health Physics of Isotope Application in Hungary

Visszatekintés a radioaktiv izotópok alkalmazásának fejlődésére 275
Szalay S.

Обзор развития применения радиоактивных изотопов /Институт ядерных исследований ВАН, г. Дебрецен/

A Retrospection on the Development of the Use of Radioactive Isotopes /Institute of Nuclear Research, Debrecen/

Fejlődésünk néhány mozzanata 281
Tarján I.

Некоторые моменты нашего развития /Институт биофизики Медицинского университета им. Земмелвейса, Будапешт/

Moments in Our Development /Institute of Biophysics of the Semmelweis Medical University, Budapest/

A radioaktiv izotópok alkalmazásának 25 éve a Pécsi Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézetében 288
Tigyi J.

25 лет использованию радиоактивных изотопов в Институте биофизики Печского медицинского университета

25 Years of the Use of Radioactive Isotopes in the Institute of Biophysics of the Pécs Medical University

V309 024

AZ 1979. ÉVI
ÖSSZESÍTETT TARTALOMJEGYZÉK

1. szám

Szcintigráfiás készülékek teljesitőképességének vizsgálata, I. 1
Krasznai I.

Nerobol és tesztoszteron RIA. Metodikai kérdések és gyermekgyógyászati alkalmazás 13
Bojadzsieva, M., Péter F., Mann V., Blatniczky L., Pucsok J.

Prosztaglandin-E_2 szintetáz enzimrendszer kimutatása humán placentában ... 22
Bagdány S., Végh G., Rákóczi I., Jécsay Gy., Gáti I., Szakkay K., Anda E.

Ólomtartalmu üveg ólomoxid-koncentrációjának meghatározása γ-sugárzás gyengülése alapján 28
Bódizs D., Végvári I., Keömley G., Gallyas M.

A növény makro- és mikroelem-tartalmának meghatározása röntgenfluoreszcencia-módszerrel 41
Pázsit Á., Nagy P.

2. szám

Szcintigráfiás készülékek teljesitőképességének vizsgálata, II. 51
Krasznai I., Kanyár B., Szilvási L-né

A nukleáris összbeütésszám-mérés megbizhatósági határai 63
Erbeszkorn L.

Sugárzással csökkentett toxicitásu endotoxin /LPS/ készitmények hatása ép és besugárzott patkány immunválaszára 73
Elekes E., Bertók L.

Áramlási paraméterek nyomjelzéses meghatározása timföldgyári kaszkádrendszerben, I. 79
Maleczki E., Méray L., Varga I., Ódor Gy.

Az Európai Radioizotóp-termelők 6. Konferenciája 92
Tóth G.

A szérum össztiroxin-/T_4/-tartalmának meghatározása radioimmunoassayvel, I. Vizsgálatok a módszer kidolgozása céljából 95
Ilyés I., Kovács L., Péter F.

3. szám

Növények neutrongenerátoros aktivációs analitikai vizsgálata. Megfontolások és előkészületek 103
Zemplénné Papp É., Csőke A.

A tulvezérelt szcintigráfia felhasználása a pajzsmirigy autonom adenomájának diagnosztikájában 112
Földes I., Fényes Gy-né

A szérum össztiroxin-/T_4/-tartalmának meghatározása radioimmunoassay-vel, II. A standardok optimális fehérjetartalmának és az assay megbizhatósági kritériumainak vizsgálata 118
Ilyés I., Kovács L., Péter F.

A Radioaktiv Hulladékfeldolgozó és -tároló üzemeltetési tapasztalatai ... 127
Fehér L., Kasza J.

A nukleáris müszerek helyzete a KGST-országokban 137
Rózsa S.

A humán placentáris laktogén meghatározása radioimmunológiai módszerrel . 141
M. Mohari K., Kocsár L.

4. szám

A pajzsmirigy radiojód-felvételének mérése szabadszintü ^{131}I-mennyiséggel 151
Krasznai I., Takó J., Pogány Gy., Kapus I., Bános Cs.

Irányfényforrásokban alkalmazható zárt ^{147}Pm sugárforrás 161
Mangliár F.

Farmakológiai hatások kvantitativ analizise a jódkinetikában 169
Góliánné Bartha K.

$Na^{99}Tc^{m}$ oldatának előállitására szolgáló, speciális fülkesor 177
Udvarházi J., Mándli J.

Jód-125-tel jelzett prosztaglandinok 190
Mucha I., Tóth G., Tanács B.

Áramlási paraméterek nyomjelzéses meghatározása timföldgyári kaszkádrendszerben, II. 196
Méray L., Maleczki E., Badacsonyi T., Ujhidyné Farkas K., Ódor Gy.

A légtér radioaktiv szennyezettségének ellenőrzése tapadóhálós mintavétellel 203
Kollár J., Molnár J., Padosné Farkas É.

A tüdő ^{133}Xe-eliminációjának változása endotoxinsokkban 210
Tóth T., Vittay P., Spett B., Kopcsányi Zs., Bertók L., Jakab T.

Az ionizáló sugárhatás citogenetikai indikátora, I. 214
Gundy S., Farkas Gy.

5-6. szám

A mesterséges radiaktiv izotópok hazai alkalmazásának és előállitásának 25 éve 223
Veres Á.

A mesterséges radioizotópok alkalmazásának megindulása Magyarországon ... 235
Bozóky L.

Radioaktiv izotópok anódos elektrolizise 250
Mádi I.

A pajzsmirigy radiojód-tárolási görbéjének helye a diagnosztikában 260
/Saját beteganyagon végzett vizsgálatok/
Policzer M.

Az izotópalkalmazás sugárvédelmének fejlődése hazánkban 271
Predmerszky T.

Visszatekintés a radioaktiv izotópok alkalmazásának fejlődésére 275
Szalay S.

Fejlődésünk néhány mozzanata 281
Tarján I.

A radioaktiv izotópok alkalmazásának 25 éve a Pécsi Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézetében 288
Tigyi J.

SZERZŐMUTATÓ

A	Anda E.	1	22
B	Badacsonyi T.	4	196
	Bagdány S.	1	22
	Bános Cs.	4	151
	Bertók L.	2	73
		4	210
	Blatniczky L.	1	13
	Bódizs D.	1	28
	Bojadzsieva, M.	1	13
	Bozóky L.	5-6	235
Cs	Csőke A.	3	103
E	Elekes E.	2	73
	Erbeszkorn L.	2	63
F	Farkas Gy.	4	214
	Fehér L.	3	127
	Fényes Gy-né	3	112
	Földes I.	3	112
G	Gallyas M.	1	28
	Gáti I.	1	22
	Góliánné Bartha K.	4	169
	Gundy S.	4	214
I	Ilyés I.	2	95
		3	118
J	Jakab T.	4	210
	Jécsai Gy.	1	22
K	Kanyár B.	2	51
	Kapus I.	4	151
	Kasza J.	3	127
	Keömley G.	1	28
	Kocsár L.	3	141
	Kollár J.	4	203
	Kopcsányi Zs.	4	210
	Kovács L.	2	95
		3	118
	Krasznai I.	1	1
		2	51
		4	151
M	Maleczki E.	2	79
		4	196
	Mangliár F.	4	161
	Mann V.	1	13
	Mádi I.	5-6	250
	Mándli J.	4	177
	Méray L.	2	79
		4	196
	M. Mohari K.	3	141
	Molnár J.	4	203
	Mucha I.	4	190
N	Nagy P.	1	41
O	Ódor Gy.	2	79
		4	196
P	Padosné Farkas E.	4	203
	Pázsit Á.	1	41
	Péter F.	1	13
		2	95
		3	118
	Pogány Gy.	4	151
	Policzer M.	5-6	260
	Predmerszky T.	5-6	271
	Pucsok J.	1	13
R	Rákóczi I.	1	22
	Rózsa S.	3	137
S	Špett B.	4	210
Sz	Szakkay K.	1	22
	Szalay S.	5-6	275
	Szilvási L-né	2	51
T	Takó J.	4	151
	Tanács B.	4	190
	Tarján I.	5-6	281
	Tigyi J.	5-6	288
	Tóth G.	2	92
		4	190
	Tóth T.	4	210
U	Udvarházi J.	4	177
	Ujhidyné Farkas K.	4	196
V	Varga I.	2	79
	Veres Á.	5-6	223
	Végh G.	1	22
	Végvári I.	1	28
	Vittay P.	4	210
Z	Zemplénné Papp É.	3	103