

309024

W.

27
1984

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

27. ÉVFOLYAM 1. SZÁM (1984)

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓPINTÉZETE



Felelős szerkesztő: Veres Árpád

A szerkesztőség címe:
Az MTA Izotópintézete, Budapest,
Pf. 77, 1525

Telefonszám: 696-687

Felelős kiadó: Veres Árpád
Kiadja az MTA Izotópintézete

Készült az MTA Központi Fizikai
Kutatóintézetének házi sokszoro-
sítójában.

Felelős vezető: Nagy Károly

*

A szerkesztőbizottság:

Bába Miklós, Csirik János,
Fehár László, Földes János,
Gróz Péter, Hernády Tibor,
Illy József, Kocsár László,
Lengyel Tamás, Márton József,
Máté Ferenc, Medveczky László,
Sirokmán Ferenc

*

Terjeszti a Magyar Posta.
Előfizethető bármelyik postahivatal-
ban, a kézbesítőnél, a Posta hírlap-
üzleteiben és a Posta Központi Hir-
lapirodájánál /KHI, Budapest V., Jó-
zsef nádor tér 1, telefon: 180-850,
postacím: A Posta Központi Hírlapiro-
dája, Budapest, 1900/ a 215-96162
pénzforgalmi jelzőszámra.

Előfizetési díj egy évre 240 R
Egyes szám ára 60 R
Engedélyszám: III/SZI/299/1976

Indexszám: 25.399

Törzsszám: KFKI-1984-207

Megjelenik évente négyszer.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE!

A kéziratot két példányban, magyar nyel-
ven, magyar, orosz és angol nyelvű cím-
mel, ábra- és táblázatfelirattal, eredeti
közlemény esetén pedig ugyancsak e
három nyelven készült, kb. 100-150 szó-
nyi kivonattal kérjük. A kézirat stilu-
sa kerülje a hivataloskodó, tudálékos
kifejezéseket, a nyelvet szintelenítő,
az olvassmányosságot rontó fordulatokat.
Szerzőink figyelmébe ajánljuk a "Hivata-
los nyelvünk kézikönyve" című kiadványt
/Biró Á., Grétsy L., Kemény G., Budapest,
1978/. A helyesírás az akadémiai helyes-
írás szabályait kövesse, a mértékegysé-
gek pedig az SI-t.

A kivonat ne ismételje meg a címet, és
ne tartalmazzon üres kifejezéseket. Ne a
célrt ismertesse, hanem az eredményt, le-
hetőleg számokkal kifejezve.

Rajzos ábrát tussal kihuzva vagy igen
fekete vonalú gyorsmásolatban, fényké-
pet eredetiben kérünk. A képeket, raj-
zokat kívánságra visszaküldjük.

A szerkesztőség a stiláris és helyes-
írási változtatás jogát fenntartja ma-
gának. A szerzők korrekturát és 50 kü-
lönlenyomatot, valamint egy tisztelet-
példányt kapnak.

Hirdetés felvesszünk, kongresszusi felhi-
vást, értesítést, hirt szívesen fogadunk.

*

Az Izotóptechnika a hazai izotópalkalma-
zás szerteágazó területeiről és aktuá-
lis elvi, valamint módszertani eredmé-
nyeiről kíván lehetőleg teljes képet ad-
ni a szakembernek. Célja, hogy a stabi-
lis és radioaktív izotópok orvosi, mező-
gazdasági, ipari felhasználásában elért
alap- és alkalmazott kutatási eredmények-
ről, a sugártechnika és sugárvédelem idő-
szerű és módszertani kérdéseiről, a ra-
dioaktív hulladék biztonságos kezelésé-
ről és más, hasonló területekről tájékoz-
tasson.

Utibeszámló, konferenciabeszámoló, ösz-
szefoglaló tanulmány, könyvismertetés
formájában tájékoztat az érdekesnek í-
télt hazai és külföldi eredményekről.
Az izotópalkalmazás további fejlődésének
és terjedésének elősegítésére ismertetést,
vitacikket, tájékoztatót közöl a hazai
szakmai körök életéről, problémáiról, javas-
latairól.

IZOTÓRTECHNIKA

27. ÉVFOLYAM

1984

1. SZÁM

TARTALOM

- Heterogén izotópcseré és csereáram-sűrűség fém/elektrolit rendszerben . 1
Kónya J.
Изучение гетерогенного изотопного обмена и плотности потока обмена в системе металла и электролита
Study of Heterogeneous Isotope Exchange and Exchange Current Density in Metal/Electrolyte Systems
- A ^{15}N -izotóphígítási vizsgálatok egy módszertani kérdéséről, I. 23
Bakonyi G., Nosek J.
О методологических проблемах разбавления изотопа ^{15}N , I.
A Methodological Problem of the ^{15}N Isotope Dilution Method, I.
- Egyszerű eljárások hasadási termékek korának meghatározására 34
Solymosi J., Vodicska M., Gaál L., Bäumlér E.
Простые методы определения возраста продуктов деления
Simple Methods for the Determination of the Age of Fission Products
- Atomerőmű környezetellenőrzése on-line számítógép felhasználásával 54
Deme S.
Контроль окружающей среды АЭС с использованием ЭВМ в режиме "он-лайн"
A Computerized On-Line System for Monitoring the Environment of Nuclear Power Stations
- Kromátbevonat vizsgálata radioaktív izotópos nyomjelzéssel 65
Drozda T., Maleczki E., Farkas Gy.
Изучение хроматного покрытия мечением радиоактивными изотопами
Study of Chromate Coatings by Radioisotope Tracing
- Tiroxinmérésen alapuló hipotireózis-szűrővizsgálati módszer 75
Navass Z.
Метод выборочного обследования гипотиреоза, основанного на измерении тироксина
Hypothyreosis Screening Based on the Determination of Thyroxine Level

SUGÁRBIOLÓGIAI ÉS ATOMERŐMŰVI SUGÁREGÉSZSÉGÜGYI KUTATÁSOK
Konferencia. Előadáskivonatok

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАДИОБИОЛОГИИ И РАДИАЦИОННОЙ ГИГИЕНЕ АЭС
Конференция молодых ученых. Тезисы докладов

STUDIES IN RADIOBIOLOGY AND RADIATION HYGIENE OF NUCLEAR POWER PLANTS
A Conference of Young Scientists, Abstracts

Bevezetés	81
Köteles Gy.	
A paksi atomerőmű vizkibocsátást ellenőrző rendszerének kidolgozása .	82
Ormai P., C.Szabó I.	
A radioaktív légszennyezők emissziójának laboratóriumi ellenőrzési programja a paksi atomerőműnél	82
C.Szabó I., Ormai P.	
A paksi atomerőmű I. blokkja indítása alatti sugárvédelmi mérések ...	83
Juhász L.	
Integrális α - és γ -sugárzásmérés lakóépületekben	83
Paripás B., Somogyi Gy., Nikl F., Takács S., Rohács Gy.	
Immobilizált 8-hidroxi-kinolin felhasználása víz nyomelemtartalmának meghatározására	84
Bokori E.	
Humán limfocitákon keletkező DNS-száltörés vizsgálata kombinált UVA /közeli ultraibolya sugárzás/ és UVC /távoli ultraibolya sugárzás/ be- sugárzás hatására	85
Almássy Zs., Holmberg, M.	
Röntgensugárzás okozta sejtfelszíni töltésváltozás morfológiai vizsgálata	86
Somosy Z., Kubászova T., Köteles Gy.J.	
Röntgensugárzás hatása limfociták magátmérőjére in vivo	86
Pikli I-né, Somosy Z.	
A prosztaciklinképzés dóziszfüggő változása akut ^{60}Co - γ -besugárzás után, patkány artériában	86
Horváth Gy., Benkő Gy.	
"Össejt" elválasztása csontvelőből, a csontvelő fagyasztása és ol- vasztása utáni életképesség vizsgálata	87
Halasy K., Fehér I., Aczél Á.	
Extracellulárisan alkalmazott kataláz hatása baktériumspórák sugárérzékenységére	87
Dám A., Gázsó L.	
Tolerinnel kezelt és ^{60}Co -gamma-besugározott patkányok nukleozid- uriája	88
Keresztes P., Pallos J., Csató E., Bertók L., Szabó L.	
Az ultrahang biológiai hatása in vivo	88
Székely Gy., Lendvai I.	
Jódkinetikai vizsgálatok sokcsatornás analizátorral	89
Turai I.	
A vér radiojód-koncentrációjának "in vivo" és "in vitro" meghatározása és dinamikája stabilis jódos kezelés hatására	89
Turai I.	
Humán kazein előállítása, jódjelzése és immunszérum termeltetése radioimmunoassay kidolgozásához	90
Szabó Gy., Offenmüller K., Körösi L.	

KÖNYVISMERTETÉS

Nuclear Medicine - Factors Influencing the Choice and Use of Radionuclides in Diagnosis and Therapy, NCRP Report No 70, Bethesda, 1982 /Bursics L./	91
HIREK	92

DR. ZSEBŐK ZOLTÁN

1908 - 1984

1984. február 20-án váratlanul elhunyt Dr. Zsebők Zoltán, a magyar orvosi radiológia kiemelkedő egyénisége.

A februári nap kora délutánján a Radiológiai Klinikáról távozni készült. A folyosón néhány percig elbeszélgetett a demonstrációra induló orvosokkal, kilépett az udvarra, autóját elindította - és ebben a pillanatban hirtelen szivmegállás véget vetett életének. Mozgás közben érte a halál, mintegy szimbolizálva, hogy a dinamizmus volt alapvető életformája.

1908-ban született Budapesten. 1934-ben avatták orvosdoktorrá a budapesti egyetemen.

Kezdetől fogva az ionizáló sugárzással végzett gyógyítás és diagnosztika áll orvosi pályafutásának tengelyében.

A diploma átvétele után a Rókus kórházban, majd az Eötvös Loránd Rádium- és Röntgenintézetben dolgozik. 1939-1945 között a beregszászi állami kórház röntgenfőorvosa, 1945-től népjóléti államtitkárként szervez és irányít.

1948-ban kerül a budapesti egyetemre, ahol kezdetben az I. sebészeti klinika röntgenosztályát vezeti, majd 1962-ben a radiológiai klinika igazgatójának nevezik ki. A klinikán akadémiai kutatócsoportot szervez, s ennek vezetésével 1962-ben bizzák meg.

Szakmai tevékenysége rendkívül széles skálán mozgott, igen eredményes volt. Céltudatosan, rendkívüli akaraterővel munkálkodott a hazai radiológia felvirágoztatásán. Vezetése alatt a klinika új épületbe költözött, a korszerű radiológia teljes spektrumát magába foglaló intézetté bővült.

Aktívan küzdött a magyar radiológia külföldi elismertetéséért. A nemzetközi tudományos együttműködést igen fontosnak tartotta. Ez irányú fáradozása nem maradt eredménytelen. Számos külföldi tudományos társaság választotta tagjává, járta a kongresszusokat, munkatársai közül többen voltak hosszabb ideig külföldön, tanulmányuton.

1953-ban nyerte el a kandidátusi fokozatot, az orvostudományok doktora címet 1957-ben kapta meg. 200-nál több közleménye jelent meg, tankönyvet, több monográfiát irt. Munkáit öt nyelvre fordították le, számos kiadásban jelentették meg.

Hosszu időn át volt a Magyar Radiológusok Társaságának elnöke és a Magyar Radiológia című folyóirat főszerkesztője.

Mindezek mellett széleskörű társadalmi.tevékenységet folytatott. Aktivan dolgozott, és fontos funkciókat töltött be az Országos Béketanácsban, a Hazafias Népfrentban, a Magyarok Világszövetségében, a református egyházban és több más társadalmi szervezetben.

Munkásságát mind szakmai, mind társadalmi vonalon elismerték. Ezt fémjelzi Kossuth-díja és több magas kitüntetése is.

1978-ban nyugállományba vonulva tartalmas, maradandó életműre tekinthetett vissza.

Utolsó útján, 1984. március 9-én, a farkasréti temetőben rokonai, ismerősei, munkatársai, tanítványai kísérték el arra a helyre, ahol egy mozgalmas, változatos, sikerekben és küzdelmekben egyaránt gazdag élet után végső nyugalomra lelt.

HETEROGÉN IZOTÓPCSERE ÉS CSEREÁRAM-SŰRŰSÉG FÉM/ELEKTROLITOLDAT RENDSZERBEN

Kónya József

A Kossuth Lajos Tudományegyetem Izotóplaboratóriuma, Debrecen, Pf. 8, 4010
/Érkezett 1983. július 18-án/

BEVEZETÉS

Az elektródfolyamatok részletes megismeréséhez a radioaktív nyomjelzés jelentős segítséget nyújthat, mivel sugárzó izotóppal a határfelületi reakcióban részt vevő komponensek sorsát, mozgását, tér- és időbeli eloszlását közvetlenül nyomon követhetjük. Az elektródreakciókkal kapcsolatos nyomjelzéses vizsgálatok közül kiemelkedő jelentőségű a csereáram-sűrűség meghatározása. E paraméter kiemelését az indokolja, hogy radioaktív izotóp alkalmazásával lehetővé válik az abszolút értékben egyenlő nagyságu anódos és katódos részfolyamat sebességének közvetlen kísérleti mérése, a fém és az elektrolitoldat között fennálló elektrokémiai egyensúlyban is. A csereáram-sűrűség az elektródfolyamatok fontos paramétere, de elektrokémiai mérési technikával közvetlenül nem mérhető.

A radioaktív komponensnek egyik fázisból a másikba való átjutását fém/elektrolitoldat rendszereknel az anódos és katódos részfolyamat sebessége, illetve, egyensúly esetén, a csereáram határozza meg. Ez alapján az



elektródfolyamat csereáram-sűrűségének radioaktív nyomjelzős meghatározása heterogén izotópcsere sebességének vizsgálatát jelenti.

Szilárd fém/elektrolitoldat rendszerben végbemenő heterogén izotópcsere Hevesy által végzett első vizsgálatát^{/1,2/} nagyon sok követte^{/3-98/}, amint erről az 1. táblázatból is meggyőződhetünk. E vizsgálatok nagy részét azonban nem elektrokémiai célzattal végezték, így legtöbbször az eredményeket ilyen értelemben nem is értékelték.

Olyan esetekben, amikor a heterogén izotópcsere sebességéből számolták a csereáram-sűrűséget, az eredmény jelentősen eltért az elektrokémiai méréssel kapott adatokból. A 2. táblázatban az Ag/Ag⁺ rendszerre vonatkozó, elektro- és radiokémiai módszerrel meghatározott csereáram-sűrűségi értékeket mutatjuk be. Látható, hogy a két módszerrel kapott adatok között öt-hat vagy ennél is több nagyságrend különbség van.

1. táblázat

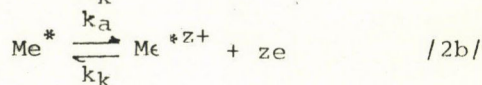
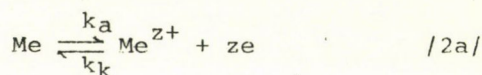
Radioindikációs módszerrel vizsgált, fém/elektrolitrendszerek

Системы металла и электролита, изученные радиоактивной индикацией

Metal/electrolyte systems studied with radioactive indication

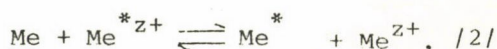
Rendszer	Hivatkozás
Ag/Ag ⁺	4, 5-11, 12-44, 45
Zn/Zn ²⁺	12, 37, 40, 47-62
Cu/Cu ²⁺	24, 26, 28, 31, 63-66
Pb/Pb ²⁺	1, 2, 13, 63, 67, 68
Fe/Fe ²⁺	69-75
Cd/Cd ²⁺	11, 76-77
Hg/Hg ²⁺	78-82
Mn/Mn ²⁺	63
Bi/Bi ³⁺	13, 62, 83
La/La ³⁺	63
Sb/Sb ³⁺	63, 67
Au/Au ³⁺	63, 84
Ta/Ta ³⁺	85, 86
Co/Co ³⁺	7, 8, 86, 87
In/In ³⁺	88
Te/Te ⁴⁺	63, 89
Se/Se ⁴⁺	90, 91
/Pt/I /I ⁻ , I ₂ , I ₃ ⁻	92
I/At ⁻	93
Zn-Cu/Zn ²⁺	94, 95
Al-Zn/Zn ²⁺	96
Zn-Ga/Zn ²⁺	97
Cu-Fe/Fe ²⁺	98

Ez több okra vezethető vissza. Az egyik az, hogy a heterogén izotópcseré nem elektrokémiai vizsgálatánál figyelmen kívül hagyták a folyamat elektrokémiai paramétereit. A radioaktív és a makrokomponens ionjának határfelületi reakciója a következő egyenlettel fejezhető ki:



/csillaggal a radioaktív komponenst jelöljük. A reakcióban az anion szerepét első közelítésben figyelmen kívül hagyjuk./

A heterogén izotópcseré-reakciót viszont a két egyenlet összevonásával írják le:



Ebben az egyenletben már az elektrokémiai jelleg nem domborodik ki, és formailag hasonló ahhoz, amelyet a heteropoláris ionkristályok felületén végbe menő izotópcseré leírására használnak a nem jelzett anion feltüntetése nélkül. Többben kísérleti vizsgálat nélkül feltételezték, hogy a fém/elektrolitoldat rendszerben elektrokémiai egyensúly áll fenn; hasonlóknak vélték ezt a nehezen oldódó fémsó és telített oldata közötti egyensúlyhoz.

A szilárd fém/elektrolitoldat rendszerben a radioaktív izotóp megoszlását azonban befolyásolhatja a korrózió, a fedőréteg képződése, az adszorpció a fém felületén vagy a fedőrétegen, izotópcseré a fém, illetve a fedőréteg és az oldatfázis között, a fémionok semlegesítődése.

A két fázis közötti elektrokémiai potenciálkülönbség dönti el, hogy a felsorolt folyamatok közül melyik irányítja a radioaktív izotóp megoszlását a fém és az elektrolitoldat között.

Az elektro- és radiokémiai módszerrel meghatározott adatok közötti eltérés másik oka, hogy az eredmények értékelésére alkalmazott határfelületi

modell nem megfelelően veszi figyelembe azokat a különbségeket, amelyek az elektro- és radiokémiai mérési eljárásból adódnak. A felhasznált kinetikai egyenletek az alkalmatlan modell miatt tulságosan egyszerűek. Ha az eddigi hiányosságokat ki akarjuk küszöbölni, és az elektro- és radiokémiai mérések eredményeit összehasonlíthatóvá akarjuk tenni, akkor a heterogén izotópcserereakciót, mint elektródfolyamatot kell értelmezni, és a jelenség leírására megfelelő határfelületi modellt kell kidolgozni.

2. táblázat

A csereáramsűrűség Ag/Ag⁺ rendszerben

Плотность потока обмена в системе Ag/Ag⁺

The exchange current density of Ag/Ag⁺ system

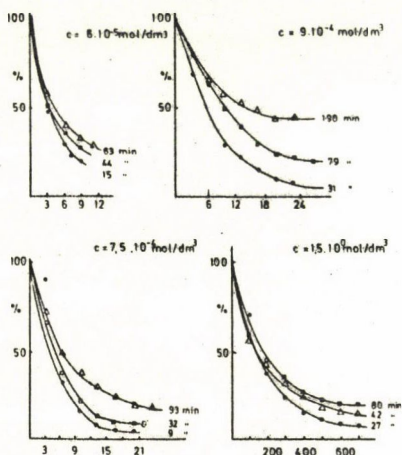
Kísérleti körülmények	Elektrokémiai Radiokémiai módszerrel meghatározott csereáram-sűrűség		Hivatkozás	Megjegyzés
	A · cm ⁻²			
0,1 mol · dm ⁻³ Ag ⁺ anion: ClO ₄		1 · 10 ⁻³	4	elektro- és radiokémia
0,1 mol · dm ⁻³ AgClO ₄ 1 mol · dm ⁻³ HClO ₄	4,5	-	99	potenciosztatikus
10 ⁻³ mol · dm ⁻³ AgClO ₄ 1 mol · dm ⁻³ HClO ₄	0,15	-	99	- " -
2 · 10 ⁻¹ - 0,1 · 10 ⁻¹ mol · dm ⁻³ AgClO ₄ + 1 mol · dm ⁻³ HClO ₄	0,1 - 0,03		100	galvanosztatikus
1 - 10 ⁻³ mol · dm ⁻³ AgClO ₄ 1 mol · dm ⁻³ HClO ₄	1,0 - 0,03		101	- " -
0,52 - 0,033 mol · dm ⁻³ AgNO ₃ pH < 2,4 pH > 2,4	3,8 5,5		110	impedancia
0,5 mol · dm ⁻³ AgClO ₄ + 0,5 mol · dm ⁻³	1,6 · 10 ⁻²		102	galvanosztatikus
0,1 mol · dm ⁻³ AgNO ₃	1,7 · 10 ⁻⁴	9,6 · 10 ⁻⁵	5	stacionárius polarizációs görbék radiokémiai
0,5 mol · dm ⁻³ AgNO ₃	-	4,1 · 10 ⁻⁹	6	
1,0 mol · dm ⁻³ AgNO ₃	-	3,2 · 10 ⁻⁵	7,8	radiokémiai
0,6 mol · dm ⁻³ AgNO ₃	-	1,8 · 10 ⁻²	9,10	elektro- és radiokémiai
0,1 mol · dm ⁻³ AgNO ₃	-	5 · 10 ⁻⁷ 2,0 · 10 ⁻⁸	11	radiokémiai

KISÉRLETI RÉSZ

Ag/Ag⁺ és Fe/Fe²⁺ rendszerben vizsgáltuk a fém/elektrolitoldat rendszerek kinetikai tulajdonságait, és kerestük az elektro- és radiokémiai cserereakciók leírására egyaránt alkalmas határfelületi modellt. Mivel a kinetikai értékeléshez megfelelő határfelületi modellre van szükség, ezért először az ehhez szükséges kísérleti vizsgálatokról számolunk be, és csak azután a kinetikai mérésről.

^{59}Fe -IZOTÓP ELOSZLÁSA A FÉMES FÁZISBAN

A jelzett elektrolitoldatból a fém fázisban felhamozódott radioaktív izotóp eloszlását a következőképpen vizsgáltuk. A vaselektrodát különböző töménységű, jelzett Fe^{2+} -ionokat tartalmazó oldatba mártottuk. /A kísérleti feltételeket és körülményeket a kinetikai kísérleteknél írjuk le./ A megfelelő kísérleti idő /az 1. és 2. ábrán a görbék mellé irt időadatokat a bemártás idejét jelentik/ eltelté után eltávolítottuk az oldatot az elektródról, és az elektródot bidesztillált vízzel jól lemostuk, és szűrőpapírral megszáritottuk. Ezalatt az elektródot semleges gázatmosfera vette körül. Megmértük az elektród radioaktivitását, és ezt tekintettük 100%-nak. Ezután 750 cm^3



1. ábra

Az ^{59}Fe izotóp eloszlása a vaselektrod felületi atomrétegeiben

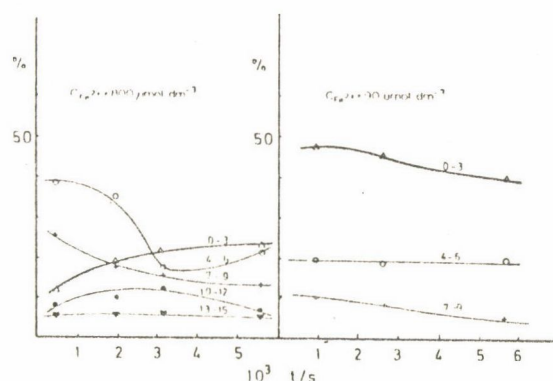
Распределение радиоизотопа ^{59}Fe , накопленного в поверхностных слоях атомов железного электрода

Distribution of radioactive isotope ^{59}Fe accumulated in the surface atomic layers of the iron electrode

jégecetet, 185 cm^3 65%-os perklórsavat és 50 cm^3 bidesztillált vizet tartalmazó oldatban /72/ anódosan oldottuk az elektródot oly módon, hogy egy-egy alkalommal a leoldott vas mennyisége ne legyen több, mint ami három felületi atomrétegnek megfelel, egyenletes oldást feltételezve. A három rétegenkénti leoldást addig folytattuk, míg az elektródon a radioaktivitás mérhető volt. A kísérleti eredményeket az 1. és a 2. ábrán mutatjuk be. Az 1. ábrán az ordináta azt mutatja, hogy a megfelelő számú atomréteg leoldása után az ^{59}Fe mennyiségének hány százaléka maradt még az elektródon, az abszciszszán a leoldott atomrétegek száma található. A leoldás előtti csereki-sérleteknél alkalmazott Fe^{2+} -ionok koncentrációját mutatják az ábrán látható értékek.

A 2. ábrán azt mutatjuk be, hogy egy-egy felhalmozódási kísérlet alatt a vizsgált atomrétegben hogyan változik a radioaktív izotóp mennyisége.

A görbékéből megállapítható, hogy az ^{59}Fe felhalmozódási idejének és a kísérletben alkalmazott Fe(II) -ionok koncentrációjának növekedésével nő a radioaktív izotópnak az elektródba való behatolási mélysége.



2. ábra

Az ^{59}Fe izotóp eloszlásának időbeli változása a vaselektrod felületi atomrétegeiben

Распределение радиоизотопа ^{59}Fe , накопленного в поверхностных слоях атомов железного электрода в зависимости от времени

Distribution of radioactive isotope ^{59}Fe accumulated in the surface atomic layers as a function of time

A HETEROGÉN IZOTÓPCSERE KINETIKÁJÁNAK KISÉRLETI VIZSGÁLATA

Az elektrokémiai célú radioindikációs vizsgálatnál fontos követelmény, hogy mind a radio-, mind az elektrokémiai paramétereket kézben tudjuk tartani. Ez sok esetben nehéz, csak kompromisszummal lehetséges. Méréstechnikailag egyszerűbb a helyzet, ha a kétféle eljárást külön-külön alkalmazzuk, azonos feltételek között. Ilyenkor viszont nehéz biztosítani a szigorúan azonos kísérleti körülményeket.

Kísérleteinkben az ezüstelektrod 99,99% tisztaságu, 4 cm^2 geometriai felületű ezüstlemez volt. Használat előtt mindig frissen poliroztuk először $0,1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ KCN-oldatban, majd alapos mosás után $0,1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ HNO_3 oldatban, s ezt szintén alapos mosás és szárítás követte.

A $9,1\text{ cm}^2$ geometriai felületű vaselektrod $\text{C} < 0,1\%$, $\text{Si} < 0,03\%$, $\text{Mn} < 0,02\%$ S, P $< 0,04\%$ szennyezést tartalmazott. Ezeket az elektródokat is mindig frissen készítettük elő használatra elektropolírozással, a már ismertetett fürdőben. Az anódos áramsűrűség $0,1\text{ A}\cdot\text{cm}^{-2}$.

A Fe/Fe^{2+} rendszerben végzett kísérleteknél 10 cm^3 volt a kísérleti oldat térfogata; alapelektrolitként $0,1\text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ NaClO_4 oldatot alkalmaztunk, melynek pH-ját HClO_4 -gyel állítottuk be.

Ag/Ag^+ rendszer vizsgálatánál az oldat térfogata 20 cm^3 volt, a pH-t perklórsavval vagy salétromsavval állítottuk be. Az Fe^{2+} -ionok kiindulási

koncentrációja $0,23-800 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ között, az Ag^+ -ionoké pedig $0,009-10 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ között változott. Az Ag^+ -ionok koncentrációjának alsó határát az alkalmazott radioaktív izotóp, a ^{111}Ag mennyisége jelentette. Külön mértük az oldatok pH-jának és koncentrációjának a kísérlet ideje alatti változását. Fe/Fe^{2+} rendszerben a kísérleteket oxigénmentesített védőgáz atmoszférában, Ag/Ag^+ rendszerben pedig levegővel telített oldatokban, védőgáz-atmoszféra nélkül végeztük.

Nyomjelzőként 137 GBq/g fajlagos aktivitású ^{59}Fe -t használtunk, melynek kétértékű formáját úgy biztosítottuk, hogy az eredetileg szállított oldatból kielektrolizáltuk a vasat, és HClO_4 -ben hidrogén atmoszférában leoldottuk. A ^{111}Ag -t hordozómentes formában neutronnal besugárzott palládiumból állítottuk elő. A ^{111}Ag -t minden kísérletsorozathoz frissen elektrolizáltuk, a radiokolloidok megjelenésének elkerülése végett.

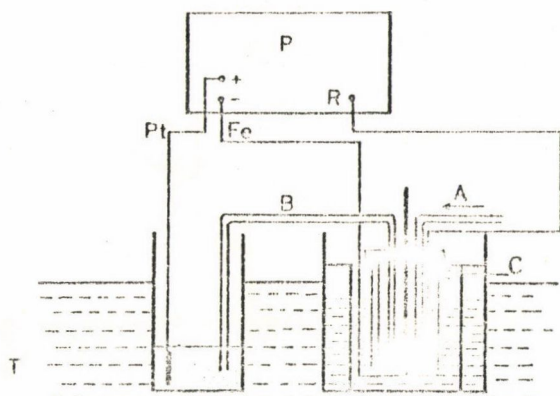
A ^{110}Ag $13,8 \text{ GBq/g}$ fajlagos aktivitású ezüstlemez feloldásával készült. A vizsgálatokban használt minden anyag a.l.t. minőségű volt.

A vizsgált rendszerek határfelületi reakcióit olyan módon tanulmányoztuk, hogy a fémet a radioaktív ionokat is tartalmazó oldatba mártottuk, majd a kísérleti idő eltelte után mértük az elektródon felhalmozódott radioaktivitást. Ezt a módszert kiterjedten alkalmazzák. Az eljárás előnye, hogy nagy fajlagos aktivitású oldatból igen kis mennyiségű anyag felvétele is kimutatható. Olyan feltételek mellett is végrehajtható a mérés, amikor a felület borítottsága kb. $0,1\%$. A módszer hátránya, hogy csak szakaszos mérést tesz lehetővé, és az első másodpercekben lejátszódó reakciónak csak integrális értéke mérhető. Ezt a kísérleti eljárást alkalmaztuk $^{110}\text{Ag}^+$ -, $^{111}\text{Ag}^+$ -, valamint több esetben $^{59}\text{Fe}^{2+}$ -ionok cseréjének vizsgálatánál, egy általunk kifejlesztett mérőcellában /3. ábra/.

A másik mérési módszernél az oldat aktivitását mértük. E kísérleti eljárás előnye, hogy folyamatos mérést tesz lehetővé, már az első másodpercek aktivitásváltozása is mérhető. Hátránya, hogy nagymérvű aktivitásváltozásnak kell az oldatban lejátszódnia, ezért nagy elektródfelületet és kis oldattérfogatot kell használni. Ilyen körülmények között esetenként az oldatösszetétel jelentős változásával kell számolni. Nehézséget jelent még az is, hogy az oldat aktivitásának minden változását az elektród felületén lejátszódó folyamatnak tulajdonít, s így pl. figyelmen kívül hagyja az edény felületén végbemenő abszorpciót.

A Fe/Fe^{2+} rendszer vizsgálatára kidolgozott cellánk alkalmas volt ez utóbbi módszer és az elektrokémiai mérések együttes alkalmazására.

A Fe/Fe^{2+} rendszert potenciosztatikus feltételek mellett vizsgáltuk. Ag/Ag^+ rendszerben mértük az ezüst elektród telített kalomelektrodhoz /TKE/

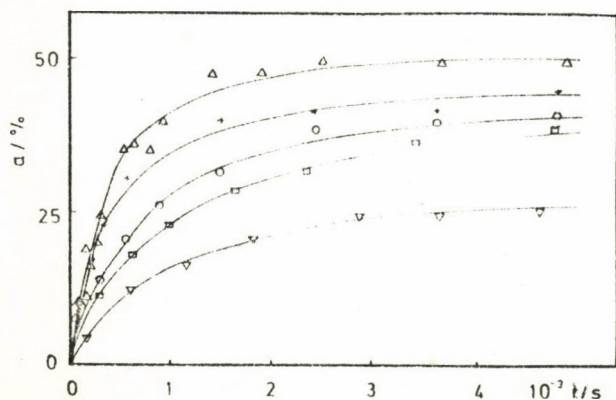


1. ábra

Kísérleti cella /C/, a cella fenekét alkotó munkaelektrod /Fe/, ellenelektrod /Pt/, referenciaelektrod /R/, a védőgáz bevezetése /A/, ASA 100 1C potenciostát /P/, termosztáló közeg /T/ és a két elektrod összekötésére szolgáló hid /B/

Измерительная ячейка /C/, работающий электрод /Fe/, платиновый электрод, формирующий дно ячейки /Pt/, электрод референции /R/, вход защитного газа /A/, потенциостат типа ASA 100 1C /P/, термостатирующая среда /T/ и мост соединения электродов /B/

Measuring cell /C/, working electrode /Fe/, forming the bottom of the cell, platinum electrode /Pt/, reference electrode /R/, argon inlet /A/, ASA 100 1C potentiostat /P/, thermostating fluid /T/ and bridge ensuring electric connection /B/



4. ábra

A ^{110}Ag felhalmozódása ezüst felületen, $\text{pH} = 2$, $t = 20^\circ\text{C}$

Δ	$c_{\text{Ag}^+} = 1 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$
+	$= 3,3 \text{ "}$
o	$= 4,3 \text{ "}$
□	$= 6 \text{ "}$
∇	$= 10 \text{ "}$

Накопление ^{110}Ag на поверхности серебра

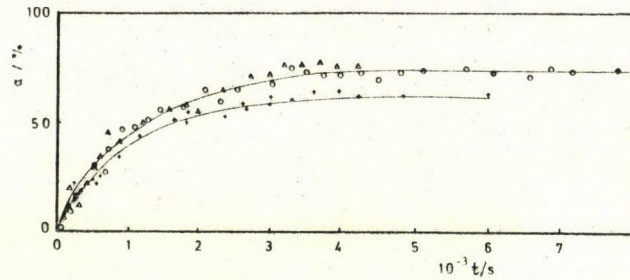
Accumulation of radioactive ^{110}Ag on the surface of the silver electrode

viszonyított potenciálját. A potenciál kb $10^{-6} \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ Ag^+ -ionkoncentrációig követte a Nemst-féle egyenlethől számított értéket, kisebb Ag^+ -ionkoncentrációnál az oxigén-depolarizáció egyre jobban befolyásolta a potenciál értékét, pozitívabbá vált, mint az egyensúlyi potenciál. Hordozómentes ^{111}Ag -oldathban kb 120 mV értéket vett fel /TKE/. Egy-egy kísérletben azonban, az oxigén koncentrációjának állandósága és az ezüst igen kis korróziósebessége miatt, az elektrod potenciálja a kísérleti hiba határán belül állandó volt.

A Fe/Fe^{2+} rendszerben végzett kísérletek közül néhánynak az eredményét a 6. és 7. ábrán mutatjuk be. Az ábrán vaselektrodon az ^{59}Fe felhalmozódásának sebessége látható különféle kísérleti feltételek mellett.

A $^{110}\text{Ag}^+$ -ionokkal végzett kinetikai mérések közül néhány a 4. ábrán, a $^{111}\text{Ag}^+$ -ionokkal végrehajtottak közül néhány az 5. ábrán látható.

A 4-7. ábra ordinátáján a fémen lévő radioaktivitás mennyiségét a rendszerben lévő összes radioaktiv izotóp százalékában tüntettük fel, az abszciszszán pedig a kísérleti időt másodpercben.



5. ábra

A ^{111}Ag felhalmozódása ezüst felületen, $t = 20^\circ\text{C}$

$c_{\text{Ag}^+} = 0,009 \mu\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$

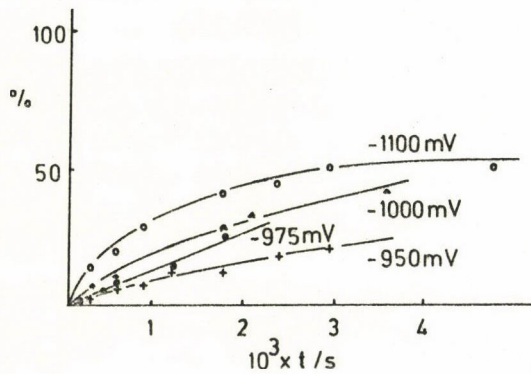
+ pH = 2

Δ = 2,5

o = 3

Накопление ^{111}Ag на поверхности серебра

Accumulation of ^{111}Ag on the surface of the silver electrode

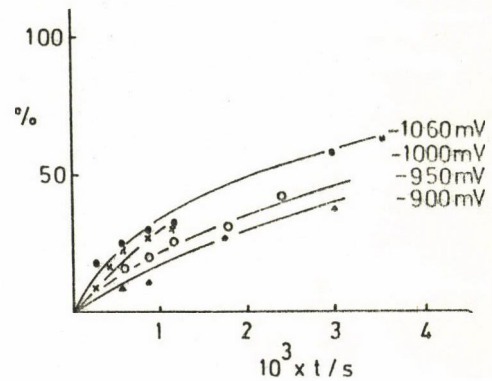


6. ábra

A vaselektrod radioaktivitásának változása az időben, $t = 25^\circ\text{C}$

Изменение по времени радиоактивности железного электрода, $t = 25^\circ\text{C}$

The radioactivity of iron electrode as a function of time at $t = 25^\circ\text{C}$



7. ábra

A vaselektrod radioaktivitásának változása az időben, $t = 35^\circ\text{C}$

Изменение по времени радиоактивности железного электрода, $t = 35^\circ\text{C}$

The radioactivity of iron electrode as a function of time at $t = 35^\circ\text{C}$

EREDMÉNYEK

A NYOMJELZŐ MEGOSZLÁSÁNAK HATÁRFELÜLETI MODELLE SZILÁRD FÉM/ELEKTROLITOLDAT RENDSZERBEN

A fém/elektrolitoldat rendszerben lefolyó heterogén izotópcserénél elsődlegesen a jelzett ionnak a fázisok közötti megoszlását kell tanulmányozni.

A heterogén izotópcserereakció szabadentalpiájának változása csak az izotópok új eloszlásából adódó entrópiainövekmény eredménye:

$$\Delta G = - T \Delta S_{\text{elegy}} \quad /3/$$

A moláris elegyedési entrópia ($M \Delta S_{\text{elegy}}$) a reakció tetszés szerinti időpillanatában ^{/109/}:

$$M \Delta S_{\text{elegy}} = - R \sum x_i \ln x_i \quad /4/$$

ahol

x_i az i -edik komponens móltörtjét jelenti.

Ha n a radioaktív mikrokomponens, N a radioaktív izotóppal azonos kémiai minőségű inaktív atomok móljainak száma, akkora ^{/2/} egyenletre felírható:

$$x_1 = \frac{n}{n + N} \quad /5a/$$

$$x_2 = \frac{N}{n + N} \quad /5b/$$

Az ^{/5b/} egyenlet alapján könnyen belátható, hogy ha $n \ll N$, akkor a makromennyiségben jelenlévő inaktív atomokra nézve az elegyedési entrópia értékének változása zérus.

A továbbiakban csak a mikrokomponensre kell figyelmünket fordítani.

Az elegyedési folyamat megszűntét jelzi, ha az elegyedési entrópia maximumot ér el. Ha az egész rendszerre elértük az elegyedési entrópia abszolút maximumát, akkor a rendszer bármely rekesze, tetszőlegesen kis térfogateleme,

$$\frac{n}{n + N} = e^{-(1+\beta)} = \text{állandó} \quad /6/$$

azonos állandóval jellemezhető. Ha a rendszer fázisai között nem korlátlan az izotópcserere, akkor minden fázisra más és más állandó érvényes.

Az előzőek alapján vizsgáljuk az elegyedési folyamatot fém és saját ionjait tartalmazó elektrolitoldatban végbemenő heterogén izotópcserénél. /A megfontolás egyszerűsítése végett tételezzük fel, hogy az oldatot jeleztük./ Csere előtt az oldatfázisra érvényes:

$$\frac{n}{n + N} = \text{állandó} = a_1 \quad /7/$$

a_1 az oldat fajlagos aktivitásával arányos mennyiség. A cserereakció befeje-

zése után az elegyedési entrópia eléri maximális értékét:

$$\frac{n}{n + N + N_{Me}} = a_2 \quad /8/$$

N_{Me} a fém cserében részt vevő atomjainak számát jelenti.

A fém/elektrolitoldat : egész rendszerénél az elegyedési entrópia abszolút maximuma csak akkor érhető el, ha ennek sem reakciókinetikai, sem szerkezeti akadálya nincs. Hg/²⁰³Hg²⁺ rendszerénél^{/79-83/} elérhető az entrópia abszolút maximuma az egész rendszerre vonatkozóan. Ebben az esetben az N_{Me} a fémes fázisban lévő Hg-atomok összes számát jelenti.

Másik esetként tekinthető, amikor a fémnek szigorúan csak felületi atomjai vesznek részt a cserében. Ebben az esetben a /7/ és /8/ egyenletből a Paneth-féle eloszlás adódik:

$$\frac{i_{Me}}{i_o} = \frac{S}{m_{oMe} z^+} \quad /9/$$

ahol i_{Me} (cpm/felület) a fém, i_o (cpm/oldattérfogat) az oldat radioaktivitását, S a fém felületét (mol/felület), $m_{oMe} z^+$ (mol/oldattérfogat) az oldatban lévő, a fémmel azonos kationok moljainak számát jelenti.

A szilárd fém/elektrolitoldat rendszerben lezajló heterogén izotópcserénél általában nem ezzel a két esettel kell számolni, hanem azzal, amikor a radioaktív izotóp, mérhető kísérleti időn belül, a legkülső felületi atomrétegnél mélyebbre hatol ugyan, de a teljes fémes fázisra nem terjed ki a csere. A radioaktív izotóp a reakció folyamán néhánytól több száz vagy esetleg ezer atomrétegnyi mélységig behatolhat a fém belsejébe. Ag/Ag⁺ rendszerben néhány μm mélységbe is bejut a radioezüst^{/17, 40, 41/}.

Fe/⁵⁹Fe²⁺ rendszerben vizsgáltuk a heterogén izotópcsere alatt a radiovas behatolását a fém belsejébe. Az eredmény az 1. és 2. ábrán látható. Az ⁵⁹Fe legalább két típusú folyamat eredményeként kerül a fémes fázisba /1. ábra/. Egyiket gyorsabb, meredekebb lefutású görbe jellemzi, a másikat pedig lassabb. A 2. ábrán, mely három-három atomrétegenként mutatja a radioaktív izotóp mennyiségének időbeli változását, látható, hogy a külső rétegekben és az oldatban lévő ⁵⁹Fe izotópra megoszlási egyensúly áll be. A mélyebb rétegekbe pedig más típusú reakció következtében kerül a radioaktív izotóp.

Megállapítható az is, hogy a töményebb oldatból mélyebbre hatol be a radioaktív izotóp a fém belsejébe.

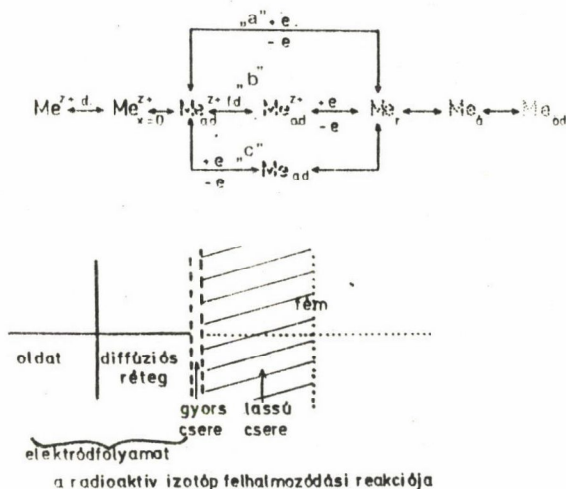
Ezek az eredmények, valamint mások^{/4, 16/} hasonló vizsgálatai igazolni látszanak azt a feltételezést, hogy a második részfolyamat a felület át-

épülése, "simulása". Az első részfolyamat, az oldat és a felületi réteg közötti radioaktív izotópmegoszlás jelenti a cserét.

E két részfolyamatot követi még egy harmadik is; a fém belsejébe irányuló öndiffúzió. Mi ezzel kapcsolatban ugyan kísérletet nem végeztünk, de az irodalmi adatok alapján fellépése feltételezhető.

Az eloszlási görbék /1. és 2. ábra/ egyértelműen mutatják, hogy az elektródon mérhető radioaktivitásnak csak törtrésze ($1/k$) az, amit a heterogén izotópcseré-reakció értékelésénél figyelembe kell venni, a többi ugyanis más folyamat révén kerül a fém belsejébe.

A bemutatott eloszlási görbék, valamint a kinetikai görbék alapján megszerkeszthető a fém/elektrolitoldat rendszerére a radioaktív izotóp megoszlásának modellje /8. ábra/. A modellen látható, hogy a radioaktív ion milyen uton jut el az oldat belsejéből a fémbe, amely természetesen megfelel a heterogén reakciók törvényszerűségeinek.



8. ábra

A radioaktív izotóp felhalmozódásának határfelületi modellje

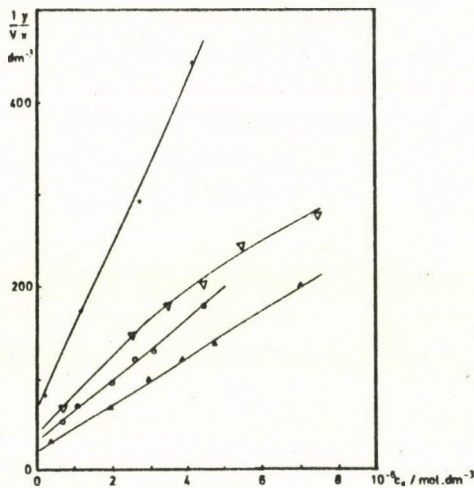
Модель граничной поверхности накопления радиоактивного изотопа

Interfacial model of radioactive isotope accumulation

Szembetűnő a modelltől, a részlépések értékelésénél, az elektrokémiai reakció és a radioaktív izotóp felhalmozódása közötti lényeges különbség: az előbbivel csak a csererétegig követjük a reakciót /polarizációs görbék/, amíg az utóbbival akarva, nem akarva, mindig mérjük a felületi rétegek átépülése miatt bekövetkező aktivitásfelvételt is, sőt esetleg még az öndiffúzió eredményét is.

Ezért, ha az elektrokémiai mérés eredményét össze akarjuk hasonlítani a radiokémiai vizsgálat adataival, akkor el kell különítenünk a radioaktivitásnak azt a részét, amely a csere-rétegen található, attól, amely mélyebb rétegekben van.

Milyen vastag ez a csere-réteg? Általában függ az oldat koncentrációjától és hőmérsékletétől. 10^{-5} - 10^{-6} mol·dm⁻³ koncentrációju ezüst oldatban vizsgáltuk átlagos vastagságát, a következőképpen.



9. ábra

Az Ag/Ag⁺ csereizoterma Langmuir-féle reprezentációban

Изотерма обмена Ag/Ag⁺ в представлении Лангмуира

Exchange isotherms of system Ag/Ag⁺ by Langmuir

A cserekisérletekből un. csereizoterma szerkeszthető. Az adatokat Langmuir-féle reprezentációban ábrázolva az izotermák hajlásszögéből a csereben részt vevő atomok száma megadható. Az Ag/Ag⁺ rendszerre vonatkozó adatokat a 9. ábrán mutatjuk be. E szerint a csere néhány atomrétegre terjed. Egyéb adatok is azt bizonyítják, hogy néhányszor tíz atomrétegnél tömnyebb oldatban sem terjedhet nagyobbra a "gyors" csere réteg.

A fém felületi rétegeinek azon részét tekintjük "gyors" csere rétegnek, amely közvetlen csereben van az oldattal. Amennyiben felületszerkezeti okok nem akadályozzák a csere reakciót^{109/}, úgy ebben a ré-

tegben a radioaktív izotóp fajlagos aktivitása rövid idő alatt megegyezik az oldat fajlagos aktivitásával //7/ és /8/ egyenlet/.

A gyors csere rétegbe az oldatból a diffúziós rétegen keresztül érkeznek a /radioaktív és nem radioaktív/ ionok a fémfelületre ($Me_{x=0}^{z+}$). A felületi rétegben megy végbe a dehidratáció, mely lehet gátolt, illetve részleges. Ugyanitt zajlik le az ionok részleges vagy teljes semlegesítődése. Ez már a csere rétegnek része.

Az "a", "b" és "c"-vel jelzett reakcióutak a csere rétegben játszódnak le /szimbólumuk szaggatott vonal/. A Me_{ad} adatomok és Me_{ad}^{z+} adionok a felülettel párhuzamosan, két dimenzióban mozoghatnak, esetleg egyetlen lépésben azonnal a rácsnövekedési helyhez kerülnek. Az elektrokémiai reakció itt be is fejeződik, illetve hasonló uton jut vissza az oldatba az ion.

A radioaktív vizsgálatok a 8. ábrán látható modellt kiegészítik a felületi réteg átépülésével / Me_{at} /, /melyet a modellen "lassu" csere rétegnek nevezünk/ és a fémbe való öndiffúzióval. A modellen a fémes fázis belsejében lejátszódó folyamatokban részt vevő anyagokat pontsör szimbolizálja. E modellel lehetővé válik az elektro- és a radiokémiai mérés összehasonlítása és a csere reakciók kinetikai értelmezése.

A RADIOAKTIV IZOTÓP FELHALMOZÓDÁSÁNAK KINETIKAI LEIRÁSA

Az ionok az elektrolitoldatból a fémbe vagy a fémből az elektrolitoldatba elektrokémiai reakció, heterogén folyamat eredményeképpen lépnek át. A bruttó reakció párhuzamos és egymást követő részfolyamatok összességéből áll. Az előzőekben bemutatott modell értelmezéséből következik, hogy a radioaktív izotóp felhalmozódásának kinetikai leírásánál, az elektrokémiai részfolyamaton túl, számításba kell venni a fémfelület izotermikus átépülését és az öndiffúziót is.

A 3. táblázatban foglaljuk össze a heterogén izotópcseré leírásánál gyakrabban használt egyenleteket olyan alakban, amely azt az esetet írja le, amikor az oldatot jelezzük, és a fém a kísérlet kezdetén nem tartalmaz radioaktív izotópot. a_t a radioaktív izotóp mennyisége a fémfelületen adott t időpillanatban, a_∞ a fémfelületen a megoszlási egyensúly elérése után, c az oldat koncentrációja, m a kísérleti oldatban a fémmel azonos kémiai minőségű ionok mennyisége, S a fémelektród felülete, v_0 a cseresebessége, D az öndiffúziós együttható. A többi jel különféle állandókat jelent.

3. táblázat

A heterogén izotópcseré leírására alkalmazott kinetikai egyenletek
Кинетические уравнения для описания гетерогенного изотопного обмена
The kinetical equations describing heterogeneous isotope exchange

Egyenlet	Hivatkozás
1. $\frac{a_t}{a_\infty} = 1 - \exp(-t/\tau)$	18, 82, 103
2. $\frac{a_t}{a_\infty} = 1 - A_R \exp(-k_R t) - A_S \exp(k_S t)$	58, 59
3. $\frac{a_t}{a_\infty} = 1 - A_1 \exp(-k_1 t) - A_2 \exp(-k_2 t) - A_3 \exp(-k_3 t)$	24
4. $\frac{a_t}{a_\infty} = 1 - \exp(-\frac{m+S}{mS} v_0 t)$	104, 105
5. $a_t = bt^n$	63
6. $\log a = bt + g$	16
7. $\ln\left(1 - \frac{a_t}{a_\infty}\right) = -\frac{RT}{\Omega} \ln K_0 + \ln t$	38, 39
8. $\frac{a_t - a_\infty}{a_0 - a_\infty} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{m=1,2,\dots}^{\infty} \frac{1}{m^2} \exp\left(-m^2 \frac{\pi^2 D}{4\Delta} t\right)$	103
9. $a_t = 2 C_0 (Dt\pi)^{1/2}$	17, 18, 37, 40, 41, 65

Az /1/- /4/ egyenlet ugyan elvileg jól meg van alapozva, de nem veszi figyelembe a felhalmozódás minden részlépését, s így cseresebesség meghatározására nem is alkalmas. Az /5/ és /6/ egyenlet empirikus, a /7/ pedig kapcsolatot teremt az /1/ és az /5/ egyenlet között. A /8/ és /9/ egyenlet az öndifuziót írja le.

Ezeknek az egyenleteknek az alkalmazásával nem sikerült a radio- és az elektrokémiai mérés között összhangot teremteni. Alkalmasabbnak látszik az elméletileg megalapozott egyenleteket a 8. ábrán látható modell alapján módosítani, azaz elkülöníteni a felhalmozódott radioaktív izotópnak azt a részét, amelyik a csereakcióban kerül a felületre, attól, amelyik a felület átépülésével kerül oda. Ennek megfelelően a /2/ egyenlettel jelzett reakcióban a radioaktív izotóp felhalmozódását a következőképpen írhatjuk le:

$$\frac{da}{dt} = v_k \frac{I - a}{m} - v_a \frac{a}{S} \frac{1}{k}, \quad /10/$$

ahol v_k az ionoknak az oldatból a fémbe való átlépésének sebessége, v_a a fém oldódásának sebessége, I a rendszerben lévő radioaktív izotópok mennyisége, ugyanolyan egységben, mint a felületen felhalmozódott radioaktivitás mennyisége, a . Az $1/k$ szorzótényező megadja, hogy az elektródon lévő radioaktivitás hanyadrésze van a "gyors" csererétegben.

A /10/ differenciálegyenlet általános megoldása nehézségbe ütközik, mivel v_k , v_a , k és az m is függvénye az időnek. Így a megoldást csak néhány egyedi esetre adjuk meg, amelyeknél lényeges egyszerűsítő feltételeket vezethetünk be.

A /10/ egyenlet egyik megoldása arra az esetre vonatkozik, amikor a fém és az elektrolitoldat megfelelő ionjai között elektrokémiai egyensúly van ($\Delta\tilde{\mu} = 0$). Ekkor $v_a = v_k = v_0$, $\frac{dm}{dt} = 0$. Ha ezt még kiegészítjük azzal a kikötéssel, hogy a k értéke állandó legyen, a differenciálegyenlet megoldása:

$$a = a_\infty \left[1 - e^{-\left(\frac{1}{kS} + \frac{1}{m}\right)v_0 t} \right], \quad /11/$$

$$a_\infty = \frac{1}{\frac{m}{kS} + 1}.$$

Megoldottuk a /10/ differenciálegyenletet olyan feltételek mellett is, amikor $\Delta\tilde{\mu} \neq 0$, a $v_a > v_k$. A v_k nagysága azonban a jelzett ion koncentrációjának első hatványával változik. A k értékét ebben az esetben is állandónak tételeztük fel:

$$a = \frac{1}{1 + \frac{v_a m}{kS v_{k0}}} \left[1 - e^{-\left(\frac{v_{k0}}{m} + \frac{v_a}{kS}\right)t} \right] \quad /12/$$

A radioaktív izotóp felhalmozódását leíró /11/ és /12/ egyenlet formailag nem különbözik a 3. táblázatban lévő 1. vagy 4. egyenlettől.

Az 1. és 2. ábrából, valamint az ezek alapján szerkesztett, a 8. ábrán látható modellből egyértelműen következik, hogy a felhalmozódási /csere/ kísérlet ideje alatt az $1/k$ értéke változik, olyan irányban, hogy az elektródon lévő összes radioaktivitásnak mind kisebb és kisebb része található a csererétegben, a többi pedig a mélyebb rétegekben.

A radioaktivitás felvételének ilyen jellegét támasztják alá a 4-7. ábrán látható kinetikus görbék is: az aktivitás elektródon történő gyorsabb felhalmozódását egy lassabb követi.

A szilárd fém/elektrolitoldat rendszerben nagyon gyakran előfordul, hogy a felhalmozódást leíró $a = f(t)$ függvény lefutása erősen függ az elektródfelület nagyságának és az oldatban lévő jelzett ionok mennyiségének viszonyától. Ez a jelenség könnyen értelmezhetővé válik a /11/ és /12/ egyenlet kitevőjének elemzése alapján. Ha az oldat hig, akkor a kivetőben szereplő mennyiségek közül az $1/m$ nagy szám: $1/kS < 1/m$, ennek következtében a k értékének növekedése alig-alig változtatja meg a kitevő értékét. A felhalmozódási görbe leírható két - három exponenciális taggal /3. táblázat, 2. és 3. egyenlet/.

Töményebb oldatban, amelynél $1/m < 1/kS$, a /11/ és /12/ egyenletben szereplő kitevő a kísérleti idő növekedtével állandóan csökken. Ennek következtében a felhalmozódás az exponenciális tagok egész sorával írható le. Kimutatták ^{/43, 44, 106-108/}, hogy ha több exponenciális taggal írható le a felhalmozódás /a csere/ kinetikai egyenlete, akkor a 3. táblázatban szereplő 5. és 7. egyenlet is kielégíti a radioaktivitás-felvétel időbeli változását leíró $a = f(t)$ függvényt. Minden olyan esetben, amikor a csere alatt nagymértékű a kitevő értékének változása /ami főképpen töményebb oldatokban következik be/, akkor a csere időbeli lefutását leírja az empirikus egyenlet is /3. táblázat 5. egyenlet/.

A /11/ és /12/ egyenlettel leírt görbék azonos tendenciájuk: mindkettő $t \rightarrow \infty$ esetén határértékhez tart:

$$a_{\infty} = \frac{I}{\frac{m}{kS} + 1} \quad /11a/$$

$$a_{\infty} = \frac{I}{1 + \frac{v_a m}{v_{k0} kS}} \quad /12a/$$

Az exponenciális tag kitevője ugyan más-más tartalmat hordoz, attól függően, hogy fennáll-e az elektrokémiai egyensúly a fém és elektrolitoldat fázisai között, vagy sem. A csere-/vagy felhalmozódási/ kísérlet alapján kapott kinetikus görbéből azonban közvetlenül nem dönthető el az elektrokémiai egyensúly megléte, mivel az anódos oldódás bizonyos feltételei mellett /12/ egyenlet megoldásánál alkalmazott kikötések/ a görbe alakja ugyanolyan, mint az elektrokémiai egyensúly esetén.

Az egyensúly megállapítására fém/elektrolitoldat rendszerben mindig külön elektrokémiai mérést kell végezni, és a kísérleti adatokat a mérési eredmény alapján értékelni.

Elektrokémiai szempontból éppen ezért rendkívül kétes értékűek az elektrokémiai paramétereket figyelmen kívül hagyó heterogén izotópcsere-kísérletek eredményei. A nem egzakt körülmények között végzett kísérletekből számított elektrokémiai adatok nem is egyezhetnek az elektrokémiai mérések értékeivel. A hibás adatok láttán sokan megkérdőjelezték a radioindikáció elektrokémia alkalmazásának célszerűségét az elektrokémia több területén.

A FELHALMOZÓDÁSI, ILLETVE A CSEREFOLYAMATOK SEBESSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA

A $k = f(t)$ függvény szabatos elméleti meghatározása ez idő szerint nem lehetséges. Így a /11/, illetve a /12/ egyenletből a v_0 , v_a , v_k közvetlenül nem számítható ki. Ez a nehézség úgy küzdhető le, hogy a /10/ egyenletnek $t = 0$ helyen meghatározzuk a differenciálhányadosát:

$$\left(\frac{da}{dt}\right)_{t \rightarrow 0} = v_k \frac{I}{m} .$$

/Elegendő számú kísérleti adat esetén a differenciálhányados gépi meghatározása rutin feladat/. I jelenti az oldat kezdeti aktivitását, m pedig az elektrolitoldatban a jelzett ion kezdeti anyagmennyiségét.

A differenciálhányados ismeretében a v_k , illetve, elektrokémiai egyensúly esetén, a v_0 könnyen kiszámítható a /13/ egyenlet alapján.

A /11/ egyenletből a v_0 ismeretében a k értéke számítható. Ha a /12/ egyenletben szereplő v_a értékét független kísérlethől meghatározzuk^{45, 75/}, akkor a k értéke szintén könnyen számítható.

Elektrokémiai egyensúly esetén a /13/ egyenletből számított v_0 értékének meg kell egyeznie a polarizációs görbékből az egyensúlyi potenciálra extrapolált adattal.

Az Ag/Ag^+ rendszerben végzett kísérleteink alapján meghatározott v_0 értékeket a 4. táblázatban mutatjuk be. Jó egyezést mutatnak a polarizációs

görbékéből meghatározott és a táblázatban megadott koncentrációértékre extrapolált adatokkal.

Természetesen a v_o értéke nem jelenti értelemszerűen a csereáramot, mivel nagysága attól függ, hogy stacionárius körülmények között melyik határfelületi részlépés a sebességmeghatározó folyamat. Ez lehet az ionoknak az oldatból való diffúziója, a töltésátlépés, a felületi diffúzió stb.

4. táblázat

Az Ag^+ -ionok cseréjének sebessége Ag/Ag^+ rendszerben, radioindikációs módszerrel mérve.

Скорость обмена ионов Ag^+ , определенная радиоактивной индикацией в системе Ag/Ag^+

The velocity of the exchange of silver ions measured with radioactive indication in Ag/Ag^+ system

Az Ag^+ -ionok koncentrációja az oldatban $10^6 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$	Hőmérséklet $^{\circ}\text{C}$	A csere sebessége v_o $10^{11} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$
1	35	0,5
1,1	35	1,1
1,5	35	1,7
2	35	1,8
3,3	35	2,2
4,3	35	3,7
5,6	35	1,9
1,1	30	1,0
2	30	1,4
3,3	30	2,2
4,3	30	2,1
6,5	30	3,1
7	30	3,1
8,8	30	3,7
1	20	0,4
3,3	20	0,9
4,3	20	1,5
6	20	2,1
10	20	3,5
50	20	9
1,5	20	0,5
3,3	20	1,5

A sebességmeghatározó részlépés értelmezésére alkalmazható Gerischer módszere^{/18/}. Ebben az esetben a 3. táblázat 1. egyenletében szereplő

$$\frac{1}{\tau} = v_o \frac{m + kS}{kSm},$$

ahol

$$v_o = \frac{v_j v_j v_f}{v_d v_j + v_j v_f + v_d v_f} \quad /14/$$

ahol

v_d az oldatból való diffúzió, v_j az átlépési folyamat, v_f a felületi diffúzió sebessége.

A /14/ egyenlet reciprokát véve

$$\frac{1}{v_o} = \frac{1}{v_d} + \frac{1}{v_j} + \frac{1}{v_f} \quad /14a/$$

A /14a/ egyenlet alapján világosan látszik, hogy ha valamelyik folyamat sebessége sokkal nagyobb, mint a többié, az összegezésnél elhanyagolható. Így pl.

ha a sebességmeghatározó részlépés a diffúzió és a töltésátlépés, akkor a /14a/ egyenlet a következőképpen egyszerűsödik:

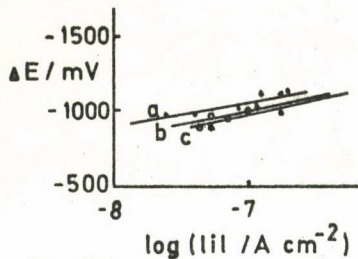
$$\frac{1}{v_o} = \frac{1}{v_d} + \frac{1}{v_j} \quad /14b/$$

A Gerischer által javasolt módszer^{/18/} alapján a v_o koncentrációfüggéséből megállapítható, hogy a vizsgált körülmények között Ag/Ag^+ rendszerben döntő a diffúzió, és az átlépés csak kis mértékben befolyásolja a heterogén izotópcseré sebességét.

Eredményesen alkalmazható a radioaktív nyomjelzés elektrokémiai vizsgálatoknál nem egyensúlyi körülmények között is, amint ez a Fe/Fe^{2+} esetén

látható. Különösen előnyös akkor, amikor a katód folyamat mérhető áramát több komponens adja, és közülük csak egyet akarunk vizsgálni. Fe/Fe²⁺ rendszerben a katódos rész folyamatot az oxonium és a Fe²⁺-ionok határozzák meg. És ha ebből csak az utóbbit szeretnénk tanulmányozni, akkor az ⁵⁹Fe izotóp jó segítséget ad.

Ebben az esetben különböző potenciálokon mérjük a radioaktív izotóp felhalmozódási sebességét, és ebből a/13/ egyenlettel kiszámítjuk a katódos rész folyamat nagyságát, amelyből a katódos polarizációs görbe megszerkeszthető, amint ez a 10. ábrán látható is. Az ábrán lévő polarizációs görbéből az egyensúlyi potenciálra vonatkozó áramérték leolvasható, amely a csereáramot jelenti.



10. ábra

Fe/Fe²⁺rendszer katódos polarizációs görbéi; az áramsűrűség-értékek az ⁵⁹Fe izotópmegoszlási sebességéből számolva

Катодные поляризационные кривые системы Fe/Fe²⁺ /значения плотности рассчитаны из скорости разделения изотопа ⁵⁹Fe/

Potential - current density curves for the electrodeposition of iron; cathodic current density from the velocity of the distribution of ⁵⁹Fe

A nyomjelzés előnye, hogy a részáramok közvetlenül az egyensúly közelében is mérhetőek.

Fém/elektrolitoldat rendszerben végbemenő határfelületi reakciók tanulmányozásánál a nyomjelzés olyan területekre /az egyensúlyra és közvetlen közelébe, a hig oldatok tartományára, több komponensű rendszerekre/ terjeszti ki a közvetlen mérést, ahol már az elektrokémiai mérőrendszerek nem használhatók. Természetesen a rendszer elektrokémiai paramétereit elsődlegesen figyelembe kell venni.

IRODALOM

1. Hevesy G., Z. Phys. 16 /1915/ 52
2. Hevesy G., M. Blitz, Z. Phys. Chem. Abt. B 3 /1929/ 271
3. Akerman, K., Anwendung radioaktiver Indikatoren für Untersuchung der Korrosion, Inf. Dok. der Büro Euroisotop, 1974
4. H. Gerischer, R.P. Tischer, Z. Elektrochem. 58 /1954/ 819
5. B. Röschenblech, Werkst. Korr. 12 /1961/ 427
6. C.V. King, A. Simonsen, J. Electrochem. Soc. 104 /1957/ 194
7. Хейфец, В.Л., Вайсбурд, С.Е., Ж. прикл.хим. 32 /1959/ 1781
8. Вайсбурд, С.Е., Кожевникова, Н.М.Л., Хейфец, В.Л., Ж.прикл.хим. 32//1959/ 2507
9. C. Cachet, et al., Electrochim. Acta 21 /1976/ 879
10. C. Cachet, et al., J. Electroanal. Chem. 61 /1975/ 121

11. D.S. Newmann, et al., J. Electrochem. Soc. 118 /1972/ 541
12. B.V. Rollin, J. Am. Chem. Soc. 62 /1940/ 80
13. O. Erbacher, Z. Phys. Chem. A166 /1933/ 23
14. C.C. Coffin, I.I. Tingley, J. Chem. Phys. 17 /1949/ 502
15. I.I. Tingley, C.C. Coffin, Proc. Trans. Roy. Soc. Can. 43 /1949/ 214
16. I.I. Tingley, et al., Can. J. Chem. 34 /1956/ 14
17. I.I. Tingley, J. Electrochem. Soc. 112 /1966/ 60
18. H. Gerischer, W. Vielstich, Z. Elektrochem. 56 /1952/ 380
19. M.D. Carma Anta, M. Cottin, Compt. rend. 234 /1952/ 1686
20. A. Bearg, C.A. Winkler, Can. J. Chem. 31 /1953/ 319
21. A. Bearg, C.A. Winkler, Can. J. Chem. 31 /1953/ 521
22. Imre L., Kolloid Z. 154 /1957/ 119
23. Imre L., Kolloid Z. 166 /1959/ 122
24. Imre L., Acta Phys. et Chim. Debr. 11 /1965/ 47
25. Imre L., Tóth G., Fiz.kém. Int. Köz. Debr. 1959
26. Imre L., Kónya J., Acta Chim. Acad. Sci. Hung. 53 /1967/ 219
27. Imre L., Kónya J., Proc. Conf. Some Aspect. Phys. Chem. Budapest, 1966, 149
28. Kónya J., Korr. Figy. 9 /1969/ 12
29. Kónya J., Corr. Week 41st Europ. Fed. Corr., Budapest, 1968, 779
30. J. Kónya, és mások, Acta Phys. Chim. Debr. 18 /1972-73/ 203
31. Kónya J., Imre L., M. Kém. L. 26 /1971/ 313
32. Kónya J., Imre L., Acta Phys. Chim. Debr. 19 /1974/ 151
33. C.V. King, B. Levy, J. Phys. Chem. 59 /1955/ 910
34. C.V., King, Bull. Ind. Sect. Electrochem. Soc. 5 /1956/ 36, C.A. 50 /1956/ 16302 h
35. C.V., King, N.E. McKinney, Can. J. Chem. 37 /1959/ 205
36. C.V., et al, J. Electrochem. Soc. 108 /1961/ 291
37. C.V. King, et al., J. Electrochem. Soc. 110 /1963/ 1261
38. B. Levy, Dissert. Abst. 15 /1955/ 2422., C.A. 50 /1956/ 6135d
39. D.S. Newmann, et al., J. Electrochem. Soc. 116 /1969/ 141C
40. J.E. Sandor, Mines Branch Res. Rep. R-62 Ottawa, 1960
41. J.E. Sandor, Can. J. Chem. 39 /1961/ 1809
42. Paldgyi T., Acta Chim. Acad. Sci. Hung. 38 /1963/ 385
43. Miller J., Tóth G., M. Kém. F. 78 /1972/ 265
44. Miller J., Isotopenpraxis 8 /1972/ 208
45. Kónya J., kandidátusi értekezés, Debrecen, 1982
46. K. Schwabe, H.B. Lück, Electrochim. Acta 17 /1972/ 99
47. L. Hanney, P. Mivelaz, Helv. Chim. Acta 31 /1948/ 633
48. N. Matasura, Sci. Papers Coll. Gen. Educ. Univ. Tokyo, 5 /1955/ 97. C.A. 50 /1955/ 14326g
49. N. Matasura, Nippon Kagaku Zaszki 77 /1956/ 789, C.A. 51 /1957/ 7613i

50. *N. Matasura*, *Nippon Kagaku Zasshi* 78 /1957/ 419, *C.A.* 52 /1958/ 58g
51. *B.N. Busmanov*, *G.G. Vozdvizenskiy*, *Proc. Acad. Sci. USSR, Sect. Phys. Chem.* 114 /1957/ 397, *C.A.* 52 /1958/ 15998g
52. *Бусманов, Б.Н., Воздвиженский, Г.Г.*, *Докл. АН СССР* 114 /1957/ 1046
53. *Бусманов, Б.Н., Воздвиженский, Г.Г.*, *Докл. АН СССР* 124 /1959/ 346
54. *F.C. Barreira*, *Rev. fac. Ciencia Univ. Lisboa* 285 /1956/ 119, *C.A.* 53 /1959/ 18602d
55. *F.C. Barreira*, *Proc. Second. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy* 28 /1958/ 63
56. *C.V. King*, *S. Evans*, *J. Phys. Chem.* 63 /1959/ 1816
57. *S. Evans*, *Diss. Abstr.* 827 /1966/ 1440, *C.A.* 66 /1967/ 69302e
58. *J.E. Sandor*, *Can. J. Chem. Mines Branch Research Rep. R-58* Ottawa, 1959
59. *J.E. Sandor*, *Can. J. Chem.* 79 /1961/ 393
60. *K.H. Lieser*, *K. Bachmann*, *Corr. Sci.* 4 /1964/ 63
61. *A.M. Caudin*, *K. Vincet*, *Trans. Amer. Inst. Mining Met. Eng.* 169 /1964/34
62. *T.P. Drikse*, et al., *J. Electrochem. Soc.* 118 /1971/ 1606
63. *M. Haissinsky*, et al., *J. Chim Phys.* 45 /1948/ 212
64. *M. Quintin*, et al., *Compt. rend.* 226 /1948/ 1723
65. *M. Hollnagel*, *K. Seigler*, *Isotopenpraxis* 4 /1968/ 248
66. *Kónya J.*, *Acta Phys. Chim. Debr.* 14 /1968/ 107
67. *O. Erbacher*, *Z. Phys. Chem.* A178 /1936/ 43
68. *K.H. Lieser*, *J. Eisling*, *Z. Phys. Chem. N.F.* 67 /1969/ 233
69. *C.V. King*, *R. Skomoroski*, *J. Phys. Chem.* 63 /1959/ 1822
70. *R. Skomoroski*, *Diss. Abst.* 21 /1960/ 77
71. *K.H. Lieser*, et al., *Corr. Sci.* 4 /1964/ 51
72. *K.H. Lieser*, *A. Krüger*, *Z. Phys. Chem. N.F.* 68 /1969/ 185
73. *J. Farkas*, és mások, *Period. Polytechn. Chem. Eng.* 13 /1969/ 297
74. *Kónya J.*, *Electroanal. Chem.* 84 /1977/ 83
75. *Kónya J.*, *Bába Á.*, *J. Electroanal. Chem.* 109 /1980/ 125
76. *C.V. King*, *R. Skomoroski*, *J. Phys. Chem.* 83 /1959/ 1819
77. *Штатулевицус, Г.Л., Шивицкис, Г.П., Буткявичус, Г.П.*, *Мат. XXVI респ. конф. электрохим. Лит. ССР* /1978/ 109
78. *M. Haissinsky*, *M. Cottin*, *J. Chim. Phys.* 46 /1949/ 476
79. *D. Tuch*, *M. Haissinsky*, *J. Chim. Phys.* 51 /1954/ 557
80. *D. Tuch*, *J. Chim. Phys.* 54 /1957/ 896
81. *Лосев, В.В., Молодов, А.И.*, *Ж. физ. хим.* 35 /1961/ 2487
82. *Erdős E., Giber J., Nagy L., Török G.*, *Period. Polytechn. Chem. Eng.* 21 /1977/ 137
83. *U. Camerini*, et al., *J. Chim. Phys.* 54 /1957/ 527
84. *J.P. Perolat*, *M. Cottin*, *J. Chim. Phys.* 58 /1961/ 333

85. M. Haissinsky, *Metaux et Corr.* 23 /1948/ 15, C.A. 43 /1949/ 2101e
86. M. Cottin, *Compt. rend.* 231 /1950/ 697
87. Малкин, В.И., Похидушев, В.В., *Сб. Тр. Наук Иссл. Инст. Хим. Мат.* 70 /1969/ 105
88. Лосев, В.В., Пчельников, А.Р., *Электрохимия* 6 /1970/ 41
89. M. Haissinsky, M. Cottin, *Anal. Chim. Acta* 3 /1949/ 226
90. M. Haissinsky, A. Pappas, *J. Phys. Chim.* 47 /1950/ 362
91. A. Berg, et al., *J. Chim. Phys.* 47 /1950/ 382
92. Tóth G., Miller J., *M. Kém. F.* 76 /1972/ 265
93. Nagy G.A., Khalkin, V.A., *M. Kém. F.* 81 /1975/ 33
94. J. Danon, M. Grinsberg, *U.S. At. Energy Com. NPI 1764* /1962/ 9, C.A. 59 /1963/ 10801h
95. J. Danon, M. Grinsberg, *Notes Fiz. Cento Brazil Pesquisas Fiz.* 9 /1962/ 35, C.A. 61 /1964/ 8024d
96. L. Gorecha, M. Radwan, *Bini. Wajakowij Akad. Tech.* 14 /1965/
97. Törkő J., *Kernenergie* 8 /1965/ 494
98. Морозенко, Е.С., Антонов, С.П., Городоскин, А.В., *Укр. Хим. Ж.* 41 /1975/ 1127
99. H. Gerischer, R.P. Tischer, *Z. Elektrochem.* 61 /1957/ 1159
100. W. Mehl, J.O'M Bockris, *Can. J. Chem.* 27 /1959/ 190
101. A.R. Despic, J.O'M Bockris, *J. Chem. Phys.* 32 /1960/ 389
102. A. Mituya, et al., *J. Res. Inst. Catal, Hokkaido Univ.* 25 /1977/ 107
103. K.E. Zimens, *Arkiv Kemi, Min. ach Geol.* 20A /1945/
104. J.H. Plonski, *Rev. Roum. Phys.* 16 /1971/ 875
105. J.H. Plonski, *Rev. Roum. Phys.* 16 /1971/ 934
106. Tóth G., Miller J., *M. Kém. F.* 76 /1972/ 282
107. Tóth G., Miller J., *M. Kém. F.* 76 /1972/ 523
108. Tóth G., Galina F., *Period. Polytechn. Chem. Eng.* 20 /1976/ 99
109. Imre L., *Radioaktiv nyomjelzős módszerek elvi alapjai, Országos Atom-energia Bizottság, Budapest, 1961, 33*
110. D. Larkin, N. Hackerman, *J. Electrochem. Soc.* 124 /1977/ 360

*

Összehasonlítottuk a fém/elektrolitoldat heterogén izotópcsere-rendszere határfelületi reakcióinak radio- és elektrokémiai vizsgálati módszereit. A két módszerrel végzett mérések eredményei között ellentmondás található. Ez két okra vezethető vissza: a rendszer elektrokémiai paramétereit nem vették figyelembe a nyomjelzésnél, és a radioaktív izotópok fázisok közötti megoszlásának értékelésére nem megfelelő határfelületi modellt alkalmaztak.

Ag/Ag⁺ és Fe/Fe²⁺rendszerben a kísérleti eredményeket az általunk módosított határfelületi modell és az elektrokémiai paraméterek figyelembevételével értékeltük. A radioindikációs vizsgálat eredményei így összhangban vannak az elektrokémiai mérés eredményeivel.

A kidolgozott modell és elvek alapján heterogén izotópcsere-rendszerek elektrokémiai jellemzői /csereáram stb./ radioindikációs módszerrel meghatározhatók.

ИЗУЧЕНИЕ ГЕТЕРОГЕННОГО ИЗОТОПНОГО ОБМЕНА И ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ОБМЕНА В СИСТЕМЕ МЕТАЛЛА И ЭЛЕКТРОЛИТА

Коня, И.

Радиохимический и электрохимический методы изучения поверхностных реакций были сопоставлены в гетерогенной системе изотопного обмена между металлом и электролитом. Измерения привели к противоречающим друг другу результатам. Противоречие получается из-за пренебрежения электрохимических показателей системы при метки изотопом, а также из-за использования не подходящей модели граничной поверхности при оценке распределения между фазами радиоизотопов.

В системе Ag/Ag^+ и Fe/Fe^{2+} данные измерения были обработаны с помощью модифицированной нами модели граничной поверхности, вовлекая во внимание электрохимические параметры. Таким образом радиоизотопная метка и электрохимические характеристики систем гетерогенного изотопного обмена, напр. поток обмена, могут быть измерены радиоизотопной индикацией.

STUDY OF HETEROGENEOUS ISOTOPE EXCHANGE AND EXCHANGE CURRENT DENSITY IN METAL/ELECTROLYTE SYSTEMS

Кónya, J.

Radiochemical and electrochemical methods of studying the surface reactions in metal/electrolyte heterogeneous isotope exchange systems were compared. Measurements carried out with these methods lead to contradictions which may stem from that the electrochemical parameters of the system had not been taken into consideration in the radioactive indication method and that not the suitable interfacial model had been applied to the evaluation of the distribution of radioactive isotopes between phases.

In Ag/Ag^+ and Fe/Fe^{2+} systems the experimental results were evaluated with a modified interfacial model, taking electrochemical parameters into consideration. Thus radioactive indication and electrochemical measurements gave results having a good agreement with each other. On the basis of the model and principles developed in the paper heterogeneous isotope exchange electrochemical parameters like exchange current, can be determined by radioindication method.

A ^{15}N -IZOTÓPHIGÍTÁSOS VIZSGÁLATOK EGY MÓDSZERTANI KÉRDÉSÉRŐL, I.

Bakonyi Gábor¹, Nosek János²

¹Agrártudományi Egyetem, Állattani Tanszék, Gödöllő, 2100

²Az MTA Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, 2163

/Érkezett 1983. július 29-én/

BEVEZETÉS

Az izotóphigitásos kísérletek tervezésekor a módszertani utmutatók ajánlják a maximális, de még biztonsággal megállapítható higitás alkalmazását^{/1,3/}. A műszeres mérések hibájának ismeretében kiszámolható, hogy a drága jelölő anyagból mennyi az a legkisebb tömeg, amellyel még a kísérlet elvégezhető.

Napjainkban azonban a ^{15}N izotóppal dúsított, illetve higitott vegyületek ára jelentősen csökken^{/2/}. Bizonyítja ezt, hogy a nitrogén izotópot felhasználó vizsgálatok száma ugrásszerűen megnőtt. A kísérletek költségének csökkenésével lehetőség nyílik a maximális izotóphigitás gyakorlatának felülvizsgálatára, egyéb megfontolások kialakítására és alkalmazására is.

Maximális higitáskor többféle hibára is kell számítani. Ha a higitó anyag mennyiségét rosszul becsülik, vagy a tervezettnél nagyobb a relatív mérési hiba, az eredmény pontatlan lesz. Különösen így van, ha a párhuzamos minták izotópkoncentrációjának szórása nagy. A mintaszám növelésének számos akadálya lehet, így a megbízhatóság sem fokozható mindig ilyen módon. Biológiai eredetű minták esetén a szórás, az egyedi variabilitás miatt, a mintaszám növelésével sem csökkenthető egy bizonyos szint alá. Gyakran a rendelkezésre álló minta mennyisége is kevés. Éppen ezért a mérési hibák csökkentésére kell törekedni.

Ebben a dolgozatban a következő kérdéseket vizsgáljuk: 1. található-e optimális érték vagy tartomány, ahol a higitott minta mérési hibája a legkisebb, és ha igen, figyelembe vehető-e ez a tény a kísérletek tervezésénél? 2. Mekkora tévedést jelent az ismeretlen nitrogén mennyiségének megállapításában a higitás után vett minták izotópkoncentrációjának nem elég pontos meghatározása?

MÓDSZEREK

A dolgozatban a következő jelöléseket használjuk:

a_0 = a higitó nitrogén természetes ^{15}N atom %-a
/Értékét minden esetben 0,366 atom %-nak vesszük, tekintet nélkül arra, hogy milyen jellegű anyagban található a nitrogén./

a_1 = az izotóppal dúsított higitandó anyag ^{15}N atom %-a

a_2 = a higitott minták ^{15}N atom %-a

n_1 = az izotóppal dúsított higitandó anyagban lévő nitrogénmennyisége /mol/

n_2 = a higitó anyag nitrogénmennyisége /mol/

H_a = n_2 abszolút hibája /mol/

H_r = n_2 relatív hibája /%/

$\pm\alpha$ = a_2 abszolút hibája /atom %/

/ a_2 mért és valódi értéke közötti különbség, állandó/

$\pm\rho$ = a_2 relatív hibája /dimenzió nélküli, decimális szám/

/ a_2 mért és valódi értéke közötti különbség, a_2 nagyságától függően változik/

H_a^O = n_2 abszolút hibája a_2 relatív hibája esetén /mol/

H_r^O = n_2 relatív hibája a_2 relatív hibája esetén /%/

H_a^α = n_2 abszolút hibája a_2 abszolút hibája esetén /mol/

H_r^α = n_2 relatív hibája a_2 abszolút hibája esetén /%/

Az abszolút és relatív hibát az alábbiak szerint számoltuk:

$$\text{abszolút hiba} = \text{mért érték} - \text{valódi érték} \quad /1/$$

$$\text{relatív hiba} = \frac{\text{mért érték} - \text{valódi érték}}{\text{valódi érték}} \quad /2/$$

Az ismeretlen n_2 mennyiségét Faust nyomán^{/1/} a következőképpen számoltuk:

$$n_2 = \frac{n_1 / a_1 - a_2 /}{a_2 - a_0} \quad /3/$$

Kidolgoztuk az alábbi képleteket:

$$H_a^O = \frac{n_1 a_2 \rho / a_0 - a_1 /}{/ a_2 + a_2 \rho - a_0 / \cdot / a_2 - a_0 /} \quad /4/$$

$$H_r^O = \frac{a_2 \rho / a_0 - a_1 /}{/ a_2 + a_2 \rho - a_0 / \cdot / a_1 - a_2 /} \cdot 100 \quad /5/$$

$$H_a^\alpha = \frac{\alpha n_1 / a_0 - a_1 /}{/ a_2 + \alpha - a_0 / \cdot / a_2 - a_0 /} \quad /6/$$

$$H_r^\alpha = \frac{\alpha / a_0 - a_1 /}{/ a_2 + \alpha - a_0 / \cdot / a_1 - a_2 /} \cdot 100 \quad /7/$$

/Ha a_2 hibái $/\alpha$, illetve ρ / pozitív előjelűek, n_2 hibái negatívak lesznek, és fordítva./

A képletek segítségével n_2 abszolút hibája $/H_a/$ és relatív hibája $/H_r/$ kiszámítható akkor is, ha az a_2 hibája abszolút, vagyis a minta atomszázalék-értékétől független $/\alpha/$, illetve ha a_2 hibája relatív, tehát a minta atomszázalék-értékétől függ $/\rho/$. Ugyanezek a képletek alkalmasak arra is, hogy egy kiválasztott, a mérések során még megengedhető hibanagysághoz tartozó a_2 értéket meghatározzunk.

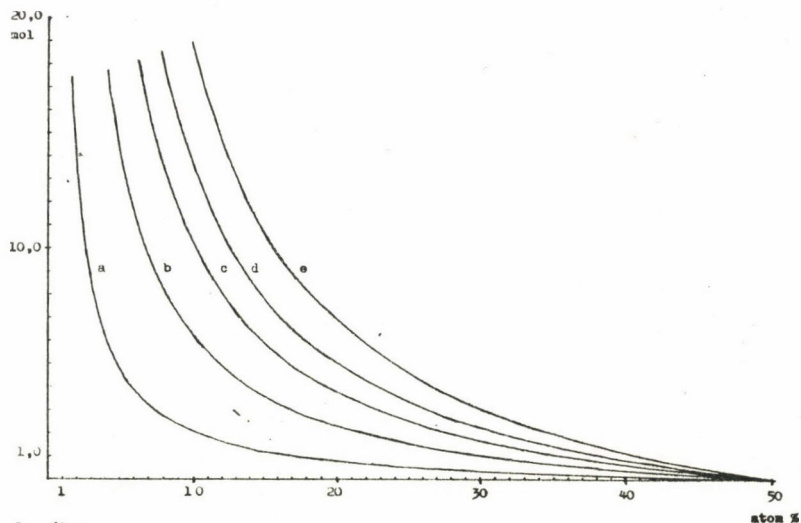
A bemutatott ábrákon a görbék értékeit minden esetben a_2 értékének 0,5 és 49,5 atom % közötti intervallumában számítottuk ki.

EREDMÉNYEK

A HIGITÓ NITROGÉN MENNYISÉGÉNEK VÁLTOZÁSA

Adott a_0 , a_1 és n_1 mellett a /3/ képlettel számolva n_2 értéke a_2 függvényében csökken /1. ábra/. Kisebb n_1 érték mellett a görbe kezdetben meredeken süllyed, majd viszonylag hirtelen laposodik el. Minél nagyobb n_1 értéke, annál fokozatosabb a görbe lefutása. Ugyanez mondható, ha n_1 állandó, de a_1 változik /2. ábra/.

A görbékől látható, hogy ha a_2 értéke kicsi, akkor egységnyi változása lényegesen nagyobb eltérést jelent n_2 mennyiségében, mintha a_2 értéke nagy.

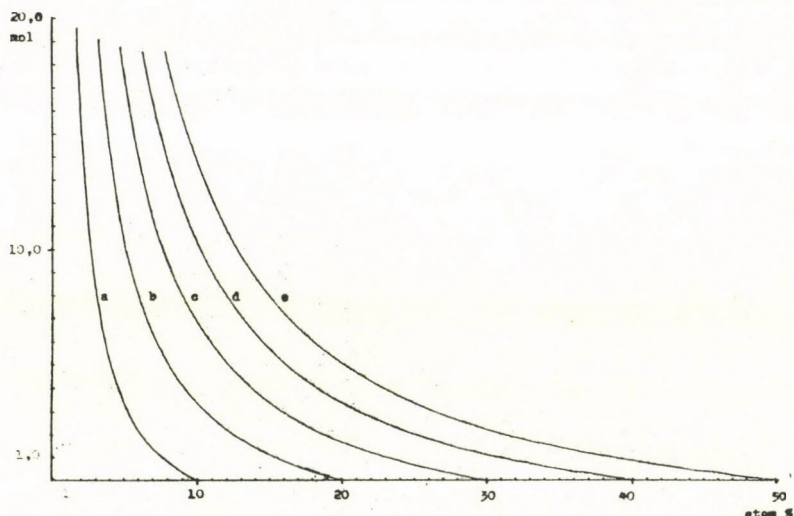


1. ábra

n_2 értékének változása a minta atom%-ának függvényében, különböző n_1 értékeknél $/a_0 = 0,366$, $a_1 = 50,0$ atom%; n_1 értékei az egyes görbékénél: $a = 0,5$, $b = 1,5$, $c = 2,5$, $d = 3,5$, $e = 4,5$ mol/

Изменение значения n_2 в зависимости от атомного процента образца различных значений n_1 $/a_0 = 0,366$, $a_1 = 50,0$ атомного процента, значения n_1 у различных кривых: $a = 0,5$, $b = 1,5$, $c = 2,5$, $d = 3,5$, $e = 4,5$ мол/

The change of n_2 with the atomic % of the sample at various n_1 values $/a_0 = 0.366$, $a_1 = 50.0$ atomic %, n_1 values of the curves: $a = 0.5$, $b = 1.5$, $c = 2.5$, $d = 3.5$, $e = 4.5$ mol/



2. ábra

n_2 értékének változása a minta atom%-ának függvényében, különböző a_1 értékeknél / $a_0 = 0,366$ atom%, $n_1 = 3,5$ mol, a_1 értékei az egyes görbékénél: a = 10,0, b = 20,0, c = 30,0, d = 40,0, e = 50,0 atom% /

Изменение значения n_2 в зависимости от атомного процента образца различных значений a_1 / $a_0 = 0,366$ атомного процента, $n_1 = 3,5$ мол, значения a_1 у различных кривых: $a_0 = 10,0$, b = 20,0, c = 30,0, d = 40,0, e = 50,0 атомных процентов /

The change of n_2 with the atomic % of the sample at various a_1 values / $a_0 = 0.366$ atomic %, $n_1 = 3.5$ mol, a_1 values of the curves: a = 10.0, b = 20.0, c = 30.0, d = 40.0, e = 50.0 atomic % /

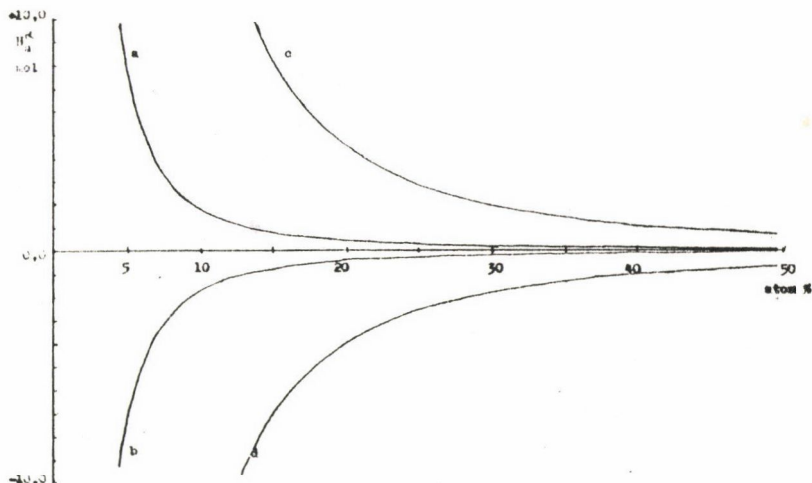
Kis a_2 értékeknél a görbék meredeken zuhannak, tehát ha a jelölő anyag mennyisége csekély a hígító anyag mennyiségéhez képest, vagyis nagy a higulás, akkor a hígított mintákban mért atomszázalék értékének igen pontosan kell a valódi értéket közelíteni, ha azt akarjuk, hogy a mérési hiba kicsi legyen.

A HÍGÍTÓ NITROGÉN MENNYISÉGÉNEK SZÁMITÁSOKOR FELLÉPŐ ABSZOLUT HIBA

Az n_2 mennyiségének megállapításakor elkövetett abszolút hiba kétféle lehet aszerint, hogy a_2 hibája abszolút vagy relatív. A /4/ és /6/ képlettel számolt görbesorok lefutása hasonló /3. és 4. ábra/. A görbék alapján megállapítható, hogy n_2 abszolút hibája mindkét görbetípusnál kis a_2 értékek esetében nagy, a_2 értékének növekedésével pedig csökken. Mintavételi, mintaelőkészítési vagy leolvasási pontatlanságok a_2 kisebb értékei mellett jelentősen nagyobb abszolút hibát.

a_2 relatív hibája esetén /4. ábra/ a hibagörbék lényegesen gyorsabban csökkennek, mint amikor a_2 hibája állandó /3. ábra/, és előbb érnek el alacsonyabb szintet. Teljes lefutásukban is mindig kisebb értékűek. Mindkét görbesorra jellemző, hogy n_2 hibája egy bizonyos α -tól vagy ρ -tól függő szint alá nem csökken. Azonban kis α vagy ρ esetén az n_2 hibája csekély. Megjegyzendő még, hogy a pozitív és a negatív hiba nagysága ugyanolyan a_2 érték mellett sem egészen egyforma.

A legnagyobb hibákat kis a_2 értéknél lehet megfigyelni. Minél jobban közelít a_2 értéke a_0 -hoz, annál nagyobb a hiba.

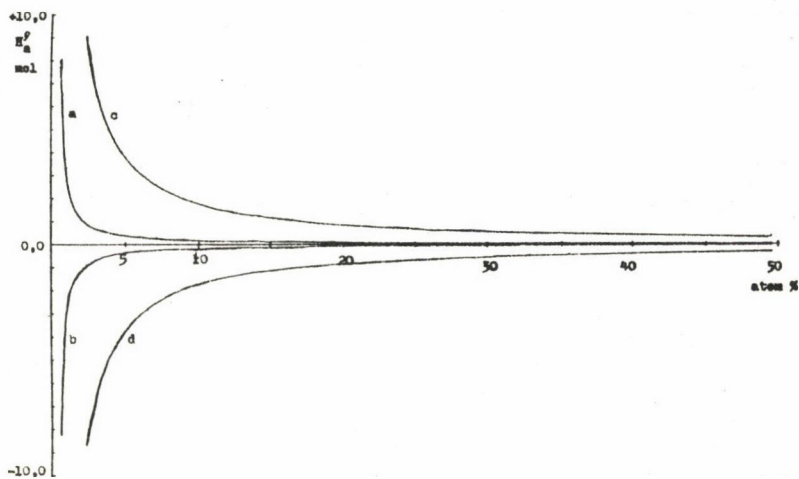


3. ábra

H_a^α értékének változása a minta atom%-ának függvényében, különböző α értékeknel $/a_0 = 0,366$ atom%, $a_1 = 50,0$ atom%, $n_1 = 3,5$ mol, α értékei az egyes görbéknel: $a = -0,1$, $b = +0,1$, $c = -1,0$, $d = +1,0$ atom%/

Изменение значения H_a^α в зависимости от атомного процента образца различных значений $\alpha / a_0 = 0,366$, $a_1 = 50,0$ атомного процента, $n_1 = 3,5$ мол, значения α у различных кривых: $a = -0,1$, $b = +0,1$, $c = -1,0$, $d = +1,0$ атомного процента/

The change of the H_a^α values with the atomic % of the sample at various values of $\alpha / a_0 = 0.366$, $a_1 = 50.0$ atomic %, $n_1 = 3.5$ mol, the values of α of the curves: $a = -0.1$, $b = +0.1$, $c = -1.0$, $d = +1.0$ atomic %/



4. ábra

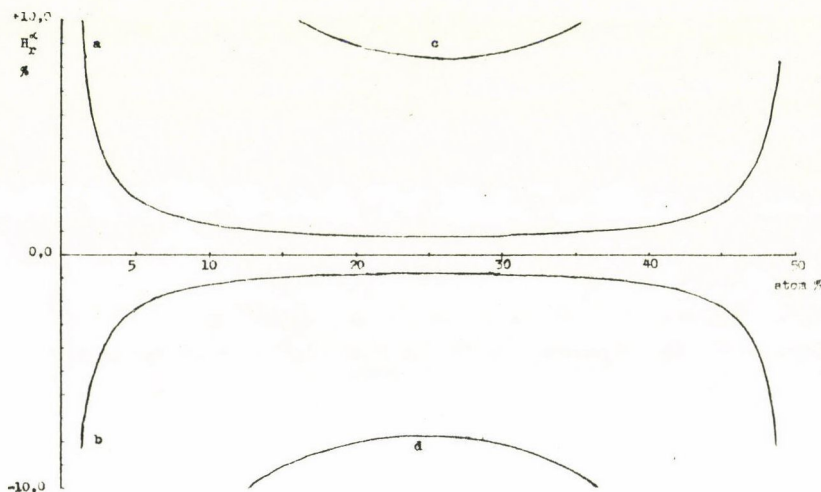
H_a^ρ értékének változása a minta atom%-ának függvényében, különböző ρ értékeknel $/a_0$, a_1 és n_1 értékei mint a 3. ábrán, ρ értékei az egyes görbéknel: $a = -0,001 / -0,1\%$, $b = +0,001 / +0,1\%$, $c = -0,01 / -1,0\%$, $d = +0,01 / +1,0\%$

Изменение значения H_a^ρ в зависимости от атомного процента образца различных значений $\rho /$ значения a_0 , a_1 и n_1 как в рис. 3, значения ρ у различных кривых: $a = -0,001 / -0,1\%$, $b = +0,001 / +0,1\%$, $c = -0,01 / -1,0\%$, $d = +0,01 / +1,0\%$

The change of the H_a^ρ values with the atomic % of the sample at various values of ρ / a_0 , a_1 and n_1 are the same as in Fig. 3, the values of ρ of the curves: $a = -0.001 / -0.1\%$, $b = +0.001 / +0.1\%$, $c = -0.01 / -1.0\%$, $d = +0.01 / +1.0\%$

A HIGITÓ NITROGÉN MENNYISÉGÉNEK SZÁMITÁSOKOR FELLÉPŐ RELATIV HIBA

Az ismeretlen nitrogén mennyiségének számításakor fellépő relatív hiba lényegesen másképp viselkedik, mint az abszolút hiba. Az n_2 relatív hibája a_2 abszolút hibája esetén a_2 növekvő értékei mellett kezdetben csökken, majd nő. Egységnyi a_2 -változásra egy ideig kisebb H_r^α érték jut. A csökkenés körülbelül az $a_1/2$ értékig tart, majd a hiba újból növekedni kezd /5. ábra/. Ilyen típusú görbéket kapunk különböző α értékek esetén. Csekély, 0,1-



5. ábra

H_r^α értékének változása a minta atom%-ának függvényében / a_0 , a_1 , n_1 és α értékei ugyanazok, mint a 3. ábrán/

Изменение значения H_r^α в зависимости от атомного процента /значения a_0 , a_1 , n_1 и α как в рис. 4/

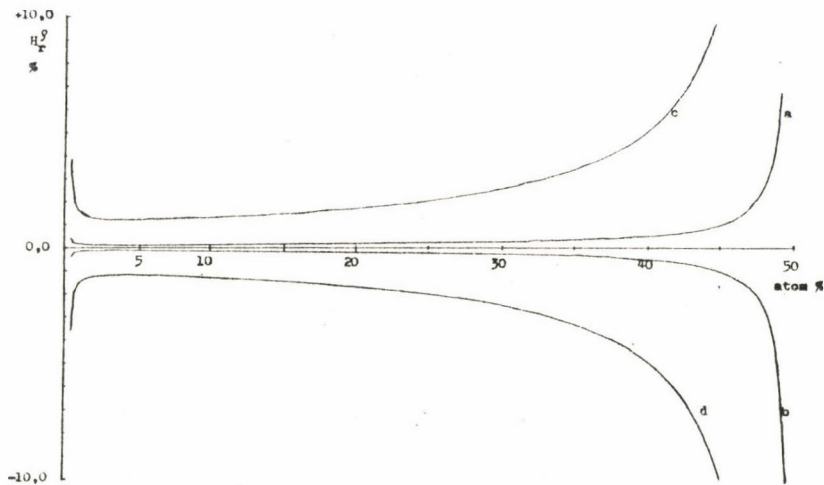
The change of H_r^α with the atomic % of the sample /values of a_0 , a_1 , n_1 and α are the same as in Fig. 3/

0,2 atomszázalék a_2 -eltérésre számított görbénél azonban viszonylag széles az a tartomány, ahol n_2 relatív hibája kicsi. Ha a_2 mért értéke a valóditól jobban eltér /pl. 0,5-1 atomszázalékkal/, akkor erőteljesen szűkül a legkisebb relatív hibát jelentő intervallum. Pl. 50%-os ^{15}N dúsításu karbamid felhasználásakor, ha a minta mért és valódi atomszázalék értéke között 0,1 atomszázalék eltérés van / $\alpha = 0,1$ atomszázalék/, n_2 minimális relatív hibája 0,8%, és ez az érték 5,9 - 44,3 atomszázalék a_2 érték között kisebb, mint 2%. Ugyanakkor, ha az eltérés / α / 0,5 atomszázalék, a legkisebb hiba nem kevesebb, mint 3,5%, és a_2 előbbi tartományában 3,5 - 10%-ig nő a hiba nagysága.

A görbesorok nem teljesen szimmetrikusak, a pozitív, illetve negatív eltérések sem tükörképei egymásnak /5. ábra/.

Az előbbieken a_2 abszolút hibájának n_2 relatív hibájára gyakorolt hatását vizsgáltuk. Előfordulhatnak azonban olyan esetek, amikor a mért és valódi érték közötti különbség a_2 nagyságával arányosan változik. Ilyenkor az n_2 re-

latív hibájának görbéi $|H_R^D|$ aszimmetrikusak /6. ábra/. Kezdetben nagyon meredeken csökkennek, kis a_2 -értéknél érik el minimumukat, majd eleinte fokozatosan, később meredekebben emelkednek.



6. ábra

H_R^D értékek változása a minta atom%-ának függvényében / a_0 , a_1 , n_1 , ρ értékei ugyanazok, mint a 4. ábrán/.

Изменение значения H_R^D в зависимости от атомного процента / a_0 , a_1 , n_1 и ρ как в рис. 4/

The change of the H_R^D values with the atomic % of the sample /values a_0 , a_1 , n_2 , and ρ are the same as in Fig. 4/

NÉHÁNY MEGFONTOLÁS AZ OPTIMÁLIS a_2 KIVÁLASZTÁSÁHOZ

Gyakorlati szempontból különösen fontos a maximális izotóphigitásra számolt a_2 értékek mellett fellépő, az n_2 nagyságát befolyásoló relatív hibák vizsgálata. A fent bemutatott görbék alapján nyilvánvaló, hogy kis a_2 -érték mellett viszonylag nagy relatív hiba várható. Pl, ha az NOI-5 emissziós spektrofotométernél elfogadott 2,5% relatív mérési hiba alapján számítjuk a mérés abszolút hibáját / $a_2 \cdot 0,025 = 0,009$ atomszázalék/, és a megbízható kimutatáshoz ennek háromszorosát vesszük^{/1/}; ez azt jelenti, hogy a_2 legkisebb elfogadható /a maximális higitásnak megfelelő/ értéke 0,393 atomszázalék lehet. Az ennél kisebb a_2 érték már a műszeres mérés hibájából fakadóan sem megbízható. E maximális higitásnál, néhány α érték-nél fellépő hibát mutatunk be az 1. táblázatban. Látható, hogy a higitandó anyag atomszázalék-értéke csak igen kis mértékben befolyásolja H_R^D nagyságát, mivel az ismeretlen nitrogén mennyisége / n_2 / egy kísérlet során adott és állandó, a_1 növelésével H_R^D alig csökkenthető. A táblázatbeli példánál a_1 növekedtével a higitás is változik, mivel a maximális izotóphigitás elvének megfelelően a_2 értékét /0,393 atomszázalék/ tekintettük állandónak. /Ugyanannyi higitóanyagot feltételezve egyre kevesebb higitandó anyag kell./ Viszont α kismértékű változása igen jelentős mértékben megszabja a hiba nagyságát.

Pl. $a_1 = 10$ atomszázaléknál 0, 01 atomszázalék eltérés a_2 mérésekor már -27,1%-os eltérést fog jelenteni n_2 értékében. Az emissziós spektrometriai metodikák esetén szintén csekélynek tekinthető 0,1 atomszázalékos eltérés a_2 mért és valódi értéke között pedig ilyen nagy fokú higitáskor már -79%-

1. táblázat

H_r^α értéke különböző a_1 és $+\alpha$ értékek esetében, ha $a_2 = 0,393$ atomszázalék

Величина H_r^α при некоторых значениях a_1 и $+\alpha$, когда $a_2 = 0,393$ атомных процентов

H_r^α values with a few different a_1 and $+\alpha$ values if $a_2 = 0.393$ atomic %

$a_1 \backslash +\alpha$	0,01	0,05	0,1	1,0
10	-27,10	-65,12	-78,96	-97,64
30	-27,05	-64,99	-78,81	-97,46
50	-27,04	-64,97	-78,78	-97,42

2. táblázat

H_r^α értéke különböző a_2 és $+\alpha$ értékek esetében, ha $a_1 = 50$ atomszázalék

Величина H_r^α при некоторых значениях a_2 и $+\alpha$ когда $a_1 = 50$ атомных процентов

H_r^α values with a few different a_2 and $+\alpha$ values if $a_1 = 50$ atomic %

$a_2 \backslash +\alpha$	0,01	0,05	0,1	1,0
0,393	-27,04	-64,97	-78,78	-97,42
1,0	- 1,57	- 7,40	-13,80	-61,99
2,0	- 0,63	- 3,07	- 5,96	-39,26
3,0	- 0,40	- 1,97	- 3,86	-29,06

3. táblázat

H_r^α értéke különböző a_2 és $-\alpha$ értékek esetében, ha $a_1 = 50$ atomszázalék

Величина H_r^α при некоторых значениях a_2 и $-\alpha$ когда $a_1 = 50$ атомных процентов

H_r^α values with a few different a_2 and $-\alpha$ values if $a_1 = 50$ atomic %

$a_2 \backslash -\alpha$	0,01	0,05	0,1	1,0
0,393	58,86	-217,51	-137,06	-102,83
1,0	1,62	8,67	18,97	-276,76
2,0	0,64	3,26	6,74	163,10
3,0	0,40	2,04	4,17	64,63

os hibát okoz. E példákából is látható, hogy kis a_2 -nél igen nagy relatív hibával H_R^α kell számolni. Ez a hiba azután a_2 növekedésével jelentősen csökken /2. és 3. táblázat/, de például $\alpha = 0,1$ és $a_2 = 1,0$ -nál H_R^α még mindig nagy, -13,8%.

Kis a_2 értékeknél a higitó nitrogén mennyiségében fellépő hibák lényegesen eltérnek aszerint, hogy α pozitív vagy negatív; a_2 növekedtével ezek az eltérések is kisebbek lesznek /2. és 3. táblázat/.

Kísérletek tervezésekor megfontolható lehet az a kérdés is, hogy adott atomszázaléknyi mérési hibát feltételezve mekkora a_2 minimális értéke, ha n_2 relatív hibájának nagyságát előre rögzítjük. Az /5/ illetve /7/ képlettel ez is meghatározható. Néhány példát mutatunk be a 4. és 5. táblázatban. Az adott hibaszinthez tartozó a_2 intervallum szélső értékei közül csak a minimumot tüntetjük fel, mert a gyakorlatban értelmetlen lenne a hibához tartozó nagyobbik a_2 értékre törekedni. 10%-os ^{15}N -dusításu higitandó anyagot használva /4. táblázat/ $\alpha = 0,2$ atomszázalék mellett H_R^α már mindenkép-

4. táblázat

a_2 minimális értéke különböző H_R^α és $+\alpha$ értékek esetében, ha $a_1 = 10$ atomszázalék
 Минимальные значения a_2 при некоторых H_R^α и $+\alpha$ когда $a_1 = 10$ атомных процентов
 The minimum values of a_2 with a few H_R^α and $+\alpha$ if $a_1 = 10$ atomic %

$H_R^\alpha \backslash +\alpha$	0,05	0,1	0,2
- 5	1,44	3,03	-
-10	0,84	1,38	2,87
-20	0,57	0,79	1,27

5. táblázat

a_2 minimális értéke különböző H_R^α és $+\alpha$ értékek esetén, ha $a_1 = 50$ atomszázalék
 Минимальные значения a_2 при некоторых H_R^α и $+\alpha$ когда $a_1 = 50$ атомных процентов
 The minimum values of a_2 with a few H_R^α and $+\alpha$ if $a_1 = 50$ atomic %

$H_R^\alpha \backslash +\alpha$	0,05	0,1	0,2
- 5	1,34	2,35	4,53
-10	0,82	1,28	2,24
-20	0,57	0,77	1,18

pen nagyobb lesz, mint -5%. Ha $\alpha = 0,1$ atomszázalék, és a megkívánt relatív hibaszint magas, -10%, a_2 értékének akkor is legalább 1,38 atomszázalék-nak kell lennie. Látható tehát, hogy egy megkívánt biztonsági határérték megtartása a mintaelőkészítési vagy mérési hiba csekély növekedésekor lé-

nyegesen több higitandó anyag felhasználását teszi szükségessé, és ez a tény a kísérletek költségét növelheti. Figyelemre méltó továbbá, hogy a higitandó anyag ^{15}N -dusításának növelése nem befolyásolja lényegesen a különféle hibaszintekhez tartozó minimális a_2 értékét /4. és 5. táblázat/.

AZ EREDMÉNYEK MEGBESZÉLÉSE

A ^{15}N izotóppal dusított vegyületek árának csökkenése szükségessé teszi a maximális izotóphigitástól eltérő koncepciójú módszerek kidolgozását is, melyekkel pontosabb vizsgálat végezhető. Jelenleg a maximális izotóphigitás elvét alkalmazzák, és így törekednek a lehető legkevesebb higitandó anyag felhasználására. Ekkor azonban nem veszik figyelembe azt, hogy ha a_2 mért értéke kismértékben is eltér a valóságtól, akkor az n_2 mennyiségében fellépő relatív hiba $|H_R^\alpha|$ és $|H_R^0|$ nem állandó, hanem a_2 -től függ. Ha a_2 hibája $|\alpha|$ állandó, akkor n_2 relatív hibája $|H_R^\alpha|$ az $a_2 \approx a_1/2$ értéknél éri el minimumát. Ha a_2 hibája relatív $|\rho|$, akkor n_2 relatív hibagörbéje $|H_R^0|$ erőteljesen aszimmetrikus. A legkisebb hibákat a_2 kisebb értékeinél kapjuk.

Mindkét esetben kiszámolható az az a_2 érték, amelynél n_2 hibája legkisebb. Ezek az értékek nem esnek egybe a maximális izotóphigitásra számolt a_2 értékekkel, hanem általában ennél nagyobbak. Nem érdemes azonban /különösen, ha a_2 hibája abszolút/ a minimális relatív hibára törekedni. Gyakran elég megállapítani egy minimális relatív hibaszintet /pl. 5%/ , és megkeresni azt az a_2 -tartományt, amelyben ezt a határt nem lépjük túl. Ha α vagy ρ kicsi, akkor viszonylag széles lesz ez az intervallum. Ha viszont α vagy ρ nagy, akkor szűkebb határokat kapunk, sőt lehetséges, hogy bizonyos α vagy ρ érték mellett nem lehet n_2 relatív hibáját a megkívánt szintre csökkenteni.

Az ismeretlen nitrogén mennyisége $|n_2|$ adott vizsgálatban állandó, így az értékét a higitandó anyagban lévő ^{15}N izotóp mennyisége $|n_1 \cdot a_1|$ szabja meg. A kísérlet költségét tekintve célszerűnek látszik az optimális a_2 eléréséhez inkább kis dusításu, de nagyobb mennyiségű, mint nagyobb dusításu, de kisebb mennyiségű higitandó anyagot használni.

Nyilvánvaló, hogy az adott relatív hibához tartozó optimális a_2 tartomány minimumának értékét kell a gyakorlati munka során figyelembe venni. Az így számolt atomszázalék általában nagyobb, mint a maximális higitásra számolt érték. Ennek figyelembevételét ajánljuk akkor, amikor a higitandó anyag ára és a mérési pontosság közötti ellentmondást mérlegelik a kísérletek tervezésekor.

IRODALOM

1. H. Faust (ed.), FAO/IAEA Interregional Training Course on the Use of ^{15}N in Soil Science and Plant Nutrition, Leipzig, 1981, 181
2. R.D. Hauck, Isotopically Labelled Nitrogen Fertilizer, in: D.R. Nielsen, J.G. MacDonald, Nitrogen in the Environment, Vol. 1, Academic Press, New York, 1977, 63
3. Varga Gy. (ed.), Izotópok alkalmazása a mezőgazdaságban és a biológiában, Tankönyvkiadó, Budapest, 1970, 192

*

Azoknak a hibáknak a viselkedését vizsgáltuk, amelyek a ^{15}N -izotóphigitásos kísérletek során a higitott minták izotóptartalmának téves meghatározásából erednek. A maximális izotóphigitásnál nagy relatív hiba tapasztalható. A minta ^{15}N -tartalmának növelésével a hibák csökkenthetők. Képleteinkkel n_2 abszolút és relatív hibái különféle feltételek mellett számíthatók. A maximális izotóphigitás helyett olyan mértékű higitást javasolunk, amelynél a relatív hibák a legkisebbek.

О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ РАЗБАВЛЕНИЯ ИЗОТОПА ^{15}N , I.
Баконьи, Г., Носек, Я.

Проведены исследования по величине ошибок, исходящих из ошибочных установлений атомного процента в ходе исследований по разбавлению образца изотопа ^{15}N . При максимальном разбавлении изотопа ожидаемы довольно большие ошибки. Повышением атомного процента образца ^{15}N в известной мере значения ошибок можно уменьшить. Разработана формула по определению значения ошибок. Кроме максимального разбавления изотопа предлагаем принимать такое разбавление, при котором относительные ошибки минимальные.

A METHODOLOGICAL PROBLEM OF THE ^{15}N ISOTOPE DILUTION METHOD, I.
Bakonyi, G., Nosek, J,

Errors which arise from the false establishment of ^{15}N atomic percent of the sample diluted during ^{15}N isotope dilution studies are discussed. By maximum isotope dilution great relative errors can be expected. Increasing the ^{15}N atomic percent of the sample these can be reduced to a certain extent. Formulae suitable to establish the magnitude of the absolute and relative errors of n_2 values under various conditions are given. Beside the maximum isotope dilution we propose to take into account the value of isotope dilution at which the relative errors reach their minimum.

EGYSZERŰ ELJÁRÁSOK HASADÁSI TERMÉKEK KORÁNAK MEGHATÁROZÁSÁRA

Solymosi József¹, Vodicska Miklós¹, Gaál Lajos², Bäumlér Ede²

¹Budapesti Műszaki Egyetem, Alkalmazott Kémia Tanszék, Budapest, Egry J.u. 20/22, 1111

²Gamma Művek, Budapest, Pf.1., 1509

/Érkezett 1983. augusztus 4-én/

BEVEZETÉS

Az atomenergia békés felhasználása mellett, sajnos, korunkban számolni kell az atomfegyver bevetésének lehetőségével is. Az emberiség határozott kívánságát juttatja kifejezésre az a napjainkban egyre erősödő békemozgalom, amely a nukleáris világégés elkerülése céljából az atomfegyverek gyártásának és telepítésének befagyasztásáért küzd. Reálisan látni kell azonban azt is, hogy a világban jelenleg felhalmozott, nagy mennyiségű atomfegyver szükségyszerűen megköveteli a lakosság védelmének sokirányú megszervezését. Az ilyen intézkedések ugyanis nukleáris katasztrófa esetén nagymértékben növelik a túlélés valószínűségét.

A polgári védelem keretében a megelőző intézkedések egyik jelentős csoportját alkotja azon mérési eljárások és eszközök kidolgozása, amelyek a sugárszennyezett területek és tárgyak szennyezettségének megbízható értékelésére szolgálnak.

Az értékelés egyik fontos paramétere a hasadási termékek kora, amit első közelítésben a maghasadástól eltelt idővel azonosíthatunk. A nukleáris méréstechnikában általánosan ismertek azok az eljárások, amelyeket a ¹⁴C-tartalom mérésével valamely anyag korának meghatározására széleskörűen alkalmaznak. Hasonlóképpen ismert, hogy egy bomlási sor anyaelemének aktivitási arányából meg lehet határozni az anyaelem keletkezési pillanatától eltelt időt.

Ebben a közleményben - a legújabb hazai eredmények kapcsán - a kormeghatározásnak viszonylag új területéről számolunk be, a nukleáris katasztrófa esetén keletkező hasadási termékek korának meghatározásáról.

Ismeretes, hogy a hasadási termékek izotópösszetétele időről időre változik, de az aktivitás-, illetve dózisteljesítmény-csökkenés sebessége sem jellemezhető az általában használatos felezési idővel. Ezért mind a belső, mind pedig a külső dózisterhelés értékeléséhez elengedhetetlen a hasadási termékek korának ismerete. Általános esetben ezt méréssel kell meghatározni.

Tanulmányunkban röviden beszámolunk a hasadási termékek kormeghatározá-

sának ismert eljárásairól, majd részletesebben adjuk közre a hazai fejlesztésben kialakított legújabb ilyen mérési módszereket. Ez utóbbiak, egyszerűségük folytán, hordozható műszerekkel is kivitelezhetők.

A KOR JELENTŐSÉGE

Az atomrobbanás során felszabaduló energia néhány százaléka jut a visszamaradó radioaktív termékekre. A termékek, különféle összetételű és méretű szemcséket alkotva, a radioaktív felhőből kihullva, szennyezik a terepet. Innen ered a magyarban is elterjedten használt angol fall-out /kihullás, azaz kihullási termék/ elnevezés. A fall-out jelentőségét az adja, hogy az élő szervezetre gyakorolt károsító hatását nagy területen, hosszú időn keresztül és folyamatosan fejti ki.

Származását tekintve az alábbi komponensekből tevődik össze:

- a visszamaradt hasadó anyagok, amelyek nem szenvedtek maghasadást,
- a hasadási termékek és
- a felaktivált környezeti anyagok.

Az egyes komponenseknek az összaktivitásból való részesedése függ a robbanás típusától /egy-, két- vagy háromfázisú bomba/, ezen belül a maghasadási és magegyesülési reakciókból származó energiák /hatóerők/ arányától, továbbá a robbantás módjától /földi, földalatti, légi vagy vizalatti robbanás/, valamint a robbanástól eltelt időtől, azaz a kortól. /Az egyfázisú bomba energiáját az ^{233}U , ^{235}U vagy ^{239}Pu maghasadása szolgáltatja, míg a kétfázisú, úgynevezett hidrogénbombában a hasadáskor keletkező neutronokat és a hőenergiát a trícium fúziós reakciójának kiváltására is felhasználják. A háromfázisú bomba külső köpenye pedig természetes összetételű uránt tartalmaz, melyben a ^{238}U maghasadását a fúziónál felszabaduló, 14 MeV-os neutronokkal érik el./

A különféle szerzők^{/1-7/} egyöntetűen leszögezik, hogy az aktivitás tulnyomó hányadát - az egyéb körülményektől függetlenül - minden esetben a hasadási termékek szolgáltatják. A fall-out *biológiai veszélyességét* ezért a hasadási termékek átlagos dozimetriai tulajdonságai szabják meg.

A külső dózisterhelés vonatkozásában ezt a hasadási termékek aktivitás- illetve dózisteljesítmény-csökkenését leíró Way-Wigner-féle empirikus egyenlet fejezi ki^{/8/}:

$$P_i = P_o \left[\frac{t_i}{t_o} \right]^{-n} \quad /1/$$

ahol P_i - a dózisteljesítmény aktuális értéke, P_o - a dózisteljesítmény kezdeti - általában a robbanás utáni első órára vonatkoztatott - értéke, t_i - a robbanástól eltelt idő /kor/, t_o - a robbanástól eltelt idő kezdeti értéke, melyet az általánosan elfogadott gyakorlatnak megfelelően $t_o = 1$ órának fogadunk el, n - empirikus érték.

A paraméterek és a független változók ismeretében az /1/ egyenletnek a belépési és kilépési idők között vett határozott integrálja szolgáltatja az adott idő alatt elnyelt dózis értékét.

A *belső dózisterhelés* tekintetében viszont a belélegzett levegővel, illetve az élelmiszerrel és ivóvízzel a szervezetbe kerülő fall-out mennyiségét a megengedett inkorporálható maximális aktivitással adják meg^{/1,9/}. A kezdeti rohamos aktivitáscsökkenés, továbbá a hosszú felezési idejű, nagy radiotoxicitású izotópok feldusulása következtében ez az érték a korral csökken, amelyet a törvényesen megengedett határértékek lépcsőzetesen közelítenek alulról.

A *kor jelentősége* tehát abban rejlik, hogy mind a külső, mind pedig a belső dózisterhelés értékelésének egyik alapvető paramétere. Mivel azonban a fall-out összetétele - a robbanási körülmények változatossága folytán - esetenként jelentősen eltérhet az átlagostól, illetve a különböző időpontokban végrehajtott robbanásokból származó fall-out keveredése esetén a keveredési arány és a robbanási idő által megszabott átlagos vagy eredő életkor ismeretére van szükség, ezért a kort általában csak mérésrel lehet megbízhatóan meghatározni.

Ez utóbbi megállapítás ellentmondásosnak tűnik abban az esetben, ha ismert a robbanás ideje. Az ellentmondás feloldását az /1/ egyenlet tartalmazza. Arról van ugyanis szó, hogy bennünket sokkal inkább érdekel az elnyelt dózis, mint maga a dózisteljesítmény, ezt pedig az egyenlet integrálja szolgáltatja. Az integrálással azonban csak abban az esetben jutunk általánosan használható kifejezéshez, ha az n hatványkitevő értékét ismertnek és időben állandónak fogadjuk el. Az irodalomban legelterjedtebben az $n = 1,2$ értékkel találkozunk. A gyakorlatban használatos egyszerű értékelő táblázatok is erre az adatra épülnek. Ilyen standard tulajdonságú fall-out azonban a valóságban aligha létezik a korábban említett, eltérő körülmények miatt, ezért - rögzített n esetén - az elnyelt dózist, mint az /1/ egyenlettel kifejezett görbe alatti területet, oly módon tudjuk a legjobban megközelíteni, ha a konkrét esetünkben meghatározzuk a görbénk meredekségét, és egybevetjük a standard fall-out etalongörbéjével. Az etalongörbe azonos meredekségű pontjához tartozó t értéket, mint eredő kort fogadjuk el a konkrétan vizsgált termékre. Ez az első hallásra körülményesnek tűnő eljárás olyan előnnyel jár, hogy a standard termékre kidolgozott, egyszerű értékelési eljárások a konkrét mérési eredmény birtokában a korábbi eljárásoknál nagyobb megbízhatósággal alkalmazhatók.

Ha a fentieket röviden kiegészítjük azzal, hogy a fall-out több, eltérő időben végrehajtott robbanásból származó, kevert termék is lehet, mely-

nek eredő aktivitáscsökkenési görbéje a két alkotó termék görbéjének súlyozott összegezéséből adódik, világosan kitűnik, hogy általános esetben a számításban /értékelésben/ a kort nem azonosíthatjuk a robbanástól eltelt idővel. Mindebből természetesen az is egyenesen következik, hogy a fall-out életkorát - a dózisteljesítménnyel együtt - az adott helyen és időben, a lehető legegyszerűbb eljárással és eszközzel kell meghatározni, tekintettel a cselekvési idő meghatározó, döntő jelentőségére. Munkánk során ezért tekintettük alapvető célnak a kormeghatározás eljárás- és eszköztárának lehető legnagyobb mértékű egyszerűsítését.

AZ ISMERT ELJÁRÁSOK

AZ AKTIVITÁSCSKÖKKENÉS SEBESSÉGÉNEK MÉRÉSE

A kormeghatározás legrégebbi, de még napjainkban is legegyszerűbbnek tekinthető eljárása a Way-Wigner-egyenlet /1/ vizsgálatára épül. A dózisteljesítmény-csökkenés sebességét az /1/ egyenlet differenciálhányadosa szolgáltatja. A gyakorlatban ezt legtöbbször két, eltérő időben végrehajtott méréssel határozzák meg. Eközben az n kitevő értékét ismertnek és állandónak fogadják el. Ekkor a termék korát a második mérés időpontjában az /1/ egyenlet alapján a következő kifejezés adja meg:

$$t = \frac{P_1^{1/n}}{P_1^{1/n} - P_2^{1/n}} \Delta t, \quad /2/$$

ahol $\Delta t = t_2 - t_1$, a két mérés között eltelt idő.

Az eljárás legnagyobb előnye az egyszerűség; hátránya, hogy két eltérő időben végrehajtott mérést igényel. A szignifikánsan értékelhető eredmény érdekében a két mérés között idősebb termék esetében meglehetősen hosszú időre lehet szükség. A termék koráról viszont csakis a második mérés alkalmával kapunk tájékoztatást.

A β -ABSZORPCIÓS MÓDSZER

Szovjet szerzők a robbanási termékek β -spektrumának időben változó jellege alapján dolgoztak ki a kormeghatározásra ugyancsak rendkívül egyszerű módszert^{/1/}.

Az eljárás lényege abban áll, hogy a robbanási termékekre /pl. Nelms és Cooper^{/6/} által/ a robbanástól eltelt különböző időpontokra megadott, a teljes β -spektrumot 22 energiaintervallummal átfogó, százalékos összetétel, va-

lamint az adott energiára jellemző abszorpciós együtthatók alapján grafikont szerkesztettek. Kiszámították, időben hogyan változik az abszorbens nélkül, illetve a 260 mg/cm^2 rétegvastagságu aluminium abszorbens közbeiktatásával mért beütésszám hányadosa, azaz az adott mérési elrendezés K_{gy} gyengítési tényezője. A számítási eredményekből kitűnik, hogy a K_{gy} időfüggésének a hatodik napon maximuma van. Így annak minden egyes értékéhez kétféle kor tarthat /kivéve természetesen a maximumot/, ezért csak ismételt méréssel lehet eldönteni, hogy a vizsgált termék kora a görbe felszálló, vagy leszálló ágán helyezkedik-e el.

A γ -SPEKTROMETRIÁS MÓDSZEREK

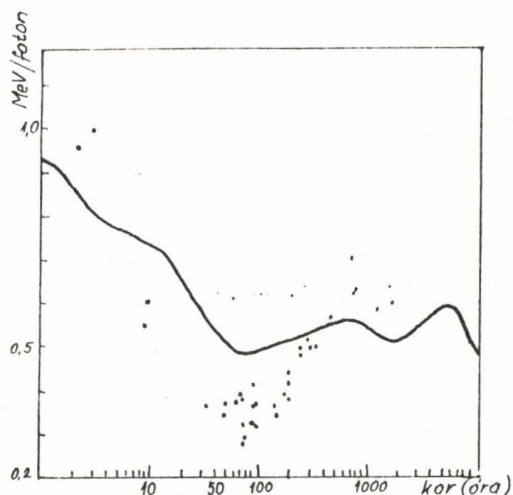
Ezek az eljárások a fall-out összetételét $\alpha\gamma$ -spektrum elemzésével határozzák meg, és összehasonlítják az ismert koru termék számított vagy mért spektrumaival. Ily módon tehát az izotópösszetétel, illetve néhány jellegzetes izotóp jelenléte és aránya alapján lehet a korra következtetni.

A ^{235}U -urán hasadási termékei γ - és β -spektrális összetételének változására vonatkozó részletes adatokat találunk Nelms és Cooper^{/6/}, valamint Dolan^{/10/} és Miller^{/11/} közleményében. Ezeket az eredményeket együtt találjuk meg Cook^{/12/} összefoglaló tanulmányában. Ő ugyanakkor egybeveti az urán hasadási termékeinek az egy fotonra vonatkoztatott közepes γ -energiájára Miller^{/11/} által számított adatokat saját mérési eredményeivel /1. ábra/.

Az ábra érdekessége /amit a mérési pontok különösen a századik óra környezetében jól mutatnak/, hogy a ^{238}U hasadási termékeinek közepes energiája negatív irányban tér el. Ennek magyarázatát a $^{238}\text{U}(n,\gamma)^{239}\text{U}$ magreakció adja. A háromfázisú bomba természetes urán-köpenyének egy része a továbbiakban β -bomlással ^{239}Np izotópot termel, amely 2,33 nap felezési idővel bomlik, és kis energiájú γ -vonalaiival az említett időszakban erősen lágyítja a termék közepes γ -energiáját.

Kezdetben a γ -spektrum analízisét NaI/Tl/ szcintillátorral és amplitúdóanalizátorral végezték. Ennek során több olyan eljárás is született, amely a spektrumon belül csupán néhány jellegzetes radioaktív izotóp mennyiségi vizsgálatára korlátozódott. Svensson és Lidén^{/13/} például a ^{103}Ru , a ^{141}Ce és a $^{140}\text{Ba}+^{140}\text{La}$ izotópoknak a $^{95}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$ izotóphoz viszonyított aktivitási arányból határozta meg a ^{238}U hasadási termékeire a robbanástól eltelt időt /2. ábra/.

A görbék alapján ez az eljárás legfeljebb mintegy 180 napig alkalmas a kormeghatározásra. A közölt eredmények arról tanuskodnak, hogy a szerzők a 23-170 napos intervallumban $\pm 23-26\%$ pontossággal tudják meghatározni a robbanási termékek korát. Az izotópösszetétel a nagy felbontóképességű félvezető detektorokkal még ennél is pontosabban vizsgálható.

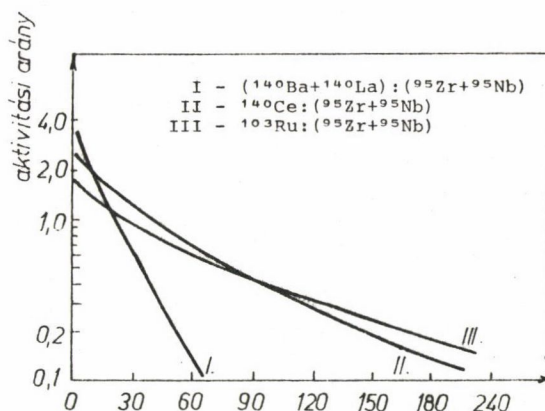


1. ábra

A hasadási termékek egy fotonra vonatkoztatott közepes γ -energiája az idő függvényében
 —: a Miller által számított értékek¹¹
 • : a Cook által mért értékek¹², amikor a fallout ^{239}Np izotópot is tartalmazott

Зависимость средней энергии γ -излучения от возраста продуктов ядерного взрыва
 —: вычисленные Миллером¹¹ значения,
 • : измеренные Куком¹² значения, когда выпадения содержали изотоп ^{239}Np

Mean energy per photon as a function of time after detonation
 —: calculated by Miller¹¹
 • : measured by Cook¹² when the fallout contained ^{239}Np , too



2. ábra

Néhány hasadási termék aktivitási aránya a robbantástól eltelt idő függvényében, Svensson és Lidén¹³ számítása szerint

Отношения γ -активностей некоторых продуктов деления в зависимости от возраста по расчетам Свенсона и Лидена¹³

γ -activity ratios for some common fission products as a function of their age, according to the calculations of Svensson and Lidén¹³

Ugyanakkor szót kell ejtenünk ezen eljárások alapvető fogyatékoságáról. Már Cook^{12/} is említést tesz arról, hogy a robbanási termékek valódi összetétele esetenként jelentősen eltérhet a számított adatoktól. A későbbiek során kimutatták^{14/}, hogy az eltérést elsősorban az ugynevezett frakcionálódás okozza. A jelenség lényege, hogy a robbanást kísérő magas hőmérsékleten a keletkező hasadási termékek egy része - főleg az olyan illékony elemek, mint például a bróm, jód, kripton, xenon - elpárolog, és a kondenzáció során nem épül be a fall-out szemcsékbe. Így ezek az izotópok és bomlási soraik részben vagy egészben hiányoznak a kihullási termékekből.

A frakcionálódás vizsgálatával különösen japán szerzők sokat foglalkoztak. Mamuro és munkatársai^{16-18/} közleményeikben a frakcionálódási együtthatót az alábbi függvényel adják meg:

$$f(i) = \left[\frac{A(i)}{A(^{95}\text{Zr}+^{95}\text{Nb})} \right] \left[\frac{A(^{95}\text{Zr}+^{95}\text{Nb})}{A(i)} \right]$$

kis. elm.

Az egyenletben $A(i)$ a kérdéses nuklid aktivitása, az $A(^{95}\text{Zr}+^{95}\text{Nb})$ pedig a két utóbbi izotóp együttes aktivitása.

Mérési eredményeik arról tanuskodnak, hogy a robbanási körülményektől függően a fall-out izotópösszetétele jelentős szórást mutathat. A ^{90}Sr izotóp-nál pl. a két szélső érték 1200-szorosan is eltérhet egymástól, ezért ez a jelenség az izotópösszetétel alapján végzett kormeghatározásnál tetemes hibát is okozhat.

A frakcionálódásból származó hibától mentesek azok az eljárások, amelyek egy kiválasztott bomlási soron belül csupán egyetlen izotóp vagy a bomlási sor együttes aktivitásának időbeli változását vizsgálják. Miután az adott bomlási soron belül az aktivitási arányokat az anya- és leányelemek ismert felezési ideje pontosan megszabja, a sor kezdő tagjának esetleges frakcionálódása az ilyen mérést korántsem zavarja annyira /amennyiben természetesen az aktivitása a mérhető szint fölött van/.

Silant'ev^{/15/} a $^{140}\text{Ba} + ^{140}\text{La}$ bomlási sor második tagjának aktivitását méri két alkalommal, és a változás mértékéből számolja a kort. A módszer előnye, hogy a ^{140}La 1,6 MeV-os fotocsucsja a γ -spektrumban még szcintillációs detektorral mérve is jól elkülöníthető. Hátránya, hogy a változás nyomonkövetéséhez két, eltérő időben kell mérést végezni. A felezési időkből adódik, hogy a módszer legfeljebb mintegy kéthónapos korig használható eredményesen.

A hasadási termékek kora a kezdeti, mintegy 100 napos időszakig viszonylag nagy pontossággal határozható meg a Ge(Li) félvezető detektorral felvett γ -spektrumból, a $^{95}\text{Zr}/^{95}\text{Nb}$ aktivitási arány alapján^{/19/}. E két izotóp közül maghasadáskor a ^{95}Nb primer módon nem keletkezik, csak az adott bomlási sorban, mint a ^{95}Zr leányeleme. Ily módon elvileg az eljárással a tranziens egyensúly beálltáig lehetne kort meghatározni, a 200. nap után azonban a hányadosfüggvény annyira ellaposodik, hogy a mérés itt már nem vezet értékelhető eredményre.

A módszer legnagyobb előnye, hogy egyetlen mérés alapján kapjuk a kort. Ugyanakkor csak laboratóriumban, költséges eszközökkel használható. A polgári védelem céljaira viszont olyan gyors és egyszerű kormeghatározási eljárásokra van szükség, amelyek mostoha körülmények között, esetleg hordozható műszerrel is kivitelezhetők. Az alább ismertetett eljárások az ilyen igény kielégítésére születtek.

A KORMEGHATÁROZÁS UJABB ELJÁRÁSAI

KORMEGHATÁROZÁS A HASADÁSI TERMÉKEK INTEGRÁLIS SPEKTRUMAINAK HÁNYADOSAI ALAPJÁN

Ez az eljárás abból a felismerésből született^{/20/}, hogy amennyiben

egyfelől egy adott vizsgálati időintervallumon belül a fallout aktivitás-, illetve dózisteljesítmény-csökkenése a Way-Wigner-féle egyenlettel írható le, másfelől pedig az egyes izotópkomponensek bomlása, illetve, leányelem esetén, mennyiségük időszakos növekedése a mért γ -spektrumban a hozzájuk tartozó fotocsucok fogyásában vagy viszonylagos növekedésében tükröződik, akkor a vizsgált γ -energiaintervallumban léteznie kell legalább két olyan küszöbértéknek, amely fölött értékelve az integrális γ -spektrumok változását az időben, azokat ugyancsak a Way-Wigner-féle egyenlet írja le, de az n hatványkitevők oly módon térnek el, hogy az

$$I_1 = I_{0,1} t_i^{-n_1}$$

és

$$I_2 = I_{0,2} t_i^{-n_2} \quad /3/$$

integrális spektrum, /azaz intenzitás/ hányadosaként előállított

$$H_{1,2} = \frac{I_{0,1}}{I_{0,2}} t_i^{-(n_1 - n_2)}, \quad /4/$$

illetve a jelölés egyszerűsítésével:

$$H_{1,2} = (H_0)_{1,2} t_i^{-n_{1,2}} \quad /5/$$

hányadosfüggvény a t_i kor értékeléséhez elegendő meredekséggel rendelkezik. Itt $H_{1,2}$ - a két eltérő γ -energia fölött mért integrális spektrum hányadosának aktuális értéke /a t_i időpontban/; $(H_0)_{1,2}$ - a két eltérő γ -energia fölött mért integrális spektrum hányadosának kezdeti /célszerűen a robbanás utáni első órára vonatkoztatott/ értéke; t_i - a robbanástól eltelt idő, az életkor; $n_{1,2}$ - empirikus érték. /Ezekben az egyenletekben a $t_0 = 1$ óra jelölést ismét értelemszerűen alkalmazzuk, de külön nem tüntettük fel/.

Az /5/ egyenlet $(H_0)_{1,2}$ és $n_{1,2}$ paramétere az adott mérési elrendezésre és mérőrendszerre jellemző érték. Meghatározásuk jelenti az adott rendszer kalibrálását. E célból az etalon hasadási termékkel, mint etalonnal rögzített geometriai elrendezésben valamilyen energiaszelektív detektorral két eltérő diszkriminációs beállítás mellett a hasitástól eltelt különböző időpontokban sorozatmérést végzünk, és a fenti két paramétert valamilyen görbeillesztéses eljárással /pl. a legkisebb négyzetek módszerével/ határozzuk meg.

Az ily módon kalibrált mérőrendszerrel a robbanási termékek ismeretlen életkorát az /5/ egyenlet rendezése után az alábbi kifejezés szolgáltatja:

$$t_i = \left(\frac{(H_0)_{1,2}}{H_{1,2}} \right)^{1/n_{1,2}} \quad /6/$$

ahol a jelölés az /5/ egyenletével egyezik meg.

Mivel tehát a /6/ egyenlet $(H_0)_{1,2}$ és $n_{1,2}$ paramétere az adott rendszerre állandó és ismert, az életkor meghatározását a két különböző γ -energia fölött mért integrális spektrum, azaz a két diszkriminációs küszöb fölött azonos időpontban mért I_1 és I_2 bruttó impulzusszám $H_{1,2}$ hányadosának megállapítására vezettük vissza.

Az eljárás fizikai értelme könnyen belátható az alábbi példa kapcsán. Amennyiben az integrális spektrum mérésekor a két diszkriminációs szintet oly módon választottuk meg, hogy azok valamely időben változó fotocsucs két talppontjára essenek, akkor a fotocsucs relatív növekedése esetén a /3/ kifejezéssel jellemzett görbék /log-log ábrázolásban "egyenesek"/ széttartanak, míg a fotocsucs csökkenésével összetartanak. Első esetben a /6/ hányadosfüggvény n kitevője pozitív, második esetben pedig negatív előjelű lesz.

Természetesen a kitüntetett energiák megválasztása nem egyszerű feladat, mert a hasadási termékekben előforduló, legtöbbször komplex fotocsucok viselkedése előre nagyon nehezen számítható ki. A kísérleti vizsgálatnak éppen arra kell irányulnia, hogy az adott mérőrendszerre jellemző optimális /azaz legnagyobb meredekségű/ /5/ hányadosfüggvényt megtaláljuk. A későbbiekben, a vizsgálati anyag kapcsán, a függvény kiválasztásának menetét is bemutatjuk.

KORMEGHATÁROZÁS A DÓZISTELJESITMÉNY-CSÖKKENÉS FOLYAMATOS MÉRÉSE ALAPJÁN

Az előzőekben ismertetett eljárás főként a fall-outtal szennyezett különféle mintákból /pl. élelmiszer, viz stb./ készített preparátumok mérésére használható. Ugyankor nem alkalmas a szabadban, pl. a terepen uralkodó dózisteljesítmény alapján közvetlenül a kor meghatározására, hiszen a szóráshoz képest a γ -spektrum erősen torzul. Márpedig a külső besugárzásból eredő dózisterhelés értékelése ezt feltétlenül szükségessé teszi. A továbbiakban az erre a célra kidolgozott eljárást^{/20/} mutatjuk be.

Előbb láttuk, hogy a kor számolható a Way-Wigner-egyenletből származtatott /2/ kifejezéssel, az azonos mérési geometriában, de két eltérő időpontban végrehajtott dózisteljesítmény-mérés alapján.

Fordítsuk most meg a vizsgálat sorrendjét. Legyen a két dózisteljesítmény $K_p = P_2/P_1$ hányadosa egy általunk előre megválasztott érték. Ekkor az

n hatványkitevő állandó értéke mellett a

$$\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/n} = K_1 \quad /7/$$

tag is állandó, és a /2/ egyenlet a következő alakra hozható:

$$t_2 = \frac{\Delta t}{1 - K_1} \quad /8/$$

illetve, az állandókat összevonva:

$$K_2 = \frac{1}{1 - K_1} \quad /9/$$

és

$$t_2 = K_2 \Delta t = t_1 \quad /10/$$

Ezek szerint a t_1 kor lineáris egyenlettel határozható meg, mely elektromosan egyszerűbben oldható meg, ily módon tehát a műszeres megvalósítás lehetősége egyszerűsödik.

A fentiek alapján az életkort a következőképpen határozhatjuk meg. Valamilyen ismert eljárással folyamatosan mérjük a radioaktív robbanási termékek ismert törvényszerűség szerint monoton csökkenő dózisteljesítményét /vagy azonos mérési elrendezésben az intenzitását/, melynek értéke a mérési ciklus kezdetén a P_1 dózisteljesítmény /illetve az I_1 intenzitás/, valamint az ettől az időponttól eltelt azon Δt időtartamot, mely alatt a P_1 dózisteljesítmény az előre megadott K_p -szeresére csökken, ahol K_p értékét célszerűen 0,5 - 0,95 között választjuk meg. Az így kapott Δt időtartam egy konstans, K_2 -vel jelölt arányossági tényezővel /lásd /9/ egyenlet/ megszorozva az életkort adja /a /10/ kifejezés szerint/.

A mérésnek ennél az eljárásnál az n hatványkitevőnek a modellanyag, sugárdetektor és elektronika, valamint a mérési elrendezés által képviselt mérőrendszerben érvényes konkrét értékének meghatározására, illetve annak igazolására /azaz olyan feltételek megteremtésére!/ kell irányulnia, hogy a kitevő értéke az értelmezési időintervallumban állandó /azaz állandónak tekinthető!/ legyen.

A TELJES LEBOMLÁSI IDŐ ALATT ELSZENVEDETT DÓZIS ELŐREJELZÉSE

Az előbb ismertetett eljárás gyakorlati jelentőségét növeli, hogy előnyösen felhasználható a dózisteljesítmény és a kor mért értéke alapján származtatott dozimetriai paraméter, a teljes lebomlási idő alatt elszenvedett dózis értékelésére.

A teljes lebomlási idő alatt elszenvedett dózis értékelésének /azaz a dózis várható értéke előrejelzésének/ az adott helyen tartósan tartózkodó egyén /pl. a lakosság/ célszerű tevékenységi módjának meghatározásában van jelentősége. Amennyiben ugyanis egyetlen méréssel meg tudjuk mondani, hogy pl. nyílt elhelyezésben a teljes lebomlási idő alatt /ami a fall-out esetében gyakorlatilag egy évre tehető/ mennyi lesz az elszenvedett dózis, akkor azonnal dönteni lehet a részleges /pl. csak a gyermekeket, nőket érintő/ vagy teljes kitelepitésről, illetve a naponta nyílt elhelyezésben és óvóhelyen eltöltendő idő arányáról. Ezekhez nyújt reális alapot a dózisteljesítmény és a kor együttes mérése.

A levezetés egyszerűsítése érdekében a továbbiakban tételezzük fel, hogy az /1/ egyenlet hatványkitevője állandó, és $n = 1, 2$. Ez egyébként meg- egyezik az irodalomban /1-3, 9, 14/ általánosan elfogadott középértékkel. Ek- kor a t_1 belépési időtől a t_2 kilépési időig elszenvedett $D_{1,2}$ dózist az /1/ egyenlet határozott integrálja szolgáltatja:

$$D_{1,2} = 5 P_0 / t_1^{-0,2} - t_2^{-0,2} / . \quad /11/$$

A teljes lebomlási idő alatt elszenvedett dózis értéke innen, ha $t_2 = \infty$:

$$D_{1,\infty} = 5 P t . \quad /12/$$

Ebben a kifejezésben már csak a P és t aktuális /mért/ értéke szerepel /az utolsó lépésben P_0 értékét az /1/ egyenletből helyettesítettük be/.

Ha $n \neq 1, 2$, akkor a /12/ egyenlet általános alakban a következőképpen módosul:

$$D_{1,\infty} = \frac{P t}{n - 1} . \quad /13/$$

Ezt a függvényt kell tehát az adott eszköznek megvalósítania. A t kor meg- határozása itt a /10/ egyenlettel történik.

Az egyszerű műszeres realizálás előfeltétele továbbá, hogy a $P t$ szor- zatot valamilyen egyéb, egyszerűen mérhető paraméterrel tudjuk helyettesi- teni. Ellenkező esetben ugyanis a szorzóáramkörrel szemben támasztott igen nagy dinamikai követelmény gyakorlatilag lehetetlenné tenné annak megvaló- sítását /nem mikroprocesszoros kivitelben/.

Matematikailag bizonyítható, hogy a /12/ egyenlet felírható a követke- ző alakban:

$$D_{1,\infty} = K_0 D_{1,2} , \quad /14/$$

ahol a K_0 konstans értékét a K_1 /lásd /7/ egyenlet/, azaz az n hatványkitevő és a dózisteljesítmény-csökkenés kiválasztott értéke, valamint a mértékegység határozza meg.

KISÉRLETI RÉSZ

A kísérletek során a robbanási termékek modellanyagául ^{238}U , ^{235}U és ^{239}Pu hasadási termékeit használtunk, amelyeket a hasadó anyag atomreaktorban maximálisan néhányszor tíz percig tartó besugárzásával állítottunk elő. Az így kapott termékek tulajdonságai jól megközelítették a fall-out irodalmi adatokból^{/1-7/} ismert sajátosságait. Ezt követően a termékeket mintegy két hónapon át vizsgáltuk a mérési geometria szigorú azonossága mellett. Sugárzástetektorként Si(Li) félvezető detektort használtunk, amelyet töltésérzékeny előerősítőn keresztül csatlakoztattunk a sokcsatornás amplitudóanalizátorhoz. Az analizátoron felvett differenciális γ -spektrumokból numerikus integrálással képeztük az egyes energiaszintek fölött mérhető bruttó impulzusokat.

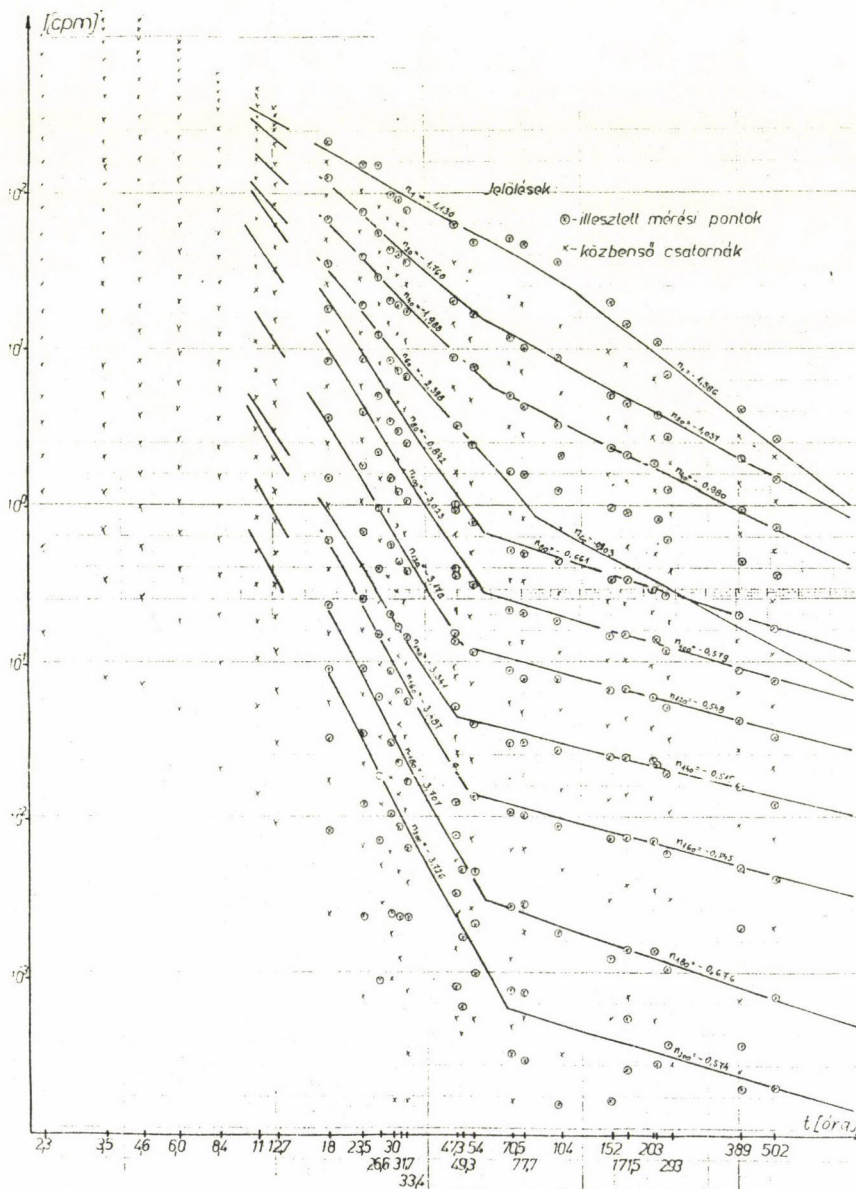
A mérési eredményeket a 3., 4. és 5. ábrán mutatjuk be. Berajzoltuk minden 20. csatornára a mérési pontokra a legkisebb négyzetek módszerével illesztett "egyeneseket" is. Szembetűnő, hogy a regressziós "egyenesek" mindhárom hasadási termékre azonos jellegűek: megközelítően a 100. óráig széttartanak, a 100. órán túli tartományban pedig közelítenek egymáshoz. Ez a tendencia jól kiolvasható az ábrán feltüntetett, a meredekségre jellemző n hatványkitevők értékéből is.

Az eltérő diszkriminációs szintekhez tartozó, különböző értékű meredekségek garantálják a hányadosfüggvény-eljárás alkalmazhatóságát. Az ábrákon ugyanakkor az is szembetűnő, hogy a dózisteljesítmény-csökkenés folyamatos figyeléséhez viszont kiválasztható olyan kitüntetett diszkriminációs érték, amelynél a csökkenés a teljes vizsgálati időintervallumban gyakorlatilag egyetlen függvénnyel közelíthető.

A továbbiakban hasonló méréseket végeztünk most már a tervezett hordozható műszer mérőszondájával. Az eredmények közül itt a 6. ábrán az ^{238}U hasadási termékeire illesztett görbéket mutatjuk be, a műszeres mérés céljára optimálisként kiválasztott három diszkriminációs energiánál. Az ábrán a görbéket a kezdeti /1 órás/ értékre normáltuk.

A három csatornából páronként képzett hányadosfüggvényeket a 7. ábra mutatja. A műszeres realizálás során külön gondot jelent a hányadosfüggvény tőréspontja. Emiatt ugyanis egyazon hányadosértékhez két eltérő kor tartozhat, tehát amennyiben valamilyen egyéb módon nem tudjuk eldönteni, hogy a keresett kor a görbe maximumától melyik irányban helyezkedik el, úgy ismételt

mérés válik szükségessé. Ezzel viszont az eljárás elveszitené legfontosabb előnyét, az egyetlen mérésrel való meghatározást. A két pár hányadosfüggvény aszimmetriája azonban magában hordozza a megoldást. Kövessük végig ezt a konkrét példán.

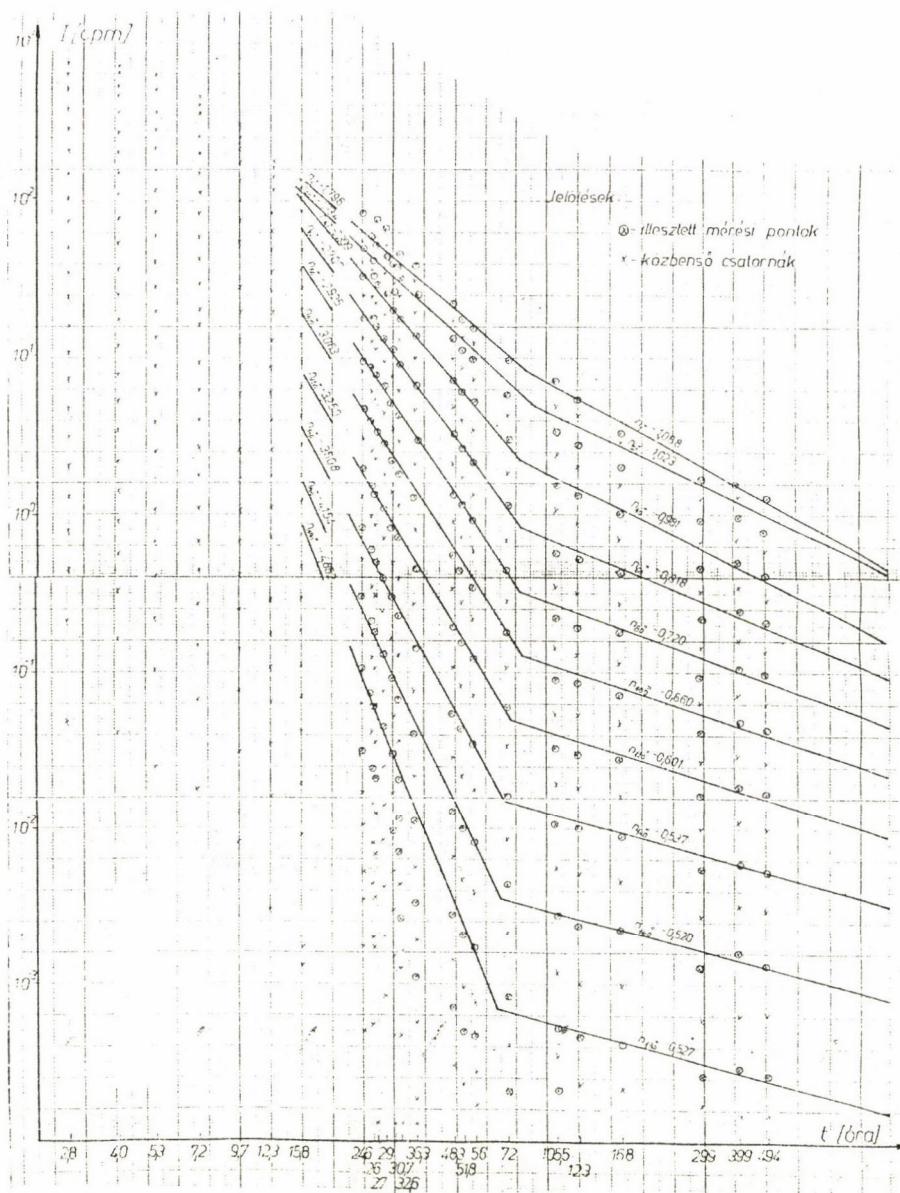


3. ábra

A²³⁸U hasadási termékeinek integrális γ -spektruma

Интегральные γ -спектры продуктов деления ²³⁸U

Integrated γ -spectra of ²³⁸U fission products

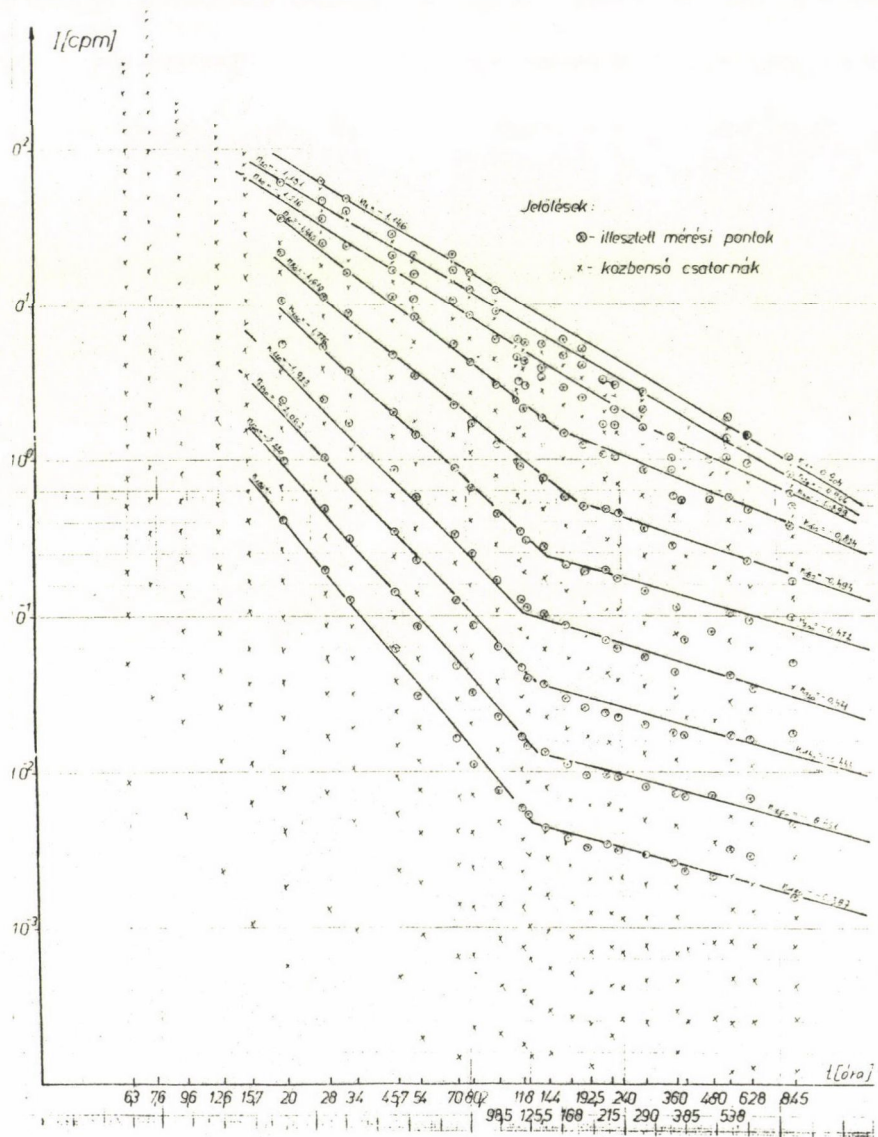


4. ábra

A ^{235}U hasadási termékeinek integrális γ -spektrumai

Интегральные γ -спектры продуктов деления ^{235}U

Integrated γ -spectra of ^{235}U fission products

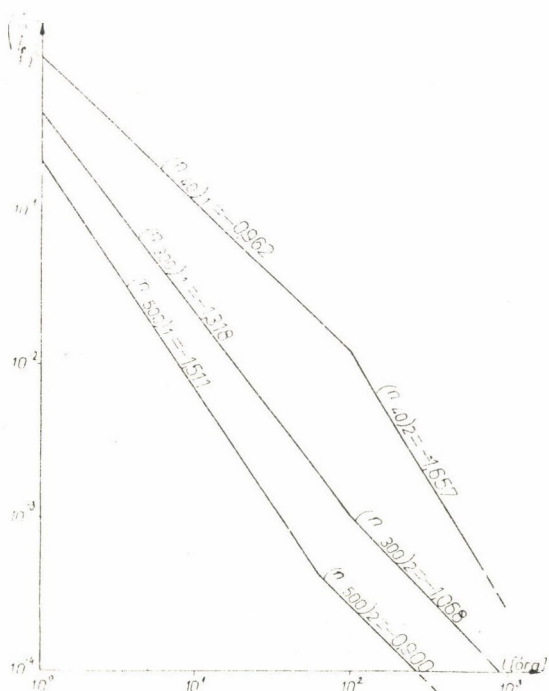


5. ábra

A ^{239}Pu hasadási termékeinek integrális γ -spektrumai

Интегральные γ -спектры продуктов деления ^{239}Pu

Integrated γ -spectra of ^{239}Pu fission products

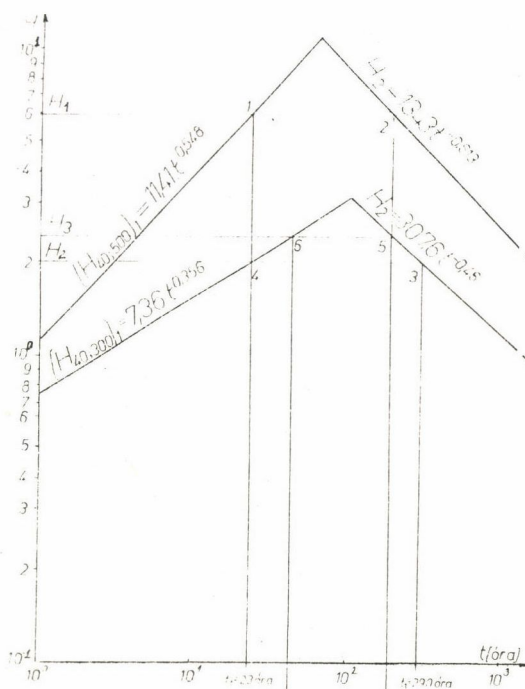


6. ábra

A ^{238}U hasadási termékeinek integrális γ -spektrumaira illesztett görbék három kitüntetett energiánál, az adatok a kezdeti értékre normálva

Экспериментальные кривые интегральных γ -спектров, нормированные на исходное значение, для трех выделенных энергий

Curves fitted to the integrated γ -spectra of ^{238}U fission products at three given energy values /data are related to the initial value/



7. ábra

A ^{238}U hasadási termékeinek kormeghatározása az integrális spektrumok hányadosai alapján

Определение возраста продуктов деления ^{238}U на основе отношения интегральных спектров

Age determination of ^{238}U fission products based on the rates of the integrated spectra

Tételezzük fel, hogy a termékünk valódi korát t_1 . Az ábrán ehhez a $H_{40,500}$ görbén a H_1 hányadosérték, míg a $H_{40,300}$ görbén a H_2 hányados tartozik. Mi történik akkor, ha a H_1 és H_2 hányados alapján a termék korát a görbék maximumától jobbra próbáljuk értelmezni? Ekkor a H_1 hányados a $H_{40,500}$ függvényen a 2 pont alapján a t_2 , míg a H_2 hányados a $H_{40,300}$ függvényen a 3 pont levetítésével a t_3 értékre vezet. Mivel t_1 értéke mindkét függvény szerint hibahatáron belül megegyezik, t_2 és t_3 azonban hibahatáron túl tér el egymástól, így egyértelmű, hogy a keresett kor helyes értéke a 100. órán inneni intervallumban található.

Fordított esetben, amikor a termék valódi korát t_2 , ugyancsak hasonló módon jutunk a helyes eredményre. Az ábrán ezt is végigkövethetjük a 2 és

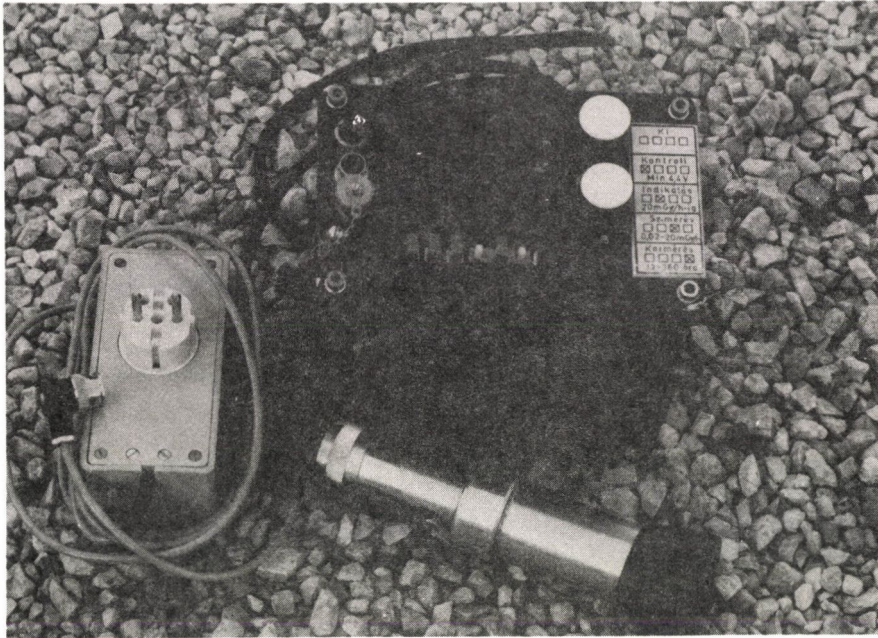
5, illetve az 1 és 6 pont alapján. Levetítve azokat a t tengelyre, a t_2 , valamint a t_1 és t_4 korhoz jutunk. A hányadosfüggvény töréspontja okozta problémát ily módon a harmadik diszkriminációval végzett mérés bevezetésével kiküszöböltük, tehát a kormeghatározás egyetlen időpontban végrehajtott háromféle intenzitásméréssel egyszerűen elvégezhető. Külön kiemeljük, hogy a kormeghatározás szempontjából legkedvezőbb / legnagyobb meredekségű / hányadosfüggvényeket jelen esetben a hiteles dózisteljesítményt mérő 40 keV diszkriminációs szintű, valamint a 300 és 500 keV-os, energiakorrigálatlan csatornák hányadosai szolgáltatják. Ily módon a félvezető detektor energiafüggése, amelynek elektromos korrekcióba vétele a dózisteljesítmény mérésének egyik sarkalatos pontja és problémája, esetünkben kedvező feltételeket teremt az adott kormeghatározási eljárás megvalósításához.

Az eljárást ezzel a szondával is ellenőriztük ^{235}U és ^{239}Pu hasadó anyaggal. Ezek a vizsgálatok a fentihez hasonló eredménnyel jártak.

Érdekességként említjük meg, hogy a Nelms és Cooper^{/6/} által 1959-ben közölt ^{235}U -hasadástermék-összetételre is elvégeztük az integrális spektrumok hányadosainak vizsgálatát. Ennek eredményeként igazoltuk, hogy az eljárás az ott közölt adatokra is érvényes. A szerzők által az ott 2. táblázatba foglalt értékek közül például mi az $E_{\gamma_1} > 1,0217$ MeV és $E_{\gamma_2} > 2,0435$ MeV energia fölött értékelt integrális spektrumokra kaptuk a hányadosfüggvény legnagyobb meredekségét. Az /5/ egyenlet jelöléseit alkalmazva, a paraméterek értéke a következő: $(H_0)_{1,2} = 4,266$ és $n_{1,2} = 0,194$. Ezek az értékek egy-egy mérőrendszer konkrét alkalmazásakor természetesen változnak, szerencsés esetben a meredekség - ezzel együtt az eljárás pontossága is - növelhető. Az itt kapott meredekség ugyanis nem kecsegtet a kormeghatározásban kielégítő pontossággal. Nem is ebből a szempontból tartjuk érdekesnek az említett példát, hanem mert igazolásul szolgál egyfelől ahhoz, hogy az eljárás mások adataival is alkalmas a kormeghatározásra, másfelől viszont az adatok közel azonos volta kontrollként szolgál ahhoz, hogy a saját méréseink során használt modellanyag összetétele az irodalmi adatokkal jól egyezett.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az általunk kidolgozott két új kormeghatározási eljárás lehetővé teszi a hasadási termékek által okozott külső és belső sugárterhelés megbízhatóbb értékelését. Az eljárások egyszerűsége lehetővé teszi hordozható műszerekben való alkalmazásukat. A műszerek a 8. és 9. ábrán láthatók. A gyorsaság a rendkívüli viszonyok közepette felbecsülhetetlen jelentőségű időszükségletet csökkentti. A helyszíni mérés és értékelés lehetősége ugyancsak ezt segíti elő.

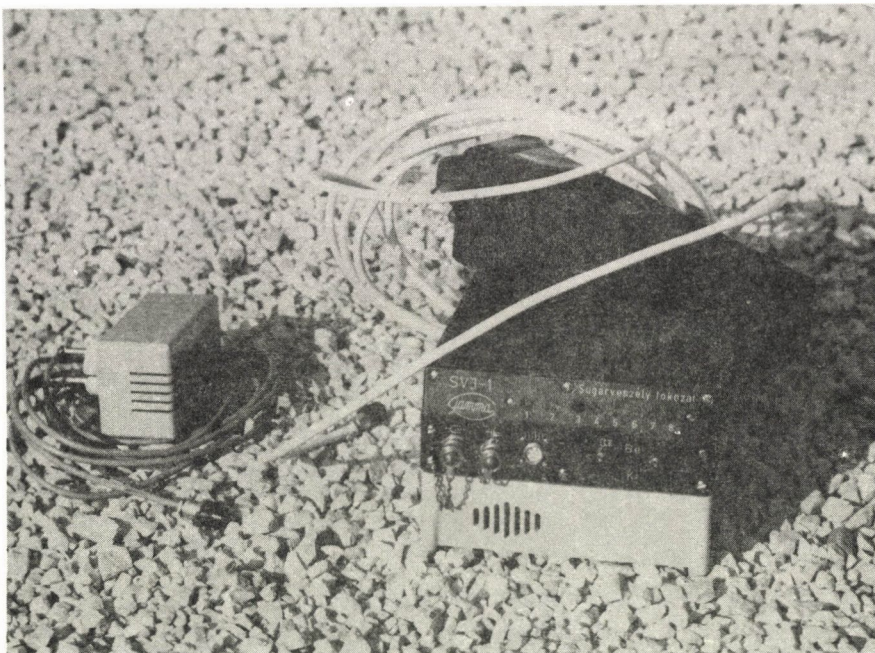


8. ábra

Az integrális spektrumok hányadosai alapján végzett kormeghatározásra szolgáló műszer

Прибор для определения возраста на основе отношения интегральных спектров

Instrument for the age determination based on the rate of the integrated spectra



9. ábra

A teljes lebomlási idő alatt várhatóan elszennvedett dózis prognosztizálására szolgáló műszer

Прибор для прогнозирования ожидаемого значения дозы, получаемой за время полного спада активности

Instrument to prognosticate the expectable integral dose during total decay time

IRODALOM

1. Дозиметрия ионизирующих излучений ядерных взрывов, ВКАХЗ, Москва, 1976
2. Израель, Ю.А., Стужин, Е.Д., Гамма-излучение радиоактивных выпадений, Атомиздат, Москва, 1967
3. Гусев, Н.Г., Защита от гамма-излучения продуктов деления, Атомиздат, Москва, 1968
4. Петров, Р.В. и др., Защита от радиоактивных осадков, Медгиз, Москва, 1963
5. Грегушкина, М.П., Таблицы состава продуктов мгновенного деления U^{235} , U^{238} , Pu^{239} , Госатомиздат, Москва, 1964
6. Nelms, A.T., Cooper, J.W., Health Phys. 5 /1959/ 427
7. Радиоактивные выпадения от ядерных взрывов, Пер. с англ., Мир, Москва, 1968
8. Way, K., Wigner, E., Phys.Rev. 73 /1948/ 1318
9. A Polgári Védelem radiológiai, biológiai és vegyivédelmi kézikönyve, V. rész /Sugárhelyzet-értékelés/, A Polgári Védelem Országos Parancsnoksága, Budapest, 1978
10. Dolan, P.J., Gamma Spectra of Uranium-235 Fission Products at Various Intervals after Fission, AFSWP 524, 1959
11. Miller, C.F., Gamma Decay of Fission Products from the Slow Neutron Fission of U^{235} , USNRDL-TR-187, 1957
12. Cook, C.S., Health Phys. 6 /1960/ 42
13. Svensson, G.K., Lidén, K., Health Phys. 11 /1965/ 1033
14. Широков, В.П., Шведов, С.И., Радиоактивные загрязнения внешней среды, Атомиздат, Москва, 1962
15. Силантьев, А.Н., Атомная энергия 7 /1969/ №1 67
16. Mamiro, T., Yoshikawa, K., Maki, N., Health Phys. 11 /1965/ 199
17. Mamiro, T., et al., Health Phys. 12 /1966/ 757
18. Mamiro, T., Matsunami, T., Fujita, A., Health Phys. 14 /1968/ 223
19. Solymosi J., A fiatal koru urán hasadási termékek néhány dozimetrikus jellemzőjének vizsgálata, műszaki doktori értekezés, Budapesti Műszaki Egyetem, 1974
20. Solymosi J., Tömör J., Gádl L., Eljárás és berendezés atomrobbantások radioaktív termékei által az élő szervezetre gyakorolt sugárveszély mértékének a termékek életkora alapján történő értékelésére, 177623.sz. magyar szabadalom
21. Solymosi J., Gyors módszerek atomrobbantások radioaktív termékei életkorának műszeres mérésére, kandidátusi értekezés, Budapest, 1983

*

A polgári védelemben fontos, gyors és egyszerű kormeghatározási eljárást dolgoztunk ki atombomba hasadási termékei korának műszeres mérésére. A kísérleti méréseket ^{238}U , ^{235}U és ^{239}Pu hasadási termékeivel, mint a robbanási termékek modellanyagával végeztük. Érzékelőnek Si(Li) félvezető detektort használtunk. A termékek kora kielégítő pontossággal kapható meg a 20-600 óra időintervallumban, a két eltérő diszkriminációs szint fölött mért bruttó impulzusszám hányadosa alapján. A dózisteljesítmény-csökkenés folyamatos figyelésére alkalmazott eljárás legalább a 2 - 1000 óra közt használható, de várhatóan később is. A Gamma Műveknél elkészült kétféle műszer hordozható kivitelben realizálja az ismertetett eljárásokat.

ПРОСТЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ
Шоймоши, Й., Водичка, М., Гал, Л., Баумлер, Э.

Разработан экспрессный метод определения возраста продуктов деления ядерного взрыва для целей гражданской обороны. Опыты были проведены продуктами деления ^{238}U , ^{235}U и ^{239}Pu как моделирующими материалами. В качестве детектора использовался Si(Li). Было доказано, что в интервале от 20 до 600 часов возраст с достаточной точностью может быть определен на основе отношения суммарных чисел импульсов, измеренных при двух различных пороговых энергиях. Другой метод, основанный на непрерывном измерении мощности доз, может быть успешно использован от 2 до 1000 часов, а возможно и позже. На Комбинате Гамма были разработаны переносные приборы для применения методов.

SIMPLE METHODS FOR THE DETERMINATION OF THE AGE OF FISSION PRODUCTS
Solymosi, J., Vodicska, M., Gaál, L., Baumler, E.

A fast and simple method was developed for civil defense purposes to determine the age of fission products after nuclear blast. Experiments were carried out on the fission products of ^{238}U , ^{235}U and ^{239}Pu as models for explosion products. Si(Li) semiconductor detector was applied. The age of the fission products can be determined with sufficient accuracy in the interval between 20 and 600 hours, based on the measurement of the rate of gross integral counts determined with two different discrimination levels. Another method for the continuous detection of the variation in dose rate can be used in the interval of 2 and 1000 hours at least, and presumably in wider ranges, too. Two portable instruments based on these methods are constructed by Gamma Works, Budapest.

ATOMERŐMŰ KÖRNYEZETELLENŐRZÉSE ON-LINE SZÁMÍTÓGÉP FELHASZNÁLÁSÁVAL

Deme Sándor

Az MTA Központi Fizikai Kutatóintézete, Budapest, Pf. 49, 1525

/Érkezett 1983. október 4-én/

BEVEZETÉS

A környezetellenőrzés az atomerőművek biztonságos üzemeltetésének egyik fontos feltétele. Megfelelő ellátásához olyan mérőrendszerre van szükség, amely a normál üzemi ellenőrzéshez elegendő érzékenységgel, üzemzavari ellenőrzéshez pedig megfelelően széles méréstartománnyal rendelkezik. A környezetellenőrző rendszerek három alrendszerre bonthatók fel:

1. a kibocsátást mérő műszerek a környezeti légtérbe és élővizekbe kerülő radioaktív anyagok mennyiségének mérésére szolgálnak;

2. a terjedés meghatározására szolgáló műszerek lehetővé teszik a környezetbe került radioaktív anyagok terjedésének számítással való nyomonkövetését;

3. a környezeti sugárzást mérő rendszer révén a környezet egyes pontjain ténylegesen jelenlévő radioaktív anyagok koncentrációját, illetve az általuk kiváltott dózist lehet megállapítani.

A VVER 440 típusu atomerőműnél a környezetellenőrző rendszer általában külön-külön értékelt alrendszerekből áll, az adatok egységes, kis élőmunkaszükségletű kiértékelése nincs megoldva. A paksi atomerőműnél megtervezett környezetellenőrző rendszer egységes elvek szerint épült adatgyűjtőt is magába foglal^{/1-4/}, az adatok kiértékelésére azonban csak utólagosan, jelentős időkéssel kerülhet sor. Ez különösen üzemzavarkor jelent hátrányt, mert az időkézés az információ értékének jelentős csökkenésével is együttjár. A jelenlegi VVER 440 típusu erőműveknél a környezetellenőrzés nem szerves része az atomerőmű sugárvédelmi ellenőrzésének, annak ellenére, hogy a környezetbe kikerülő radioaktív anyagok először a technológiai rendszerekben jelennek meg, s ennek alapján szükséges lenne a technológiai és a környezetellenőrző rendszerek összekapcsolása. Megindult ugyan egy ilyen egységes rendszer fejlesztése^{/5/}, de az új rendszer csak az újonnan épülő erőműveknél alkalmazható, felépítése a meglévő erőművi blokkok korszerűsítését nem teszi lehetővé.

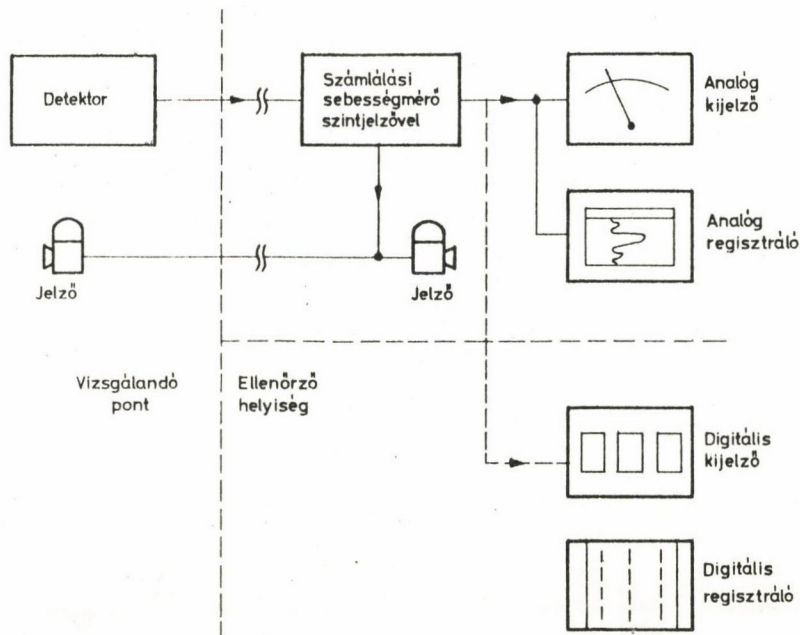
A SZÁMÍTÓGÉP ALKALMAZÁSÁNAK ÁLTALÁNOS KÉRDÉSEI

Az alábbiakban áttekintjük, hogy milyen lehetőségek vannak az atomerőművek on-line számítógépes környezetellenőrző rendszerének kiépítésére akár

különállóan, akár az atomerőmű teljes sugárvédelmi ellenőrző rendszerének részeként. Tekintettel arra, hogy az atomerőművek egy-egy blokkjának tervezett üzemideje 30 év, külön figyelmet fordítunk arra, hogyan lehet a meglévő erőművek sugárvédelmi ellenőrző rendszerét egységesen kezelt, on-line számítógépes rendszerré átalakítani, megőrizve a korábbi rendszer el nem avuló részeit, például a detektorokat és a kábelhálózatot. A javasolt megoldás lehetővé teszi az üzemelő rendszer leállítás nélküli bekapcsolását a számítógépes ellenőrző rendszerbe, folyamatosan megőrizve az eredeti rendszerek működőképességét.

Az on-line számítógépes ellenőrző rendszereknek - így a komplex sugárvédelmi ellenőrző rendszerek vagy a környezetellenőrző rendszereknek - önmagukban az alábbi fő előnyei vannak a nem on-line rendszerekhez képest:

- az információredukció révén megkönnyítik az adatok áttekintését;
- a logikai kapcsolatok vizsgálatával magas szintű analízist tesznek lehetővé, ezzel kritikus helyzetben megkönnyítik a döntést;
- a halmozott adatokat akár eredeti, akár feldolgozott formában bármikor, kézi munka nélkül is ki tudják adni a géphez csatlakozó perifériális egységekről;



1. ábra

Modulrendszerű sugárvédelmi ellenőrző rendszer egyedi kiolvasással és regisztrálással

Система радиационного контроля модульного типа с индивидуальным выводом информации

Radiation monitoring system of modular construction with individual read-out and recording devices

- a szükségtelen adatokat a későbbiekben automatikusan törölhetik, illetve felülbírálnak.

Mielőtt azonban az on-line számítógép sugárvédelmi alkalmazását vizsgálánk, röviden tekintsük át a jelenleg széleskörűen használt, számítógép nélküli rendszereket. Ezek két alaptípusba sorolhatók.

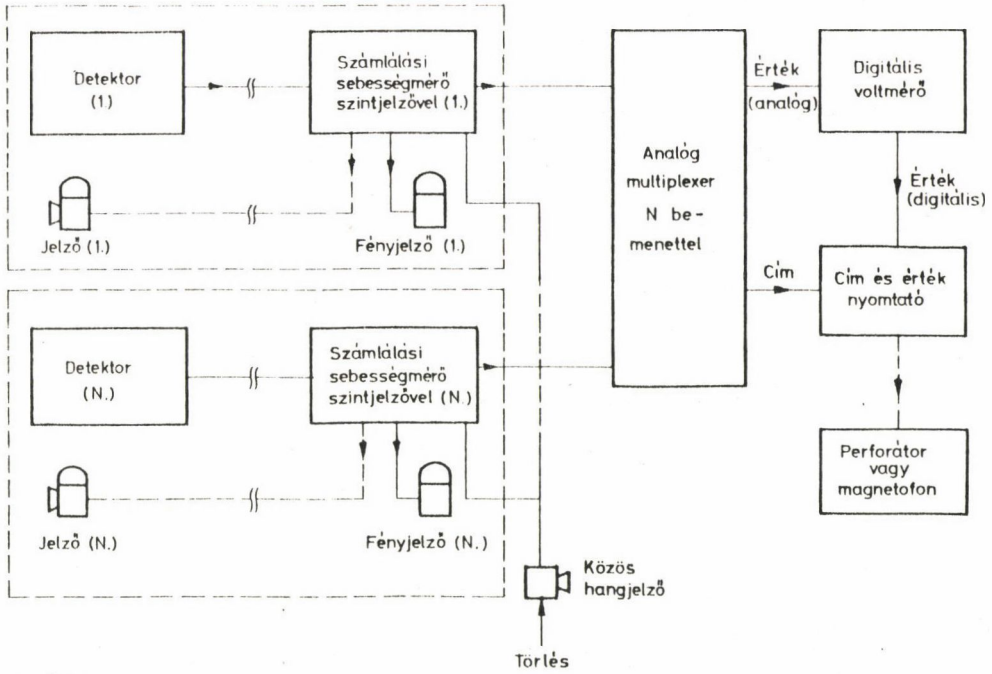
Az egyik a mérendő információmennyiségnek megfelelő számu, egyforma felépítésű mérőcsatornát /modult/ tartalmaz /1. ábra/. A detektor /pl. GM-cső, szcintillációs számláló/ a vizsgálandó ponton helyezkedik el. A detektor a sugárzás hatására általában impulzusokat ad, ezek gyakoriságát az ellenőrző helyiségben lévő szintjelzős számlálásisebesség-mérővel határozzuk meg. Az előre beállított sugárzási szint túllépése esetén fény- és hangjelző berendezés lép működésbe, a jelzés a vizsgálandó ponton is megismételhető.

A mért mennyiséget az analóg kijelzőről olvassuk le, s analóg módon regisztráljuk. Az analóg érték digitalizálható, ez a leolvasást és a regisztrálást kényelmesebbé teszi. Az ilyen módon felépített ellenőrző rendszer előnye egyszerűsége és az, hogy azonos konstrukciójú modulokból természetesen csatornaszámu rendszer építhető fel. Hátránya, hogy 20-50-nél több csatorna esetén a csatornaszámmal arányos beruházási költsége nagy, a regisztrált adatokat csak nehezen lehet feldolgozni.

A másik alaptípus a szintjelzős számlálásisebesség-mérőig az előzőhöz hasonló, viszont az adatok megjelenítését és regisztrálását az összes csatornához tartozó egyetlen, közös berendezés végzi /2. ábra/. Ha utólagos számítógépes feldolgozásra van szükség, ehhez közvetlenül felhasználható regisztrátum is rendelkezésre állhat. A közös kiolvasás és regisztrálás előnye - nagy csatornaszámnál - az, hogy a beruházási költség kisebb, ezen kívül az adatok valamivel - a közös regisztrátum révén - áttekinthetőbbek, mint az előző rendszerénél. Ugyanakkor a kapott értékek közötti logikai kapcsolatok a rendszer nem tudja vizsgálni, az időbeli változás nehezen követhető. Az operátor gyakorlatilag csak a szintjelzők "igen-nem" jelzésére tud támaszkodni. Mind a mérés, mind a regisztrálás pontosságát rontja a digitális--analóg--digitálisátalakítás szükségessége.

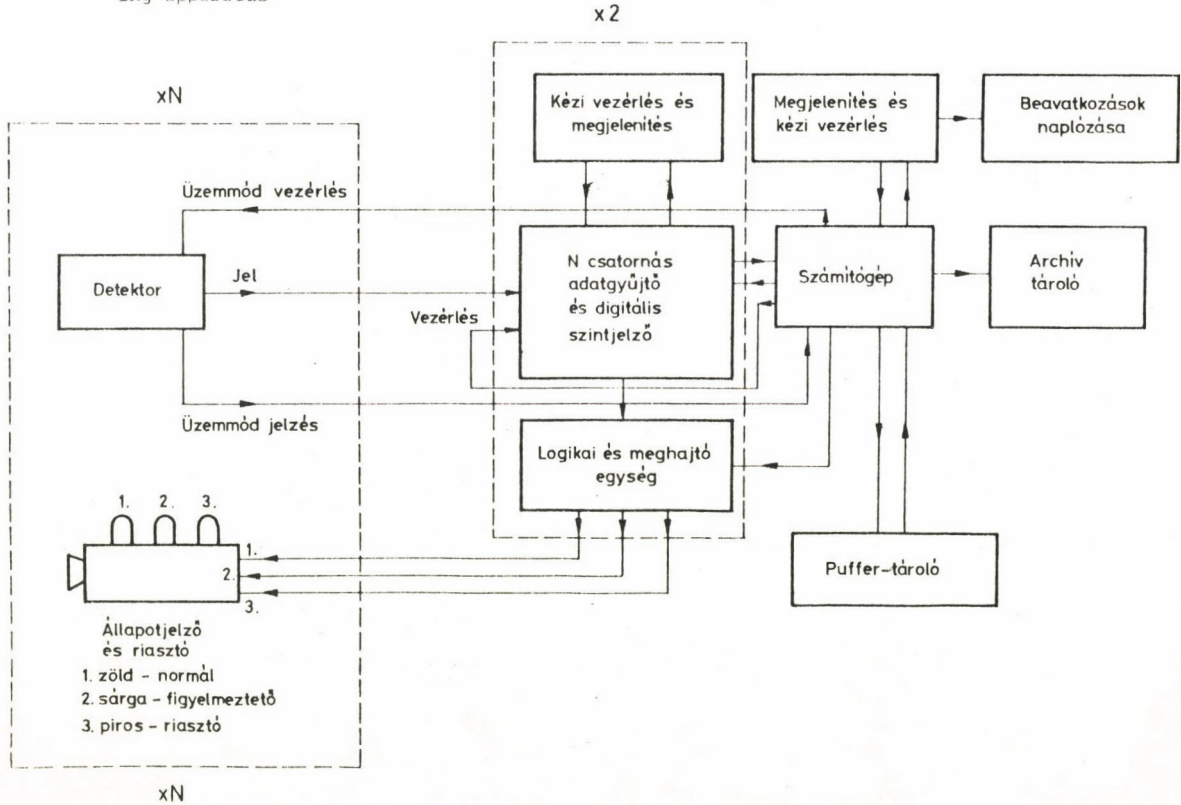
RENDSZERTECHNIKAI FELÉPÍTÉS

Vizsgáljuk meg a számítógépes sugárvédelmi ellenőrző rendszer egy lehetséges felépítését /3. ábra/. A detektorok megegyeznek azokkal, amelyeket a jelenleg széleskörűen elterjedt rendszerekben alkalmaznak, de a számítógépes rendszerénél lehetőség van a detektor üzemmódjának /például a mintavevő szelepeknek/ központi, automatikus vezérlésére, a tényleges üzemmód visszajelzésére és a helyes működés automatikus ellenőrzésére. A továbbiakhoz tételezzük fel, hogy a detektor a mérendő mennyiséggel /pl. sugárzással/ arányos gyakoriságú impulzusokat ad; az analóg jelet /pl. áramot/ adó detektoroknál ezt a feltételt áram--frekvenciakonverterrel biztosíthatjuk.



2. ábra

Modulrendszerű sugárvédelmi ellenőrző rendszer közös kiolvasóval és regisztrálóval
 Система радиационного контроля модульного типа с общим выводом информации
 Radiation monitoring system of modular construction with common read-out and recording apparatus



3. ábra

A számítógépes sugárvédelmi ellenőrző rendszer tömbvázlata
 Блок-схема системы радиационного контроля с ЭВМ
 Block diagram of a computerized radiation monitoring system

A detektorok impulzusai egy, a detektorok számával megegyező csatorna-számu digitális adatgyűjtőre és adatértékelőre kerülnek. Az adatgyűjtő minden bemenete számláló. Miután az adatgyűjtő az összes detektor minden impulzusát regisztrálja, ennek eredményeként az adatgyűjtőben információ-vesztés vagy torzulás nem lép fel. Az ellenőrző rendszer megbízhatóságát nagymértékben növelni lehet az adatgyűjtő megkétszerezésével. Ennek révén minden adat mindkét adatgyűjtő egy-egy mérőcsatornájában tárolódik, tehát egyik adatgyűjtő elromlása esetén sem vesz el információ. A két adatgyűjtő mind felépítés, mind pedig üzemelés szempontjából teljesen azonos kell, hogy legyen, mert legegyszerűbben ez biztosítja a rendszer maximális megbízhatóságát.

Alapüzemmódban a két párhuzamosan működő adatgyűjtőt a számítógép az adatgyűjtők vezérlőegységeivel vezérli. A két adatgyűjtő a vezérlő és az ellenőrző jeleit is a számítógéptől kapja. Ha a számítógép az egyik adatgyűjtőt hibásnak találja, akkor ezt jelzi az operátornak. A továbbiakban a számítógép csak annak az adatgyűjtőnek az adatait dolgozza fel, amelyet jónak talált. Ha a számítógép nem tudja az ellenőrzést elvégezni, akkor a számítógép lekapcsolódik, és a két adatgyűjtő autonóm üzemmódra tér át. Az autonóm üzemmódnál az egyik - előre meghatározott - adatgyűjtő magasabb prioritásu a vezérlés szempontjából, a következőkben ez vezérli mindkét adatgyűjtőt, de egyéb szempontból függetlenül működnek egymástól. Az adatgyűjtők helyes működése még hibás számítógép esetén is programozott uton ellenőrizhető.

Hamindhárom egység: a két adatgyűjtő és a számítógép üzemel, akkor a számítógép a megadott program szerinti gyakorisággal kiolvassa a két adatgyűjtő egyes csatornáiban összegyűlt impulzusok számát. Ezután összehasonlítja a két adatgyűjtő azonos csatornáinak a tartalmát. Megfelelő egyezés esetén elvégzi a szükséges adatfeldolgozást, az egyezés hiányát jelzi az operátornak, az adatfeldolgozást pedig - egy esetleges operátori beavatkozásig - eltérő impulzusszám esetén a nagyobb érték alapján végzi el. /Ennek az az alapja, hogy a számlálócsatorna elromlása szinte minden esetben a szükségesnél kevesebb impulzus megszámlálásához vezet, ezen kívül a biztonság elve is ezt diktálja./

A számítógéppel az adatfeldolgozást a következő főbb célokkal végezhetjük el:

- egyszerű naplózás impulzusszám formájában,
- a fizikai mennyiségekre átszámított adatok naplózása,
- korlátozott idejű adattárolás /váratlanul bekövetkező esemény előzményeinek tanulmányozására, csuszó átlagok számítására/,

- adatredukció /pl. a szignifikánsan nem változó adatok meg nem jelenítése, több adat összevonása/,
- a rendszer elemeinek megfelelő üzemelését ellenőrző egységek működtetése, a kapott adatok kiértékelése, valamint az ellenőrzésnek a mérési eredményekből való kihagyása,
- digitális szintjelzés, több időállandóval és jelzési szinttel, beleértve a valószínűtlenül kis impulzusszámok indikálását is,
- a redundás információk összehasonlítása révén a megbízhatóság fokozása,
- a mérési adatok extrapolálása,
- összetett számítás a mért adatok alapján,
- a mérési és a számítási program automatikus megváltoztatása a mért, illetve a belőlük számított adatok alapján.

A számítógép kiesése esetén az adatgyűjtő a felsorolt műveletek közül az ellenőrzés szempontjából legfontosabbakat el kell, hogy végezze, így például a szintjelzést, a mérési adatok megjelenítését.

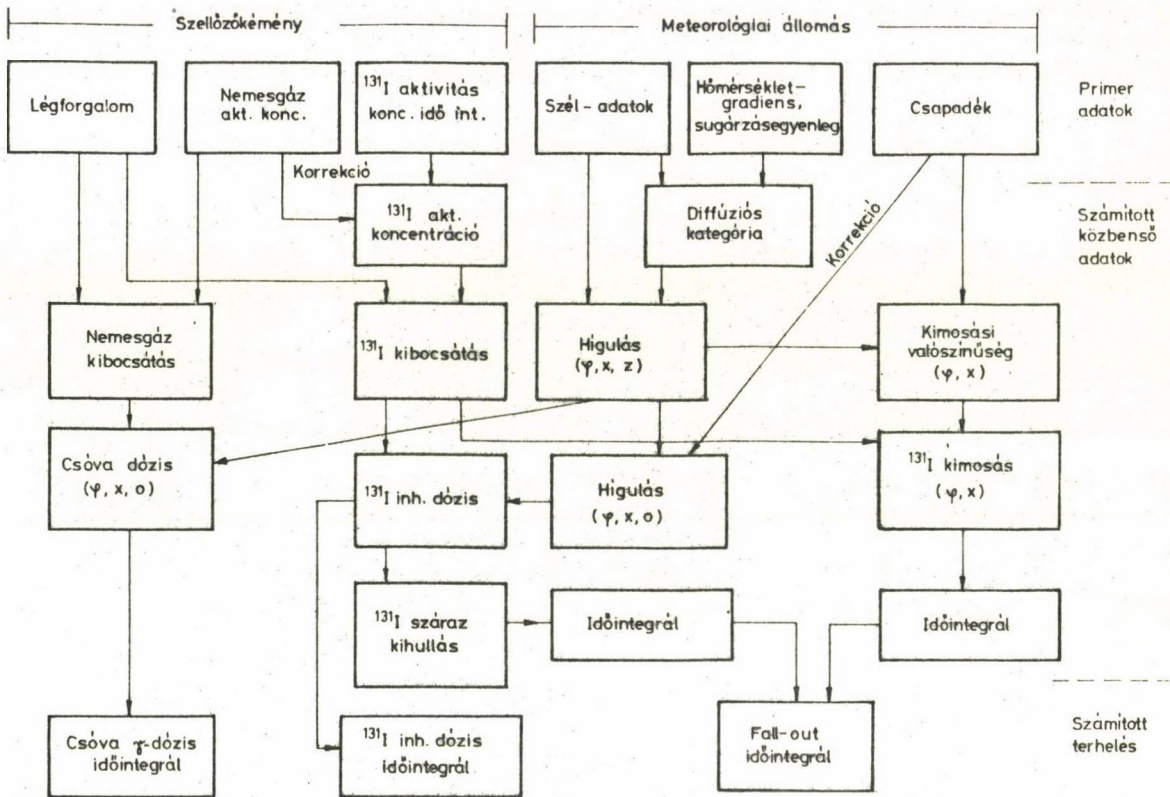
NORMÁLÜZEMI ÉS ÜZEMZAVARI ÉRTÉKELÉS

Az előzőekben a sugárvédelmi rendszerek általános kérdéseivel foglalkoztunk. A leirtak az atomerőművek környezetellenőrzésére is alkalmazhatók. A környezetellenőrző rendszer akár külön számítógépet is használhat, de az erőmű belső ellenőrzésével közös ellenőrző rendszert is ki lehet építeni az atomerőmű teljes sugárvédelmi ellenőrzésére, a megoldás azonban nem befolyásolja az előzőekben leirt rendszer logikai felépítését.

A környezetellenőrzésnél a sugárzás jellemzőit mérő detektorok mellett egyéb paramétereket mérő detektorokat is használunk. Ezek közé tartoznak a meteorológiai detektorok, a légforgalmat, a vízforgalmat mérő detektorok. Ezek jelét frekvenciaformára átalakítva az adatgyűjtés szempontjából a sugármérő detektorok jelével azonosan lehet kezelni.

A primer mérési adatokat on-line számítógéppel az előző pontban felsorolt módokon fel lehet dolgozni. Ezek közül legspecifikusabb feladat, ha a mért adatok alapján összetett számítást végzünk. Ilyenre mutatunk be három példát.

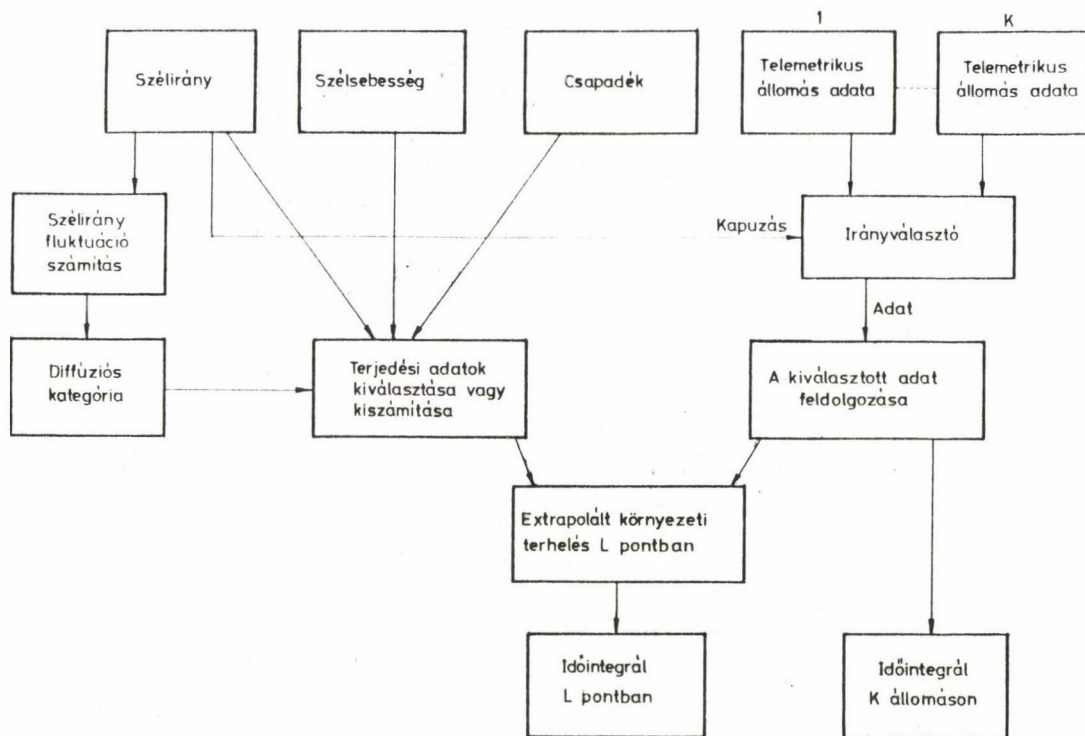
A 4. ábra a környezetellenőrzés egyik jelentős feladatának, a kéményen át eltávozott radioaktív anyagok által kiváltott környezetterhelés számításának menetét mutatja. E számításokat - a mért primer adatok alapján - az ellenőrző rendszerrel on-line kapcsolatban lévő számítógéppel, a megadott séma szerint el lehet végezni. Tetszőleges időpillanatban ki lehet számítani a környezet kiválasztott pontjaira, így például a közelben lévő településekre vonatkozó halmozott dózisadatokat. Nagyobb kibocsátás esetén mód van a mért adatokkal való összehasonlításra is.



4. ábra

A környezeti sugárzási adatok számítása a kéményen át történő kibocsátás esetén
 Расчет радиационных данных окружающей среды в случае выброса через вентиляцию
 Calculation of environmental radiation data due to emission through a stack

Különleges esetet jelent, ha olyan üzemzavar lép fel az atomerőműnél, amelynél a radioaktív anyagok a tulnyomás alá került hermetikus tér szivárgása révén kerülnek a szabadba. Ilyen esetben a kibocsátást mérő műszerek nem mérik a környezetbe került radioaktív anyagok mennyiségét, pedig ez a mennyiség a környezetben élő lakosság szempontjából jelentős is lehet. Ebben a helyzetben a meteorológiai adatok alapján elvégzett terjedésszámítás csak a különféle pontokon várható dózisadatok relatív értékéhez ad támpontot, az abszolút érték meghatározásához a környezetben végzett dózismérésre is szükség van. Ha a környezetben el vannak helyezve távmérő állomások, akkor közülük az adott esetben legpontosabb információt adó /a szélirányba eső/ mérési eredményét felhasználva, az 5. ábrán megadott séma szerint, on-line számítógéppel megkaphatók a kívánt pontra extrapolált adatok, hosszabb idejű kibocsátásnál az adott pontokra vonatkozó összegzett dózis. A terjedési adatokat az on-line környezetellenőrző számítógéppel ki lehet számítani. Kisebb sebességű és kisebb operatív memóriájú gép ilyen alkalmazásakor előnyösebbnek látszik nagy számítógépen a különféle esetekre meghatározott terjedési adatokat előzetesen kiszámítani, majd az on-line

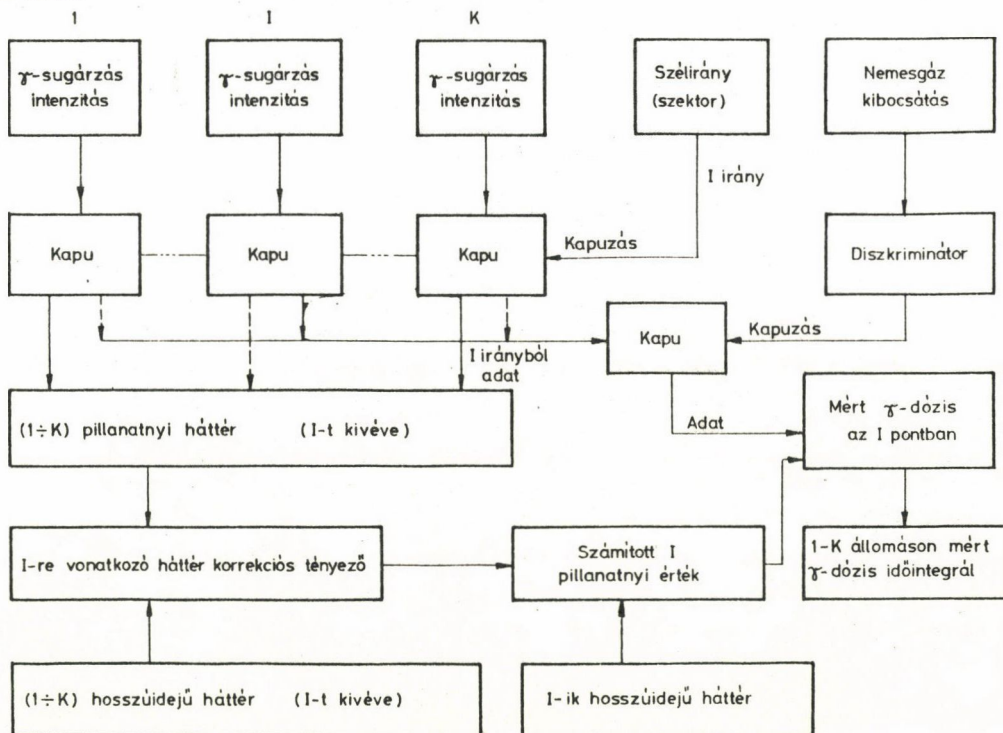


5. ábra

A környezeti sugárzási adatok számítása a hermetikus tér szivárgása révén történő kibocsátás esetén

Расчет радиационных данных окружающей среды в случае выброса через неплотности герметического объема

Calculation of environmental radiation data caused by radioactive leakage from hermetically sealed rooms



6. ábra

A radioaktív csőva dózisának meghatározása telemetrikus módszerrel

Определение дозы радиоактивного факела telemetрической системой

Telemetric measurement of the dose from the radioactive plume

számítógép memóriájába ezeket bevinni. Üzemzavar esetén a korábban bevitt adatok közül az adott helyzethez legközelebb állót kell kiválasztani, vagy interpolálni lehet a két legközelebb álló változatra vonatkozó adatokat.

Az atomerőmű normálüzeme esetén a kéményen át kibocsátott radioaktív nemesgázok által a környezetben kiváltott γ -dózis általában olyan kicsi, hogy azt - a háttér fluktuációja miatt - sem integráló jellegű dózismérővel, sem alkalomszerű intenzitásméréssel nem lehet meghatározni. Ha azonban a környezetben elhelyezünk néhány nagy érzékenyséű és kellően stabilis dózisintenzitás-mérőt /GM-cső, stabilizált üzemmódu szcintillációs számláló, ionizációs kamra/, akkor a 6. ábrán bemutatott séma szerint kiválasztott detektorjelzés alapján igen kis dózist is ki lehet mutatni. A módszer kimutatási határa annak révén javul az integráló módszerek kimutatási határához képest, hogy egy adott mérőpontnak jelzését csak akkor hasonlítjuk össze a háttérrel, amikor az adott ponton az erőmű hatására létrejöhett szignifikáns dózis, tehát a szél az adott mérőpont irányába fujt, és a kéményen egy adott szintnél nagyobb kibocsátás történt. Tovább javítja a mérés kimutatási határát, ha háttérként a pont un. számított pillanatnyi háttérét vesszük figyelembe. Ezt a háttérét a pont hosszú idejű háttéréből úgy számíthatjuk ki, hogy ezt a háttérét megszorozzuk a több pont pillanatnyi háttérének a hosszú idejű háttérértékéhez való arányával. Ezt a műveletet annak a ténynek az alapján lehet elvégezni, hogy a természetes háttér változását befolyásoló tényezők, mint a talajnedvesség, hótakaró, a környezeti radonszint, közel azonos módon jelentkeznek az összes állomásnál.

Az előbbieken csak néhány példát mutattunk be az on-line számítógépes környezetellenőrző rendszer felhasználási lehetőségeire. Ha a környezetellenőrzés helyett a számítógépet az atomerőmű teljes sugárvédelmi ellenőrzésére használjuk, akkor egy nagy integráltságú, nagy megbízhatóságú, kis élőmunka-szükségletű ellenőrző rendszert építhetünk ki.

IRODALOM

1. S. Deme, I. Fehér, A. András, The Off-Site Radiation Monitoring System Serving the Paks Nuclear Power Station in Hungary, IIASA Proceedings Series 14 /Ed. J.W. Lathrop/ 1981
2. I. Fehér, S. Deme, A. András, Application of the New Limitation System in the Radiation Protection Monitoring Program of the Nuclear Power Plant in Hungary, IAEA-SM-258/59, 1982
3. I. Fehér, S. Deme, A. András, Environmental Monitoring System at the Paks Nuclear Power Station, Acta Phys. Acad. Sci. Hung. 52 /198 /373

4. S. Deme, I. Fehér, M. Rövid, Telemetric and Data Acquisition System for Environmental Monitoring System at the Paks Nuclear Power Station, Acta Phys. Acad. Sci. Hung. 52 /198 / 389
5. Жернов и др., Атомная энергия 53/1982/№3, 131

*

Az eddig elkészült VVER-típusú atomerőműveknél sehol sincs egységes elvek szerint felépített, on-line számítógépes értékelésű, környezetellenőrző rendszer, pedig ezzel mind az erőmű normál üzeme, mind üzemzavara esetén hatékonyan működő környezetellenőrzés végezhető. Normál üzemnél ez a rendszer folyamatosan tudja számítani a kéményen át kibocsátott radioaktív izotópokból származó környezeti terhelést, igen kis kimutatási határral tudja meghatározni a radioaktív csóvából származó γ -sugárzási dózist. Üzemzavaránál - a telemetrikus állomásokra és a meteorológiai mérésekre támaszkodva azonnal számítható a ^{131}I -inhalációs sugárterhelés.

Az atomerőmű belső sugárvédelmi mérőhálózata és a környezetellenőrző rendszer adatainak közös, on-line számítógépes kiértékelésével egységes sugárvédelmi ellenőrző rendszer hozható létre. A javasolt megoldás a már meglévő atomerőműveknél is alkalmazható, mert üzembehelyezése nem befolyásolja a korábban megépített berendezések folyamatos munkáját.

КОНТРОЛЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АЭС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ В РЕЖИМЕ "ОН-ЛАЙН"
Деме, Ш.

Функционирующие в настоящее время АЭС типа ВВЭР не оснащены системой контроля окружающей среды, включающей ЭВМ в режиме "он-лайн", хотя такая система обеспечивает высокоэффективный контроль как в нормальном, так и в аварийном режимах АЭС. В случае нормального режима система может непрерывно вычислять радиационную обстановку в окружающей АЭС среде, обусловленную газоаэрозольными выбросами через венттрубу, и определять с большой чувствительностью дозы γ -излучения радиоактивного факела. В случае аварийного режима - на основе метеорологических измерений и данных телеметрии - возможен непрерывный расчет ингаляционной дозы йода-131.

С помощью ЭВМ в режиме "он-лайн", путем обработки данных внутренней дозиметрической системы, а также данных системы контроля окружающей среды АЭС, можно создать единую, высокоэффективную систему радиационного контроля АЭС. Предложенный вариант может быть применен даже у построенных ранее АЭС, так как подключение действующей системы радиационного контроля к ЭВМ не требует ее остановки.

A COMPUTERIZED ON-LINE SYSTEM FOR MONITORING THE ENVIRONMENT OF NUCLEAR POWER STATIONS
Deme, S.

None of the WWR type nuclear power plants built up to now has had an on-line computer-evaluated environmental monitoring system constructed according to unified principles, although such a system is suitable for efficient environmental monitoring of the power plant both during normal operation and at times of increased release. In the case of normal operation, the proposed system is capable of continuously measuring the environmental burden caused by radioactive isotopes released from the stacks and of determining the γ -dose due to the radioactive plume with a very high sensitivity. If an accident occurs the ^{131}I inhalation burden can immediately be computed on the basis of data from telemetric and meteorological measurements.

By a common computerized on-line evaluation of the data from the internal radiation protection measuring system of the power plant on the one hand and from the environmental monitoring system on the other, a unified monitoring system can be established for the purpose of radiation protection. The proposed solution is also applicable to power plants already in operation as the installation of computerized evaluating equipment of this type does not disturb the continuous operation of the apparatus installed earlier.

KROMÁTBEVONAT VIZSGÁLATA RADIOAKTÍV IZOTÓPOS NYOMJELZÉSSSEL

Drozda Tamás¹, Maleczki Emil², Farkas Gyula²

¹Magyar Ásványolaj- és Földgázkisérleteti Intézet, Veszprém, Wartha V.u.1, 8200

²Veszprémi Vegyipari Egyetem Radiokémiai és Fizikai Intézet, Veszprém, Pf.168, 8201

/Érkezett 1983. november 11-én/

1. BEVEZETÉS

Az aluminium felületén kémiai kezeléssel kialakított, krómtartalmu konverziós réteg kémiai összetételének megállapítása nem egyszerű feladat, ezért - noha a kromatózás gyakorlati alkalmazása széles körben elterjedt - mindmáig nyitott kérdés a bevonat összetétele. Több szerző^{/1-8/} foglalkozott a képződő kromátbevonat kémiai összetételével, a különféle módszerrel kapott eredmények alapján levonható minőségi és mennyiségi megállapítások azonban elmentmondásosak. Feloldásuk céljából a Cr/VI/ és Cr/III/ egymás melletti meghatározására radioindikációs módszereket dolgoztunk ki, és megvizsgáltuk az aluminiumon kialakított sárga kromátbevonat krómtartalmának kémiai állapotát.

2. A KROMÁTBEVONAT KÉMIAI ÖSSZETÉTELE

A krómnak az aluminium felületén kialakított kromátbevonatba való beépülése, amint arról már beszámoltunk^{/9,10/} a kezelési idő függvényében ⁵¹Cr radioizotópos nyomjelzéssel megállapítható. A króm kémiai állapotát azonban a módszerrel nem tudjuk meghatározni.

Az irodalomban található a bevonat krómtartalmára vonatkozó adat és a króm kémiai állapotára utaló megállapítás^{/2,5,6,8/}. Nedves analizissel^{/2,3/} a Cr/VI/ 3,5%; az összes króm 27,8%; az aluminium 13,5%; a Fe/CN/ 13,8%, illetve a bevonat összetétele a $\text{CrFe(CN)}_6 \cdot 6\text{Cr(OH)}_3 \cdot \text{H}_2\text{CrO}_4 \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ összegképlettel adható meg. Ezek alapján a Cr(III) és az összes króm aránya 7/8-adnak felel meg.

M.F. Abd Rabbo és társai^{/4/} szekunder ionemissziós tömegspektrometriával /SIMS/ vizsgálták az eloxált aluminiumfelület kromatózása közben lejátszódó folyamatot, és megállapították, hogy a $\text{CrO}_4^{2-}/\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ -tartalmu kezelőfürdőben a króm két, egymástól elkülöníthető módon épül be a bevonatba. Az első folyamat a Cr(VI)-nak gyors, a kialakuló vékony korróziós réteg repedéseiben lejátszódó redukciója, és az így keletkező Cr_2O_3 - a szerző szerint - valószínű hidratált formában épül be a bevonatba.

A második folyamat sokkal fokozatosabb, mérsékeltebb; közvetlenül a $\text{CrO}^{2-}/\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ anion hatol be a kialakuló rétegbe, valószínűleg a réteg szemcsehatárain keresztül, és vastagodást eredményez, még semleges közegben is. A Cr_2O_3 beépülése lokalizált, krómban gazdag helyeket eredményez a konverziós réteg teljes vastagságában.

Egy másik közleményben arról számol be a szerző^{/5/}, hogy $4 \text{ g/dm}^3 \text{CrO}_3$, $3,5 \text{ g/dm}^3 \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ és $0,8 \text{ g/dm}^3 \text{NaF}$ összetételű kromatózó fürdőben kialakított konverziós bevonat főként hidratált Cr_2O_3 -ból és kis mennyiségű $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ anionból áll.

J.A. Treverton^{/6/} modern felületanalitikai módszerekkel, többek között röntgensugár-gerjesztésű elektron-spektrometriával /XPS/ és SIMS-val vizsgálta az alumínium felületén kialakított kromátbevonat kémiai összetételét. Megállapította, hogy a bevonat hidratált króm-oxidot, krómhoz kötődő (hexaciano-ferrát(III))³⁻-ot és kis mennyiségű Cr(VI)-ot tartalmaz. Megjegyzi a szerző, hogy mind a (hexaciano-ferrát(III))³⁻, mind pedig a CrO_4^{2-} komponens balszerencsére a röntgensugarak, illetve az argon-ionsugarak hatására kémiailag károsodik, bomlik, ezért erre az eredmény értékelésekor tekintettel kell lenni.

Krómhoz kötődő ciánkomplex beépüléséről már korábban mi is beszámoltunk^{/1/}, Mössbauer-spektrometriával azonban meggyőződünk arról, hogy a rétegbe (hexaciano-ferrát(II))⁴⁻ épül be, mint réteggépző komponens, és a (hexaciano-ferrát(III))³⁻ fürdőkomponens a fém és a fürdő határfelületén redukciót szenved.

Machu^{/7,8/} a sárga kromatózó fürdőben végbemenő folyamatok alapján króm-hidroxid és bázisos kromátok - $\text{Cr}(\text{OH})_3 \cdot \text{Cr}(\text{OH})\text{CrO}_4$ - képződését vezeti le.

3. A Cr(III) ÉS ÖSSZES KRÓM (Cr(III))+ Cr(VI)) MEGHATÁROZÁSA RADIOINDIKÁCIÓS MÓDSZERREL

Két egymástól független módszert dolgoztunk ki a Cr(III) és az összes króm meghatározására.

Az egyik módszer inoncsereelő vékonyréteg-kromatográfián alapul, és a Cr(III), illetve az összes króm oldatból való meghatározására szolgál, ehhez tehát a kromátbevonatot előbb teljes mértékben fel kell oldani.

A másik módszert "szelektív leoldásnak" neveztük el, és ez a módszer közvetlenül a konverziós bevonat, mint szilárd fázis-Cr(III) és összes króm tartalmának meghatározására szolgál.

3.1. IONCSERÉLŐ VÉKONYRÉTEG-KROMATOGRÁFIÁS LEMEZEK ALKALMAZÁSA Cr(III) ÉS CrO₄²⁻ ELVÁLASZTÁSÁRA

A vizsgálathoz 50x50 mm méretű, Chinoín gyártmányu, Fixion 50x8 jelzésű, Na⁺-formára hozott, erősen savas, kationcserélő, valamint Fixion 2x8 jelzésű, Cl⁻-formára hozott, erősen lugos, anioncserélő vékonyréteg-kromatográfiás lemezeket használtunk.

A ⁵¹Cr radioaktív izotóppal jelzett Cr(III) és CrO₄²⁻ tartalmu oldatokat úgy elemeztük, hogy a kation-, illetve anioncserélő lemezekre azonos mennyiségű /0,1 cm³/ mintát vittünk fel automata pipettával. A minta szabályos kör alakú foltban terült el. A mintafolt száradása után azonban nem fejlesztettük ki a rétegekromatogramot, hanem az adott lemezen kevésbé kötődő kation-, illetve anionkomponenst egyszerűen leáztattuk. Áztatás és szárítás után - mivel az ioncserélő lemezen kötött Cr(III)-, illetve Cr(VI)-ionok nem vándoroltak - fix geometriával volt mérhető a megfelelő kémiai állapotú ⁵¹Cr sugárzása. Az anioncserélő lemezen azonban nagyobb átmérőjű foltban terült el a felvitt minta, mint a kationcserélő lemezen /feltehetően az eltérő szemcseméret miatt/, ezért un. f_g geometriai tényezőt határoztunk meg a kation-, illetve anioncserélő lemezen végzett "párhuzamos" mérések alapján. A kationcserélő lemezeket a szelektivitás fokozása érdekében - az előkísérletek alapján - gyengén lugos közegben /200 cm³ ioncserélt vizet 0,1 cm³ 10%-os NaOH oldattal lugosítottunk, pH = 8 - 9/ áztattuk abból a célból, hogy a lemezen kötött kromátot oldatba vigyük, és elválasszuk a Cr(III)-tól. Az anioncserélő lemezeket savas közegben /200 cm³ ioncserélt vizet 0,2 cm³ 25%-os HNO₃ oldattal savanyítottunk, pH = 2-3/ áztattuk. a króm(III) eltávolítása érdekében.

A lemezeket szárítás után ólomtoronyba helyeztük, és szcintillációs detektorral megmértük relatív aktivitásukat /cpm/, majd a fajlagos aktivitás ismeretében meghatároztuk a mintában a króm(III), illetve a króm(VI) mennyiségét.

Ismert króm(III)- és kromáttartalmu radioaktív modelloldat elemzése alapján megállapítottuk, hogy a kationcserélő lemezeken 30 perc áztatás után a felvitt króm(III) 97%-a, a kromátnak pedig mindössze 1,7%-a kötődött meg. Hasonlóan, az anioncserélő lemezen a kromát 97%-a, míg a Cr(III)-nak csak 3%-a kötődött meg. Az anioncserélőn mért relatív aktivitásértékeket f_g = 1,06 geometriai tényezővel korrigáltuk.

Annak érdekében, hogy egyszerűen kivitelezhető és értékelhető, gyors, a minták sorozatelemzésére alkalmas módszert dolgozzunk ki, csupán kationcserélő lemezzel dolgoztunk a továbbiak során, és csak az összes króm és a

króm(III) meghatározására szoritkoztunk, hiszen a Cr(VI) mennyisége a vizsgált anyagrendszerben az összes króm és a Cr(III) különbségéből adódik. Az összes króm mennyiségét a kationcserélő lemezre vett minta áztatás előtt mért relatív aktivitása alapján, a Cr(III) mennyiségét pedig áztatás után, ugyancsak aktivitásméréssel határoztuk meg, így a Cr(III) és az összes króm aránya a mintában egyszerűen adódott.

A gyors módszer ellenőrzése végett kationcserélőn meghatároztuk ismert modelloldatokban az összes króm és a króm(III) mennyiségét, valamint anioncserélőn - a fenti hatásfokjellegű és geometriai tényezők figyelembevételével - a króm(VI) mennyiségét. Az így kapott Cr(III) és CrO_4^{2-} mennyiségének összege 0,5% hibával megegyezett a mért összes króm értékével /krómmérleg/, ami a kidolgozott gyors radioindikációs módszerünket látszik igazolni.

3.2. A SZELEKTIV LEOLDÁS MÓDSZERE

A konverziós bevonat összes króm- és króm(III)-tartalmának szilárd fázisban való meghatározására ún. szelektív leoldásos módszert dolgoztunk ki. A króm(VI)-ot a kromátozott alumíniumlemezekről - a króm(III) és króm(VI) oldhatósági tulajdonságait tekintve - semleges és gyengén lúgos oldattal oldottuk le. Közismert, hogy a króm(III) csak savas közegben oldható /pH 3/, a króm(VI) azonban semleges és gyengén lúgos közegben viszonylag jól oldódik.

^{51}Cr -mal jelzett radioaktív kezelőfürdőben kromátozott mintalemezeket ioncserélt vízben, 3%-os NaF oldatban és 3%-os NaHCO_3 oldatban főztünk a króm(VI) leoldása céljából. Megjegyezzük, hogy a króm(VI) eltávolítását a bevonatból, a konverziós bevonat és az oldat színváltozása kvalitatíve egyaránt jelezte. A sárga bevonat főzés közben a Cr(III)-vegyületekre jellemző zöld színűvé változott, miközben az oldatok, illetve az ioncserélt víz aransárga / CrO_4^{2-} -vegyületekre jellemző/ színt vett fel.

Ólomtoronyban, szcintillációs detektorral megmértük a mintalemezek relatív aktivitását főzés előtt /összes króm/ és főzés után /króm(III)/. A fajlagos aktivitás ismeretében a mért aktivitásból meghatároztuk az összes króm és a króm(III) felületi rétegben lévő mennyiségét a mintalemezekben.

A leghatékonyabb oldatnak a 3%-os NaF bizonyult /1-2 perc alatt kvantitatíve leoldotta a króm(VI)-ot a lemezről/, ezért a továbbiakban a kromátbevonatot ezzel az oldattal vizsgáltuk.

A leoldás szelektivitásáról úgy győződünk meg, hogy a kromátozott mintalemezeket $5-5 \text{ cm}^3$ 3%-os NaF oldatban 1-2 percig főztük, majd öblítés után megszáritottuk. A főzőoldatot - 3.1. pontban ismertetett módszer szerint - kationcserélő lemezen megvizsgáltuk Cr(III)-ra és összes krómra vonatkozóan. A kationcserélő lemezekben áztatás után visszamaradt aktivitás értéke

az összes krómra mért értéknek csupán 1-2%-a volt, ami megegyezik az előző pont szerint a kromáttól származó additív hibával. Ebből arra következtettünk, hogy az oldat Cr(III)-koncentrációja a módszerrel nem mutatható ki, tehát a Cr(III) leoldódása a lemeztől elhanyagolható. Ugyanakkor anioncserélő lemezen a 3.1. pont szerint kimutatott króm(VI)-értékek jól megegyeztek az oldat összes krómtartalmával, ami szintén a leoldás szelektivitására utal.

A fentiek alapján bizonyítottuk, hogy a leoldás folyamán a Cr(III) a lemezen marad, kérdéses volt azonban, hogy a CrO_4^{2-} teljes mennyiségben leoldódik-e a lemeztől. A kromát leoldásának bizonyítása céljából a lemezen főzés után visszamaradt, immár zöld bevonatot 25%-os HNO_3 -mal oldottuk; az oldatból színreakció alapján alkoholos difenil-karbaziddal nem volt kimutatható CrO_4^{2-} /kimutathatósági határ 0,25 g CrO_4^{2-} , határhígítása 200 000/, tehát a NaF-os leoldás során nem maradt számottevő mennyiségű CrO_4^{2-} a lemezen.

Megállapítottuk, hogy a szelektív leoldás módszerével a kromátbevonat összes króm- és króm(III)-tartalma, illetve a króm(III) és az összes króm aránya a bevonatban gyorsan és egyszerűen meghatározható.

4. A KRÓM KÉMIAI ÁLLAPOTÁNAK VIZSGÁLATA A KROMÁTOZÓ FÜRDŐBEN ÉS A KROMÁTBEVONATBAN

Meghatároztuk a sárga kromátozó fürdő Cr(III)-koncentrációjának változását a fürdő működési idejének függvényében.

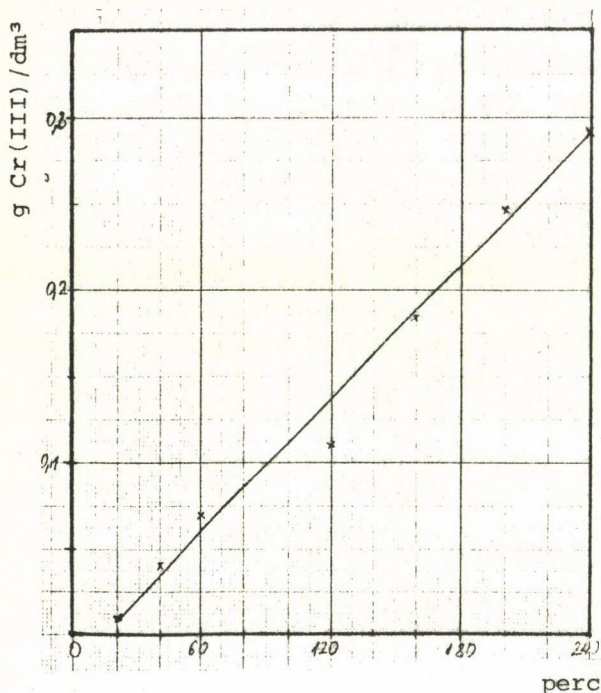
A konverziós réteg vizsgálatát az előző pontban leírt szelektív leoldásos módszerrel elvégeztük, azaz meghatároztuk a Cr(III) és összes króm rétegmennyiségét és arányukat.

Ezen kívül ioncserélő lemezekkel meghatároztuk a bevonat összetételére jellemző Cr(III) és az összes króm arányát a kromátozás idejének függvényében, a bevonat sósavas és salétromsavas oldása után.

4.1. A KRÓM(III) MENNYISÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA A KEZELŐFÜRDŐBEN

A kísérletek során használt sárga kromátozó fürdő összetétele: 7,6 g/dm³ CrO_3 ; 5,62 g/dm³ $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; 10 g/dm³ NaBF_4 ; 2,0 cm³ 65%-os HNO_3 /dm³; 1,0 g/dm³ $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$. A fürdőt Na_2CrO_4 formában levő ⁵¹Cr izotóppal jeleztük. A fürdő radioaktív koncentrációja kb. 150 MBq/dm³ volt.

100 cm³ kromátozó fürdőben egyszerre 3-3 aluminium mintalemezt kezeltünk, és a kezelést időnként friss lemezekkel folytattuk. A fürdő működési idejének /fárasztásának/ függvényében 240 percen át vizsgáltuk a króm(III) koncentrációját a 3.1. pont szerint a kezelőfürdőben /1. ábra/.



1. ábra

A króm(III) koncentrációjának változása a fürdőben a kezelési idő függvényében

Изменение по времени обработки концентрации хрома (III) в ванно́й

The concentration of chromium(III) in the bath as a function of treating period

Megállapítottuk, hogy a fürdő működése közben a króm(III)-koncentráció folyamatosan nő a kezelési idővel. Ez feltehetően közrejátszik a fürdő kifáradásában, mivel a Nernst-összefüggés értelmében csökken a fürdő oxidációs ereje.

4.2. A KRÓM(III) ÉS AZ ÖSSZES KRÓM ARÁNYÁNAK MEGHATÁROZÁSA A KONVERZIÓS RÉTEGBEN

A fenti kromatózó fürdőben 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 10,0 perc kezelés után sárga kromátbevonatot alakítottunk ki az előzőleg zsirtalanított alumínium mintalemezekben. A konverziós bevonatokban a króm(III) és az összes króm arányát az alább ismertetett módokon határoztuk meg.

4.2.1. A kromátbevonat savas oldása

A kialakított konverziós bevonatot 3-3 párhuzamosan kezelt mintalemezről 2-2 cm 10%-os sósavban, illetve 25%-os sa-

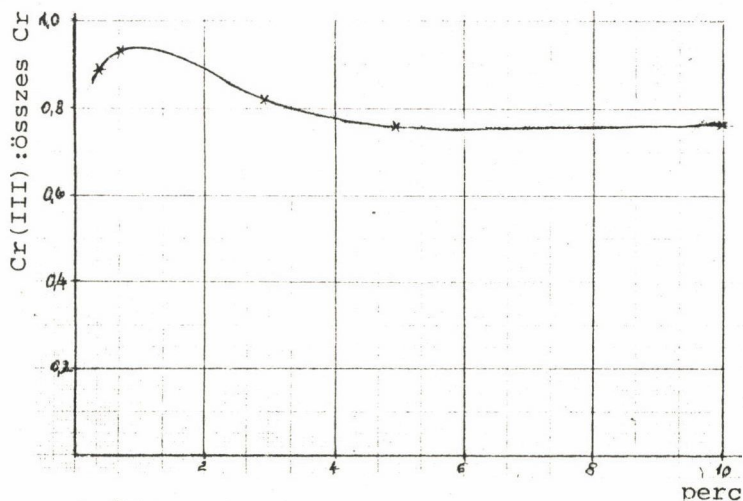
létromsavban oldottuk fel abból a célból, hogy a 3.1. pontban ismertetett módszerrel meghatározzuk a savas oldatokból a bevonatban lévő króm(III) és az összes króm arányát.

A savas oldatokban a bevonat szinte pillanatszerűen lelékődött a lemezekről. A sósavas oldatban intenzív H₂-fejlődés kísérte a bevonat leválását a lemezről, míg a passzíváló jellegű salétromsavban vizuálisan nem mutatkozott H₂-fejlődés. A bevonat sósavban 5-10 óra alatt, míg salétromsavban 2-3 óra alatt oldódott fel.

A savas oldatokat az elemzésük megkezdése előtt nátrium-hidroxiddal csapadékleválásig semlegesítettük, és gyengén visszasavanyítottuk /míg a

csapadék újból feloldódott, pH = 2-3/ abból a célból, hogy az ioncserélő lemezek működésének feltételeit standardizáljuk.

A króm(III) és az összes króm sósavas oldatban meghatározott arányát a 2. ábrán, a salétromsavas oldatban kapott eredményeket pedig a 3. ábrán tüntettük fel.

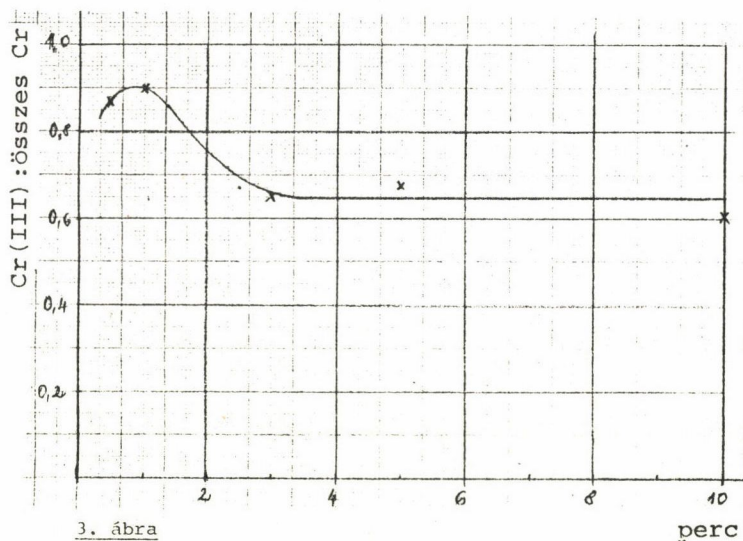


2. ábra

A króm(III):összes króm arány a kezelési idő függvényében, sósavas leoldás után

Отношение хрома(III) к всему хрому в зависимости от времени, после растворения в соляной кислоте

The ratio of chromium(III) to total chromium content as a function of time, after solving in hydrochloric acid



3. ábra

A króm(III):összes króm arány a kezelési idő függvényében, salétromsavas leoldás után

Отношение хрома(III) к всему хрому в зависимости от времени, после растворения в азотной кислоте

The ratio of chromium(III) to total chromium content as a function of time, after solving in nitric acid

Az ábrákból úgy tűnik, hogy a kezelési idő /bevonatvastagság/ függvényében a króm(III) és az összes króm aránya a bevonatban változik. Ezt azzal magyarázzuk, hogy a vékonyabb bevonatnál még meglévő szabad alumíniumfelületen az oldás során fejlődő H_2 redukálja a bevonatban levő króm(VI)-ot króm(III)-má, és így az oldatban főként króm(III)-at találtunk /króm(III)/(összes króm) = 0,9/.

A passziváló jellegű salétromsavas oldás esetén is érvényesül ez a redox-jelenség, látható azonban, hogy a görbe második szakaszában /3 perctől/ a króm(III) és az összes króm kisebb arányát mutattuk ki, mint a sósavas oldatból, azaz a réteg oldásakor kevésbé redukálódott a kromát. Ezt kvalitatíve az oldáskor tapasztalt H_2 -fejlődésben mutatkozó különbség is alátámasztja.

Ugyancsak a H_2 -nek a króm(VI)-ra kifejtett redukciós hatásával magyarázzuk azt, hogy ugyanazon bevonatból /5 percnél hosszabb kezelési időnél is/ a különböző savas oldatokban a króm(III) és az összes króm eltérő arányát /0,76, illetve 0,63/ határoztuk meg.

A kísérleti eredmény alapján megállapítható, hogy az olyan vizsgálati módszereknél, ahol a konverziós bevonatot leoldjuk az alapfémről /nedves analízis/, az eredmény interpretálásakor figyelembe kell venni, hogy a beavatkozás hatására a bevonat kémiai összetétele megváltozhat.

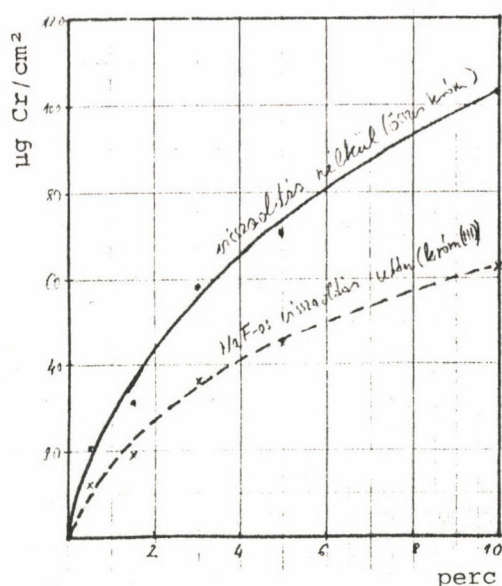
4.2.2. A króm(III) és az összes króm arányának meghatározása a szelektív leoldás módszerével

A fenti kezelési idők mellett kialakított kromátbevonatban, a savas oldásnál kiméletesebb módon, meghatároztuk ugyancsak a króm(III) és az összes króm arányát a 3.2. pont szerint. Az eredmény a 4. ábrán látható.

Megállapítottuk, hogy a kezelési idő függvényében ez az arány állandó: 5% relatív hibával 0,63.

Megjegyezzük, hogy a salétromsavas oldással kapott eredmény /3. ábra/ is, 3 percnél hosszabb kezelésnél, ahol a vastagabb bevonat miatt nem lépett fel intenzív H_2 -fejlődés a fém és az oldat határfelületén, szintén a fenti értéket közelíti: 10 percnél 0,60. A 0,63-as arány jó közelítéssel 2/3; ez arra enged következtetni, hogy a kromátrétegben minden CrO_4^{2-} -ra két Cr(III) jut.

Az általunk meghatározott arány az irodalomban ismert elképzelések közül a Machu^{7,8/} által megadott $Cr(OH)_3 \cdot Cr(OH)CrO_4$ összegképletet elégíti ki. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy ez a képlet fejezi ki a valóságos összetételt, de egyértelműen megállapítható, hogy a sárga kromátbevonatban



4. ábra

A króm felületi rétegmennyisége a kezelési idő függvényében

Количество хрома в поверхностном слое в зависимости от времени обработки

The quantity of chromium in the surface layer as a function of treating time

a króm(VI) nem csupán nyomokban van jelen^{6/}, hanem a króm(III) és a króm(VI) aránya 2:1.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az ioncserélő vékonyréteg-kromatográfia és a ⁵¹Cr radioaktív izotóppal való nyomjelzés adta lehetőségek összeházasításával olyan újszerű radioanalitikai módszert dolgoztunk ki, amely alkalmas a sárga kromatózó fürdőben a króm(III) meghatározására króm(VI) mellett. Megállapítottuk, hogy a fürdőben a működés idejének előrehaladtával folyamatosan nőtt a króm(III)-koncentráció. /Ezt egyébként a kezelőfürdő színének mélyülése is jelzi./ Feltehetően a fürdő kifáradásában /a Nernst-összefüggés értelmében csökken a fürdő oxidációs ereje/ a króm(III) felszaporodása játszik jelentős szerepet.

A fenti módszer alkalmas a konverziós bevonatban a króm(III) és az összes króm arányának meghatározására a réteg sósavas, illetve salétromsavas leoldása után. Főként a 3 percnél rövidebb kezelési idő mellett kialakított bevonatoknál /ahol a szabad alumínium felületen keletkező H₂ redukciós hatása érvényesül/ redukálódik a leoldás folyamán a króm(VI). Az oxidáló jellegű salétromsavas oldásnál a króm(VI) redukciója kevésbé jelentkezik, mint sósavas oldásnál.

Szelektív leoldásos módszert dolgoztunk ki a króm(VI) konverziós bevonatból való kioldására; ezzel a króm(III) mennyiségileg visszamaradt a felületkezelt alumíniumlemezen. Így a savas oldáskor fellépő redox folyamatok zavaró hatását megszüntetve meghatároztuk a bevonatban a króm(III) és az összes króm arányát. Ez az arány összeegyeztethető a salétromsavas leoldással kapott, 3 percnél hosszabb ideig kezelt alumíniumlemezeknél kapott eredménnyel.

Megállapítottuk, hogy a sárga kromátbevonat króm(III)- és króm(VI)-vegyületet egyaránt tartalmaz /a króm(VI) nem csupán szennyezőként van jelen/, és a bevonatban a króm(III) és a króm(VI) aránya 2:1. Ez az arány a kezelési időtől /bevonatvastagságtól/ független.

IRODALOM

1. *Drozda T., Maleczki E., Varga I.*, II. Magkémiai Szimpózium, KLTE Debrecen 1980, 38
2. *J. Nelson, J.R. Newhard*, Metal Finishing 70 /1972/ No.7. 49
3. *J. Nelson, J.R. Newhard*, Metal Finishing 70 /1972/ No.8. 66
4. *M.F. Abd Rabbo, et al.* Corrosion Science 16 /1976/ 677
5. *M.F. Abd Rabbo, J.A. Richardson, G.C. Wood*, Corrosion Science 18 /1978/ 117
6. *J.A. Treverton*, Production and Use of Coil-Coated Strip, Metropole Hotel, Birmingham 30. Sept.-2. Oct. 1980
7. *W. Machu*, Publ. Prot. Corrosion Metal Finishing /1966/ 176
8. *W. Machu*, Jahrbuch der Oberflächentechnik 23 /1967/ 72
9. *Maleczki E., Drozda T., Badaesonyi T., Varga I.*, Korróziós Figyelő 20 /1980/ 187
10. *Maleczki E., Drozda T.*, Izotóptechnika 23 /1980/ 33

*

Uj radioaktiv nyomjelzéses módszereket fejlesztettünk ki króm(III) és összes króm /króm(III) + króm(VI)/ egymás melletti meghatározására. Az egyik módszer oldatok elemzésére, a másik pedig a konverziós bevonatnak, mint szilárd fázisnak a vizsgálatára szolgál. Meghatároztuk a sárga kromátozó fürdő króm(III)-koncentrációjának növekedését, valamint a króm(III) és az összes króm arányát a konverziós bevonatban, a kezelési idő függvényében.

ИЗУЧЕНИЕ ХРОМАТНОГО ПОКРЫТИЯ МЕЧЕНИЕМ РАДИОАКТИВНЫМИ ИЗОТОПАМИ
Дрозда, Т., Малецки, Э., Фаркаш, Дь.

Были выработаны новые методы радиоактивной метки для определения хрома(III) и всего хрома /хром(III) + хром(VI)/ одновременно. Методами могут быть изучены растворы и сам слой конверсии в твердой фазе. Увеличение концентрации хрома в желтом хроматном покрытии, а также изменение по времени обработки отношения хрома(III) к всему хрому в конверсионном покрытии были определены.

STUDY OF CHROMATE COATINGS BY RADIOISOTOPE TRACING
Drozda, T., Maleczki, E., Farkas, Gy.

New radioactive tracer methods were developed to determine chromium(III) and total chromium /chromium(III) + chromium(VI)/ content simultaneously. They are capable of investigating solutions and the conversion coating itself in the solid phase, respectively. The increase of chromium(III) concentration in the yellow chromate coating and the chromium(III) to total chromium ratio in the conversion coating were determined as a function of the treating period.

TIROXINMÉRÉSEN ALAPULÓ, HIPOTIREÓZIS-SZŰRŐVIZSGÁLATI MÓDSZER

Havass Zoltán

A Szegedi Orvostudományi Egyetem Gyermekklinikája, Szeged, Pf.471, 6701

/Érkezett 1983. december 15-én/

BEVEZETÉS

A veleszületett hipotireózis újszülöttkori szűrővizsgálatának megkezdésére a nemzetközi irodalomban az utóbbi 10 évben találunk adatokat^{/1/}. Ma már nyilvánvaló, hogy - gazdasági kihatásait is beleértve - a fenilketonuria szűrése mellett a legindokoltabb tömegméretű újszülöttkori szűrővizsgálat^{/2/}. A szűrővizsgálatra metodikai szempontból két lehetőség áll a rendelkezésünkre^{/3/}: a vér tiroxin, illetve a vér TSH-szintjének meghatározása radioimmunoassayvel. Mind a két módszernek van előnye és hátránya; Európában a TSH, Észak-Amerikában pedig a tiroxinmeghatározáson alapuló szűrővizsgálatot végzik^{/4,5/}.

A szűrővizsgálat fontosságát a magyar egészségügy is felismerte, és megtette az első lépéseket. 1978-ban a Győri Megyei Kórház megkezdte - hazánkban először - egy kisebb közösség válogatás nélküli, újszülöttkori szűrővizsgálatát^{/6/}. A vizsgálatot a kereskedelemben beszerezhető Pharmacia Dry Spot Testtel végezték. Az Egészségügyi Minisztérium - az anyagcserebetegségek újszülöttkori szűrővizsgálatának eddigi gyakorlata szerint - ezen tömegméretű vizsgálatokat is két regionális szűrőcentrumban kívánta megoldani, és így 1981-ben az egyik centrumként a SZOTE Gyermekklinikáján már működő szűrővizsgálati laboratóriumot bizta meg.

A szűrővizsgálatok készlettel való elvégzése - bármelyik módszer esetén - nagy anyagi megterhelést jelentene az egészségügynek, hiszen figyelembe kell venni, hogy a szegedi szűrőközpont átlagosan évente 75 000 vizsgálatot végez. Így számunkra csak olyan vizsgálati lehetőségek maradtak, amelyekhez a vegyszert egyenként, és így lényegesen olcsóbban, hazai forrásból lehet beszerezni.

Feladatunkká vált olyan módszer kiválasztása és kidolgozása, amely ennek az elvárásnak megfelel. A TSH-vizsgálaton alapuló szűrővizsgálatához szükséges alapreagenseket [¹²⁵I-dal jelzett TSH, TSH antiszérum stb.] hazai forrásból nem lehetett beszerezni. Az MTA Izotópinvézetete nemrégiben fejlesztette ki a szérumban tiroxinszintjének meghatározását szolgáló RIA készletet, és így az intézettől az egyes komponensek azonnal, forintért beszerezhetők voltak. Ezen tények figyelembevételével a vér tiroxinszintjének meghatározásán alapuló szűrővizsgálati módszer mellett döntöttünk.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A ^{125}I -dal jelzett tiroxint, tiroxin-antiszérumot és tiroxin-standardokat /ez utóbbi kettőt liofilizált formában/ az MTA Izotópinvézetétől szereztük be. A vizsgálathoz szükséges egyéb vegyszereket a Reanaltól, a polietilén-glikolt a Flukatól, illetve a dietil-barbitursav-di-Na sóját a Servatól vásároltuk. A radioaktivitás mérésére a Gamma Művek által gyártott, NZ-322 típusu, automatikus mintaváltóval ellátott gamma-számlálót használtunk.

A szűrővizsgálathoz a vérmintát Schleicher-Schule 2992-es szűrőpapírra felcseppentve kapjuk, ezért a vizsgálatban használatos standardokat ugyan-ezen szűrőpapírra felcseppentve kell használnunk. A liofilizált szérum formájában kapott standardokat regenerálás után azonos mennyiségű mosott humán vörös vértesttel hoztuk össze, és ezen jól összekevert vérmintát csepegtettük ki a szűrőpapírra. 6 mm átmérőjű kivágott korongot használtunk a mérésben. A száraz vércseppből a tiroxint először ki kell oldanunk ahhoz, hogy az immunreakció lejátszódhassék, ezért vizsgáltuk a tiroxinnak a vérkorongból való eluciójának idejét. Az eluciós vizsgálatot ismert aktivitású, jelzett tiroxint tartalmazó vérkorongokkal végeztük úgy, hogy 20, 40, 60 és 80 perces eluálás után mértük az eluátum radioaktivitását. A kioldást a megfelelően hígított antiszérum veronál pufferes /pH 8,2/ oldatával végeztük. Az antiszérum /amelyet liofilizálva kaptunk/ számunkra ideális hígítását a titergörbe felvételének segítségével választottuk ki. A legjobbnak mutatkozó hígításokat alkalmazva minden esetben lemértünk egy standard sort, és az így kapott legjobb eredményeket figyelembe véve választottuk ki a vizsgálathoz legmegfelelőbb hígítást.

A korongokból a tiroxint 200 μl antiszérumoldat hozzáadásával eluáltuk. Kétórás, szobahőn képzett elució után 100 μl ^{125}I tiroxint mértünk hozzá. A jelzett tiroxinoldatot frissen hígítottuk a felhasználás előtt úgy, hogy 100 μl -nyi mennyiségnek az 1 perces beütésszáma 30-40 000 legyen. A jelzett tiroxin hígításához veronál puffert használtunk /pH 8,2/. Egyórás állás után a kötött és szabad antigén elválasztására PEG-et alkalmaztunk. 10%-os PEG-oldatból 1 ml-t mértünk az egyes csövekhez, és keverés után szobahőn 30 percig centrifugáltuk 1500 g-vel. A centrifugálás után a felülusztót vizsugár-szivattyúval leszivtuk az üledékről. A csapadék 1 perc alatti beütésszámát mértük. A standardok beütésszámából felvett kalibrációs görbe segítségével számoltuk ki az egyes vérkorongok tiroxintartalmát, amelyet nmol/l-ben adtunk meg.

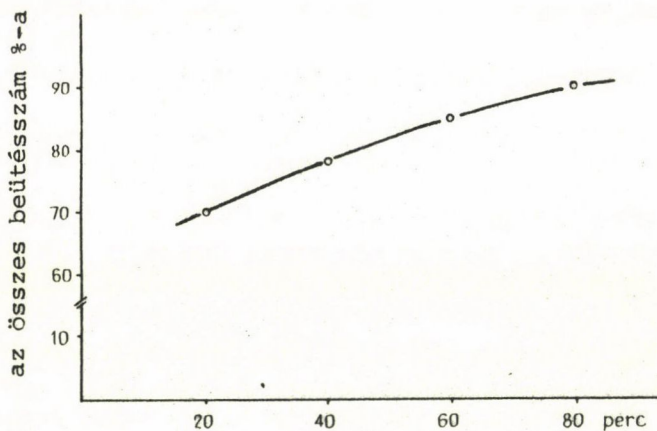
A vizsgálatban kontroll vérmintákat alkalmaztunk, amelyekkel meghatároztuk a sorozaton belüli /intra-assay/ precizitást, illetve az egyes sorozatok közötti /inter-assay/ reprodukálhatóságot. Ezen eredményeket a variációs

koefficiens százalékával jellemeztük $V_k\%$. A módszer beállítása után a sorozatos napi rutinvizsgálatban szintén alkalmaztunk kontroll vérmintát 5 párhuzamosban. A rutinvizsgálat megkezdése után az első 17 alkalommal ezen kontroll vérminták eredményeiből szintén kiszámítottuk az intra- és interassayt. A számítást Hewlett-Packard asztali számológéppel végeztük.

EREDMÉNY ÉS MEGBESZÉLÉS

A Szegedi Gyermekklinika szűrővizsgálati laboratóriumában 16 év óta végezzük a fenilketonuria és galaktozémia ujszülöttkori, tömeges szűrővizsgálatát. A vizsgálatához szűrőpapírra száritott vércseppeket használunk. A hipotireózis ujszülöttkori szűrővizsgálatának megindításakor figyelembe kellett venni, hogy a vizsgálatot azon vérmintákból kell elvégezni, amelyek az előbbi két vizsgálatához már eleve rendelkezésünkre állnak. Lényeges szempont volt a felhasznált véres korongok méretének, illetve darabszámának kiválasztása. Mivel a szűrővizsgálatban felhasznált szűrőpapírmintákon öt 8 mm átmérőjű vércsepp van, és ezekből kell a fenilketonuria, valamint galaktozémia vizsgálatát és az esetleges ismétléseket elvégezni, a hipotireózis szűrővizsgálatához felhasználható vérkorongok száma eleve korlátozva volt. Törekednünk kellett arra, hogy inkább egy nagyobb, mint két kisebb korongot használjunk, mivel a szűrővizsgálat nagy száma miatt nem közömbös, hogy egy mintából hány korongot kell kilyukasztanunk. A vizsgálandó korong átmérőjének felső határát pedig két tényező szabja meg: ha túl nagy a korong, akkor - a pontatlan mintavétel következtében - nagyobb a lehetősége annak, hogy nem lesz egyformán átitatva vérrel, és ez jelentős hibaforrás lehet; mivel a szabad és kötött antigént PEG-es eljárással választottuk el, a keletkezett csapadék esetleg nem elég tömör ahhoz, hogy a nagy korongot is megfelelő módon az üledékben tartsa. Ezek figyelembevételével döntöttünk egyetlen 6 mm átmérőjű vérkorong használata mellett.

A véres papírkorong tiroxintartalmának eluciós idejének vizsgálatakor azt találtuk, hogy szobahőmérsékleten, 80 perces időtartamnál a felcsepegtetett radioaktivitás 90%-a eluálódott /1. ábra/. Biztonsági okból kétórás eluciós időt választottunk. A módszer beállításakor öt egymást követő napon az egyes mérési sorozatoknál kétféle, egyenként 10-10 párhuzamos kontroll vérmintát használtunk. Az intra- és interassay megállapítására két olyan vérmintát választottunk, amelyek egyikének tiroxintartalma a normál érték alsó harmadában, másikának pedig felső harmadában foglal helyet. A kisebb értékű standard esetében az intraassay-t jellemző $V_k\%$ kissé nagyobb volt, mint a nagyobb standardnál /1. táblázat/, ahol a 10-es értéket egyik esetben sem haladta meg. A rutinszűrés /napi 200 vizsgálat/ megkezdésekor a módszer folyamatos reprodukálhatóságának ellenőrzésére minden sorozatnál



1. ábra

Szűrőpapírra szárított vércseppek tiroxintartalmának eluciós ideje

Время элюирования содержания тироксина кровяных капел, высушенных на фильтровальной бумаге

Elution time of thyroxin in dried blood sample

3 párhuzamos kontroll vérmintát alkalmaztunk. Ezzel kívántuk ellenőrizni, hogy a nagyszámu sorozatvizsgálatnál - tekintettel a szubjektív hibákra - hogyan alakulnak az előbbi statisztikai paraméterek /2. táblázat/. A 17 nap alatt az intraassay variációs koeficiense 3 esetben haladta meg a 10-et, de csak két alkalommal volt 15 körül. Az interassay V_k -ja 10,7%-nak adódott, amely a nemzetközi irodalomban található, hasonló paraméterekkel jól egyezik.

1. táblázat

A módszer precizitása és reprodukálhatósága V_k -ban

Точность и воспроизводимость метода выраженные в %-ax

Intra- and inter-assay in CV %

	Nap	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Szűrőpapírra szárított 1. vérminta n = 10	Átlag \pm SD nmol/l	75,4 \pm 10,1	76,0 \pm 3,8	86,1 \pm 7,6	72,2 \pm 8,8	67,1 \pm 5,0	77,2 \pm 7,6
	Intraassay V_k %	14,7	6,8	9,3	12,0	8,5	11,7
Szűrőpapírra szárított 2. vérminta n = 10	Átlag \pm SD nmol/l	158,3 \pm 16,4	150,7 \pm 12,6	162,1 \pm 10,0	144,4 \pm 13,8	139,3 \pm 11,4	143,1 \pm 10,0
	Intraassay V_k %	8,4	8,9	6,3	10,0	8,0	8,3

Interassay 1.minta V_k : 8,4 %
2.minta V_k : 6,04 %

A módszert kis időigénye, egyszerűsége és statisztikai paraméterei alkalmassá teszik arra, hogy vele papírra szárított vércorongból nagy tömegű sorozatvizsgálatot végezzenek, és így a megelőzés fontos területén, az újszülöttkori tömegszűrővizsgálatban sikeresen lehessen alkalmazni. Ezt a szeged szűrővizsgálati központ eddig elvégzett, több mint 10 000 vizsgálata is igazolja.

2. táblázat

Nagyszámu sorozatvizsgálat közben mért precizitás és reprodukálhatóság

Точность и воспроизводимость, определенные во время многочисленных серийных обследований

Intra- and inter-assay in routine mass screening

№р	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Szűrőpapírra szárított kontrollvér	Átlag nmol/l	150,7	131,7	141,8	119,0	135,5	139,3	171,0	114,0	130,4	122,8	130,4	127,9	134,2	115,2	122,8	121,6	143,1
	Intraassay V _k %	9,9	14,8	8,4	6,3	7,8	5,0	5,2	5,5	15,4	10,3	8,7	7,3	9,8	4,5	8,3	6,8	7,9

Interassay V_k : 10,7 %

* * *

Köszönetet mondok az MTA Izotópintézetének, személy szerint Dr. Tóth Gézának azért a támogatásért, amelyet a munkához nyújtott.

IRODALOM

1. J.H. Dussault, C. Laberge: Union Med.Can. 102 /1973/ 2062
2. H. Bickel, In: Neonatal Screening for Inborn Errors of Metabolism 1, /Ed. H. Bickel, R. Guthrie, G. Hammersen! Springer, Berlin, Heidelberg-New-York, 1980
3. Szerkesztőszéki közlemény, Lancet.II, /1979/ 678
4. Report of the Newborn Committee of the European Thyroid Association. Acta Endocr. 90, Suppl. 233 /1979/ 1
5. D.A. Fisher, et al.: J. Pediatr. 94 /1979/ 700
6. B. Andrěka és mások: Orv. Hetil. 122 /1981/ 1391
7. P.G. Walfish, E. Gera, M.M. Wood: In: Neonatal Screening for Inborn Errors of Metabolism 1, /Ed. H. Bickel, R. Guthrie, R. Hammersen/ Springer, Berlin-Heidelberg-New-York, 1980

*

A módszer, amely szűrőpapírra szárított vérkorongok tiroxintartalmát méri, egyszerű, könnyen elvégezhető, és nem időigényes. Statisztikai paraméterei megfelelnek a nemzetközi elvárásnak, ezért alkalmas arra, hogy tömegméretű újszülöttkori szűrővizsgálatokban alkalmazzák, amit a SzOTE Gyermekklinikáján elvégzett több ezer vizsgálat igazol.

МЕТОД ВЫБОРОЧНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ГИПОТИРЕОЗА, ОСНОВАННЫЙ НА ИЗМЕРЕНИИ ТИРОКСИНА
Хаваш, 3.

Метод на измерение кровяных капел, высушенных на фильтровальной бумаге является простым и легко выполняемым. Статистические показатели удовлетворяют меж-

дународным требованиям, благодаря чему метод является подходящим для применения в массовом выборочном обследовании новорожденных. Заключение подтверждается результатами нескольких тысяч обследований, выполненных в Клинике детских болезней Сегедского медицинского университета.

HYPOTHYREOSIS SCREENING BASED ON THE DETERMINATION OF THYROXIN LEVEL

Havass, Z.

The method makes use of dried blood samples and is easy, simple and rapid. The statistical parameters meet international expectations, so can be used for mass screening of newborns. Several thousand investigations performed in the Pediatric Clinic of Szeged Medical University justify this conclusion.

SUGÁRBIOLÓGIAI ÉS SUGÁREGÉSZSÉGÜGYI KUTATÁSOK

A KISZ KÖZPONTI BIZOTTSÁGA ÉRTELMISÉGI FIATALOK TANÁCSA ÉS AZ ORSZÁGOS "FRÉDÉRIC JOLIOT-CURIE" SUGÁRBIOLÓGIAI ÉS SUGÁREGÉSZSÉGÜGYI KUTATÓINTÉZET RENDEZÉSÉBEN 1983. OKTÓBER 28-ÁN TARTOTT MÁSODIK TUDOMÁNYOS KONFERENCIA ELŐADÁSAINAK KIVONATA

BEVEZETÉS

Köteles Gy.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

A KISZ Központi Bizottsága Értelmiségi Fiatalok Tanácsának /ÉFT/ igen érdekes, népszerűvé és immár hagyományossá vált kezdeményezése volt olyan tudományos konferenciák megrendezése, ahol a fiatal értelmiségiek, így a fiatal kutatók is, fórumot kapnak tevékenységük bemutatására és megbeszélésére a szokásos tudományos és szakmai konferenciák munkastilusától eltérő, közvetlenebb, feszélytelenebb formában. Ehhez a rendezvénysorozathoz kapcsolódott az a konferencia, melyet az OSSKI KISZ alapszervezete immár másodszor rendezett, 1983. október 28-án, Budapesten. Az első ugyanis éppen két évvel ez előtt, 1981. október 16-án zajlott le. A szakmai programot az intézet tudományos vezetőivel együttműködve a konferencia titkára, dr. Somosy Zoltán főmunkatárs állította össze. A konferencián képviseltette magát a KISZ KB ÉFT is. A beszámolók főleg alkalmazott kutatásokról szóltak, s ezek előadásán kívül a konferencia lehetőséget teremtett a rokon vagy határterületeken dolgozó fiatalok személyes megismerésére, szűkebb témájukhoz kapcsolódó egyéb szakmai kérdésekben való általános tájékozódására és továbbképzésére is. Az utóbbi célt szolgálta két felkért előadás, amelyeket dr. Székely Márta, az Egészségügyi Minisztérium osztályvezetője "A sugáregészségügy korszerű szabályozása" és dr. Köteles György, az OSSKI főigazgató főorvos-helyettese "A sugáregészségügyi szabályozásokhoz szükséges sugárbiológiai megfontolásokról" címmel tartott meg. A konferencián a két továbbképző előadáson kívül 8 intézményből 16 előadás hangzott el két szélesebb témakörön belül: környezeti sugáregészségügyi kutatások és sugárbiológiai és izotópalkalmazási kutatások. A beszámolók kivonatát a tudományos tájékoztatás céljain túlmenően azért is adjuk közre, hogy ezáltal is ösztönözzük fiatal szakembereinket olyan magas színvonalu, elmélyült kutatómunkára, mellyel hozzájárulnak közegészségügyi és népgazdasági feladataink teljesítéséhez.

A PAKSI ATOMERŐMŰ VIZKIBOCSÁTÁST ELLENŐRZŐ RENDSZERÉNEK KIDOLGOZÁSA

Ormai P., C. Szabó I.

Paksi Atomerőmű Vállalat, Sugárvédelmi Osztály

Az atomerőmű üzemelése során nagy mennyiségű vizet használ és bocsát ki a befogadóba, esetünkben a Dunába. A visszavezetett víz egy része radioaktiv szennyezőket tartalmaz, melyek mennyiségét az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten kell tartani, ezzel minimálisra csökkentve a lakosság vízfogyasztásból eredő sugárterhelését, és megőrizve a Duna ivóvíznyerésre alkalmas állapotát.

Mivel sem a szovjet, sem pedig a magyar adat-, illetve tervszolgáltatásban nem szerepelt a vízkibocsátás ellenőrzésére vonatkozó program vagy irányelv, így azt magunknak kellett kidolgozni. Kiindulási alapul az OVH által kiadott hatósági szabályozás, valamint néhány, az irodalomból és a tapasztalatcserék alkalmával szerzett információ szolgált.

A dozimetriai laboratórium által kidolgozott program ellenőrző mérései az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- az összaktivitás mérése,
- az izotópösszetétel meghatározása gamma-spektrometriás módszerrel,
- Sr-meghatározás,
- a tríciumaktivitás mérése,
- az α -aktivitás mérése.

Szükség volt olyan, a technológiai igényeket is figyelembe vevő kibocsátási "stratégia" kidolgozására is, mellyel biztosítható a hatósági előírások betartása. Ezt, valamint a teljes kibocsátási program értékelését ismertetjük a paksi atomerőmű közel egyéves üzemeltetési tapasztalatainak, illetve a mérési adatoknak birtokában.

A RADIOAKTÍV LÉGSZENNYEZŐK EMISSZIÓJÁNAK LABORATÓRIUMI ELLENŐRZÉSI PROGRAMJA A PAKSI ATOMERŐMŰNÉL

C. Szabó I., Ormai P.

Paksi Atomerőmű Vállalat, Sugárvédelmi Osztály

A légnemű radioaktív anyagoknak a paksi atomerőmű szellőzőkéményén át történő kibocsátását az OKTH rendelete szabályozza.

A szovjet fél által tervezett és telepített KALINA ellenőrző rendszer csak a kibocsátási határértékek közelében képes értékelhető eredményeket szolgáltatni, azonban szükséges a normál üzemi kibocsátás ismerete is, első-

sorban a lakosság sugárterhelésének becslése céljából. Ezért olyan üzemi kibocsátásellenőrző programot kellett kidolgozni, mely a szovjet rendszer nyújtotta információkat pontosítja, illetve kiegészíti.

A szigorú emisszióellenőrzésen túl célul tűztük ki a kibocsátott radioaktivitás eredetének körülhatárolását is, ezért a mérési programba bekerült a szellőzőrendszerek és a technológiai rendszerek levegőjének ellenőrzése is.

Ismertetjük a mérési programot és az eddigi eredményeket.

A PAKSI ATOMERŐMŰ I. BLOKKJA INDÍTÁSA ALATTI SUGÁRVÉDELMI MÉRÉSEK

Juhász L.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

Az első hazai atomerőmű indítása 1982. X. 31-től, a reaktor-üzemanyag berakásától 1983. VIII. 11-ig, a 72 órás próbaüzem végéig tartott. Az erőmű indítási tesztelése különböző teljesítménylepcsőkön a sugárvédelemre is kiterjedt. A sugárvédelmi mérések célja az erőmű helyiségeiben a dolgozókra veszélyes sugárterek felkutatása és a beépített védelem megfelelő voltának ellenőrzése volt.

A mérés γ - és neutron-dózisteljesítményre terjed ki.

Mivel az erőműben nagyszámu és sok nagy méretű helyiség van, ezért a helyeket és pontokat megfelelően kellett kiválasztani. A mérések zöme a reaktor körüli helyekre koncentrálódott, mivel a legnagyobb sugárzási tér itt alakul ki; olyan helyeken végeztünk még mérést, ahol radioaktív anyagok felgyülemelése várható. A nagy mennyiségű adatot a későbbi felhasználás és összehasonlítás szempontjából rendszereztük.

Az adatok a műszaki tervben leírtak alapján a tervezett sugárzási értékeken belül maradtak, néhány ponton azonban a sugárzási tér értéke a számított értékeket túllépte.

INTEGRÁLIS α - ÉS γ -SUGÁRZÁSMÉRÉS LAKÓÉPÜLETEKBEN

Paripás B.¹, Somogyi Gy.², Nikl F.³, Takács S.¹, Rohács Gy.¹

¹Borsod-Aauj-Zemplén megyei KÖJÁL, Miskolc

²MTA Atommagkutató Intézete, Debrecen

³Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

Közel 3 éve végzünk radon-, valamint összes α -expozíció-mérést eltérő tüdőrák-gyakoriságu településeken. Passzív, több hónapi integrális expziciót

mérő szilárdtest-nyomdetektoros módszerrel.

Néhány lakásban egy éve folyamatosan tanulmányozzuk az α -expozíció, valamint TLD-vel a γ -dózis évszakos változását.

Az adatok statisztikai feldolgozása során megállapítottuk, hogy a toron és bomlástermékei hatása jelentős, és a vizsgált településeken eltérő.

További lényeges megállapításaink:

- a/ a vizsgált településeken a γ -dózisintenzitás szignifikánsan eltérő,
- b/ a radonexpozíciót jelentősen befolyásolja a szoba talajtól való távolsága és az építőanyag fajtája,
- c/ az α -expozíció, valamint az α - és γ -expozíció közötti korreláció évszakonként jelentősen eltér.

IMMOBILIZÁLT 8-HIDROXI-KINOLIN FELHASZNÁLÁSA VÍZ NYOMELEMTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSÁRA

Bokori E.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

A 8-hidroxi-kinolin közel 60 fémionnal, többek között Cd, Zn, Cu, Pb, Fe, Mn, Ni, Co ionnal reagál komplex vegyület képződése közben. Szilikagélhez kapcsolva nagyon kedvező tulajdonságu kelátképző ioncserélőt kapunk.

Ez az ioncserélő felhasználható a nyomelemzésben pl. a környezeti mintákban /talajban, növényben, vizekben/ lévő átmeneti fémek elválasztására, dusicítására.

Alkalmazásával 100-500-szoros dusicítás is elérhető. Nagy mintamennyiségből kvantitatív elválasztást biztosít, még az alkáli és alkáliföldfémek nagy ionerősségű oldatából is.

Az immobilizált 8-hidroxi-kinolin gyakorlati felhasználását víz nyomelemtartalmának meghatározásán keresztül mutatom be. Munkám a következő részfeladatokra oszlott:

- I. az immobilizált 8-hidroxi-kinolin előállítása, analitikai jellemzőinek meghatározása.
- II. Vizek nyomelemtartalmának mérése dusicítás után, atomabszorpciós spektrofotométerrel.

HUMÁN LIMFOCITÁKON KELETKEZŐ DNS-SZÁLTÖRÉS VIZSGÁLATA KOMBINÁLT UVA /KÖZELI ULTRAIBOLYA SUGÁRZÁS/ ÉS UVC /TÁVOLI ULTRAIBOLYA SUGÁRZÁS/ BESUGÁRZÁS HATÁSÁRA

Almássy Zs.¹, Holmberg M.²

¹Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató-intézet, Budapest

²Állami Sugárvédelmi Intézet, Stockholm

Humán limfociták besugárzása $5 \times 10^4 \text{ Jm}^{-2}$ -et meghaladó energiájú UVA-val DNS-száltörést indukál, amely sokkal lassabban reparálódik, mint a röntgen- és UVC-sugárzás által kiváltott DNS-lézió.

Ezenkívül az UVA és UVC kombinált alkalmazása esetén, az elsőnek alkalmazott UVA sugárzás késlelteti az ún. közbeeső száltörés záródását. Ez azt jelenti, hogy az UVA hatására csökken az UVC-sugárzás által kiválasztott "unscheduled" DNS-szintézis mértéke.

Távoli ultraibolya sugárzás /UVC 100 UVC 280 nm/ elsősorban ciklobután primidin diméereket, közeli ultraibolya sugárzás /UVA 315 UVA 400 nm/ pedig inkább egyszálu száltörést hoz létre a DNS-ben mind baktériumban /Tyrell et al. 1974/, mind emlős sejtkben /Bradley et al. 1978; Erickson et al. 1980; Berdberg, 1981/. Így az egyszálu DNS-törés és pirimidin diméerek aránya nagyobb UVA-sugárzás esetén, mind UVC-sugárzást követően.

Kísérleteink során bebizonyosodott, hogy az UVA kétféle hatást hoz létre; jelentős mennyiségű, hosszú életű egyszálu törést okoz, másrészt meggátolja az UVC által kiváltott törés reparálódását. Mindkét effektus kb. $5 \times 10^{-4} \text{ Jm}^{-2}$ -es energiánál figyelhető meg, ezért a kettő összefüggésben lehet egymással. Az UVA indukálta DNS-törés lassu repairje arra mutat, hogy a léziók különböznek a röntgensugárzás által kiváltott, rövid életű egyszálu töréstől.

Az a tény azonban, hogy csak bizonyos energiájú UVA által kiváltott egyszálu törés befolyásolja az UVC-indukálta DNS-törés reparációját, felveti azt a lehetőséget, hogy kisebb energiájú UVA-indukálta egyszálu törés gyorsabban is reparálódhat.

Másrésztől azonban UVA-val előkezelt 10^5 Jm^{-2} / és röntgennel besugárzott limfocitáknál /0,25-6 Gy tartományban/ nem észleltük azt, hogy a röntgensugárzás indukálta rövid életű egyszálu törés reparációs kinetikáját az UVA-kezelés befolyásolná.

Így feltételezéseink szerint a jelen kísérleteinkben megfigyelt egyszálu törés létrejöttének mechanizmusa eltér a más kísérletekben megfigyelttől /Brandley et al. 1978; Erickson et al. 1980; Bredberg, 1981/.

További kísérletek hivatottak eldönteni, hogy ezek a hosszú életű egyszálu törések az UVA-régió mely hullámhosszain indukálódnak, és hogy van-e mutagén hatásuk.

RÖNTGENSUGÁRZÁS OKOZTA SEJTFELSZINI TÖLTÉSVÁLTOZÁS MORFOLÓGIAI VIZSGÁLATA

Somosy Z., Kubászova T., Köteles Gy.J.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

Elektronmikroszkópos morfometriai módszerrel vizsgáltuk primer emberi fibroblasztok felszíni negatív töltéseinek besugárzás indukálta változását. A felszíni negatív töltésű helyeket katalizált ferritinnel tettük láthatóvá. A kötött kationizált ferritin mennyisége, azaz a területegységen levő ferritinszemcsék száma, szubletális dózisu besugárzás után néhány perccel jelentősen csökkent, majd mintegy 1 óra elteltével a kiindulási értékre állt vissza.

Meghatároztuk a szövetkulturában tenyésztett sejtek felső felszínének katalizált ferritinnel való boritottságának mértékét. Besugárzás hatására már 1 perc múlva jelentősen csökkent a ferritinnel borított terület nagysága, s 1 óra elteltével ez szintén újra elérte a kontroll boritottságának mértékét.

RÖNTGENSUGÁRZÁS HATÁSA LIMFOCITÁK MAGÁTMÉRŐJÉRE IN VIVO

Pikli I-né¹, Somosy Z.²

¹Országos Onkológiai Intézet, Onkopathológiai Kutatóintézet, Budapest

²Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

Fénymikroszkópos morfometriai módszerrel egér limfociták magátmérőjének in vivo változását egésztest-röntgenbesugárzást követően tanulmányoztuk.

0,05 dózis hatására a limfociták magátmérője nem változott. A 0,1 és 2 Gy közötti dózistartományban besugárzott állatok limfocitáinak magátmérője szignifikánsan növekedett. Duzzadt magvu sejtek 2 Gy dózisu besugárzás után 30 perccel megfigyelhetők voltak. A megnagyobbodott magvu sejtek 0,2 Gy besugárzás után csak 120 órával tűntek el a keringésből.

Radioterápiában részesített személyek limfocitáin végzett mérések szerint a kis sugárdózis hatására kialakuló limfocitamag-megnagyobbodás jelensége a sugársérülés biológiai indikátoraként is felhasználható.

A PROSZTACIKLINKÉPZÉS DÓZISFÜGGŐ VÁLTOZÁSA AKUT ⁶⁰Co-γ-BESUGÁRZÁS UTÁN, PATKÁNY ARTÉRIÁBAN

Horváth Gy., Benkő Gy.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

200 g-os him hibrid patkányokon vizsgáltuk akut ⁶⁰Co γ-besugárzás hatását artériagyűrűk PGI₂-képzésére. Az artériákat 3 percig inkubáltuk TRIS-puf-

ferben, az inkubátum PGI₂-szerű aktivitását trombecita aggregációs bioassay-vel határoztuk meg /"intrinsic" PGI₂-képzés/.

A besugárzás két fázisu növekedést hozott létre az erek PGI₂-képzésében. Ennek szakaszai leghatározottabban az LD_{50/30}-nak megfelelő 9,0 Gy dózisu besugárzás esetén különültek el. Az első fázis maximuma a második napra, míg a második fázisé a 10-15. napra alakult ki.

A továbbiakban kontroll és besugárzott kísérleti állatok egyidőbeni felhasználásával vizsgáltuk az erek PGI₂-képzését normál és besugárzott állatok trombecitamentes plazmájában /keresztinkubáció/.

Besugárzás után az első fázisban lévő aorta "intrinsic" PGI₂-termelésének növekedése tovább növelhető mind normál, mind saját plazmával. A második fázisban a fokozott "intrinsic" PGI₂-képzést nem növelte egyik inkubációs plazma sem.

Eredményeinkből arra következtetünk, hogy a két fázisban észlelhető PGI₂-növekedés egymástól jellegében eltérő folyamat eredménye. Az első fázisban az ér megtartotta reaktivitását, míg a másodikban, szinte autonom működve, reaktivitását teljesen elvesztette.

"ÖSSEJT" ELVÁLASZTÁSA CSONTVELŐBŐL, A CSONTVELŐ FAGYASZTÁSA ÉS OLVASZTÁSA UTÁNI ÉLETKEPESÉG VIZSGÁLATA

Halasy K., Fehér I., Aczél Á.

Országos Haematológiai és Vértranszfúziós Intézet, Budapest

Kísérleteink során cadaver csontvelőt használtunk, amelyet különböző médiumokban vettünk fel, és ezeket összehasonlítottuk. Az eredmény alapján az Alsever-oldat a legmegfelelőbb. A csontvelőből centrifugálással különítettük el a fehérvérsejtekben gazdag réteget, amely tartalmazza az össejtet.

A sejteket két lépésben fagyasztottuk DMSO védőoldattal különböző koncentrációkban, folyékony N₂-ben, több héten keresztül tároltuk.

Gyors felolvasztás után eltérő összetételű mosóoldatokkal távolítottuk el a védőoldatot. A lefagyasztott, majd felolvasztott sejtek túlélését, életképességét tripán-kék oldattal való festéssel, illetve CFU_c-kolóniaképzés és kromoszómvizsgálattal néztük. Az eredmény 80% életképes csontvelősejt volt.

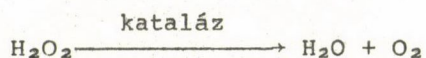
EXTRACELLULÁRISAN ALKALMAZOTT KATALÁZ HATÁSA BAKTÉRIUMSPÓRÁK SUGÁRÉRZÉKENYSÉGÉRE

Dám A., Gázsó L.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

A hidroxil szabadgyök mellett a hidrogénperoxid játssza a legfontosabb szerepet az indirekt sugárkárosodásban. A hidrogénperoxid eliminálásában a

kataláz enzim vesz részt, az alábbi egyenlet szerint:



Különböző oxigénkoncentrációknál /100% N₂; 0,7%; 1,2%; 2,1%, 3,1%; 5,1%; 21% és 100% O₂/ vizsgáltuk 120 µg/ml koncentrációban jelenlévő kataláz hatását *Bacillus megaterium* spórák sugárérzékenységére.

Vizsgálataink alapján a kataláznak nincs hatása 100% N₂, valamint 21% és 100% O₂ alkalmazásakor. A közbeeső oxigéntartományban a kataláz csökkenti a sugárkárosodást.

TOLERINNEL KEZELT ÉS ⁶⁰Co-GAMMA-BESUGARAZOTT PATKÁNYOK NUKLEOZIDURIÁJA

Keresztes P., Pallos J., Csató E., Bertók L., Szabó L.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

Az endotoxin és a detoxifikált endotoxin patkányok ribonukleoziduriájára gyakorolt hatásáról már beszámoltunk a Magyar Biokémiai Egyesület 1982-es debreceni vándorgyűlésén.

Kimutattuk, hogy a sugárkezeléssel detoxifikált endotoxin /Tolerin/ csak kismértékű elváltozást idéz elő az endotoxinhoz képest. Ismert, hogy a tolerinkezelést követő 1 - 3 napon növekszik a sugárrezisztencia, és feltételezik, hogy a sejtmembránra gyakorol védőhatást.

Ezt a feltételezést vizsgáltuk tolerinnel kezelt és besugárzott, illetve csak besugarazott patkányok vizeletében található, a sejtek citoszol eredetű RNS-einek katabolizmusából származó nukleozidok mennyiségi és minőségi változásának követésével.

AZ ULTRAHANG BIOLÓGIAI HATÁSA IN VIVO

Székely Gy., Lendvai I.

Fővárosi János Kórház, IV. Belgyógyászati Osztály, Budapest

Az ultrahang-diagnosztika és -terápia fejlődésével egyre többen foglalkoznak ennek káros, veszélyes hatásaival. In vitro vizsgálatok kimutatták, hogy celluláris és subcelluláris szinten is akár irreverzibilis biokémiai és biofizikai elváltozások jöhetnek létre. A terápiás ultrahangdózisok hatását vizsgálva több szerző jutott arra a következtetésre, hogy az intenzitás és a bioeffektus nem lineáris időösszefüggésű. Ez az egyes szervezetek fiziológiai reaktivitásától is függ. Az utóbbi másfél évtizedben a diagnosztikus módszerek indultak rohamos fejlődésnek. Itt jelentősen kisebb dózisok szerepelnek.

Igy kerülhet sor akár terhes nők ismételt vizsgálatára is. A vizsgált személy vagy a magzat közvetlen károsodása nem bizonyítható. Egyre több figyelmet fordítanak az ultrahangkészülékkel vizsgáló személyére. Egyesek felvetik esetleges genetikai károsodás lehetőségét. Hogy ez valóság-e vagy hipotézis, ezt a jövő kutatása fogja eldönteni.

JÓDKINETIKAI VIZSGÁLATOK SOKCSATORNÁS ANALIZÁTORRAL

Turai I.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

Egy sokcsatornás analizátor hasznosítására épülő új metodikát fejlesztettünk ki, és ezzel tanulmányoztuk a szervezetbe inkorporált radiojód vérbe való felszívódásának és pajzsmirigybeni koncentrációjának kinetikáját, valamint e kinetika megváltozását a pajzsmirigy sugárterhelésének csökkentése érdekében beadott stabilis jódvegyületek hatására.

4-6 órás vizsgálat alatt a kísérleti állatok /30 db Sprague-Dawley fehér patkány/ részben narkózisban aludtak, részben, a saját konstrukcióju mérőtokban, éber állapotban voltak a narkotikum jódfelvételt gátló hatásának elkerülése érdekében. A resorptio dinamikájának nyomonkövetésekor a patkányok farkát, a pajzsmirigyben végbemenő akkumuláció vizsgálatakor az állatok nyakát "látta" a speciálisan kollimált szcintillációs detektor. A 60 s észlelési időközönként kapott adatokat mágnesszalagra rögzítettük, majd számítógéppel elemeztük, és ábrázoltattuk.

A módszer igen finom különbségek észlelését teszi lehetővé a kontroll csoport és a stabilis jóddal eltérő időpontokban kezelt állatok között. A sokcsatornás analizátorral folyamatosan regisztrált adatok jól összevethetők az egyes vérminták folyadékszcintillációs vizsgálata során kapott értékekkel.

A VÉR RADIOJÓD-KONCENTRÁCIÓJÁNAK "IN VIVO" ÉS "IN VITRO" MEGHATÁROZÁSA ÉS DINAMIKÁJA STABILIS JÓDOS KEZELÉS HATÁSÁRA

Turai I.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

A pajzsmirigy radiojód-tárolási görbéje a nyak, valamint a comb felett kapott beütésszámok különbségéből számítható. Ezt a vizsgálati megközelítést alkalmazzák mind a klinikai gyakorlatban, mind a kísérletes endokrinológiában.

A comb feletti beütésszámmal "in vivo" jellemeztük a keringő vér radioaktivitását. E közelítőleg pontos módszert fehér patkányok 50 μ l-es vérmintáinak folyadékszcintillációs mérésével vetettük össze.

Kimutattuk, hogy a ^{131}I -inkorporációt követő első napon a két eljárással kapott aktivitásértékek nagyon jól összevethetők $T_{1/2} = 5,9$ h, illetve $5,3$ h/. A véraktivitáshoz normalizált "combháttér" értékéből az első napokra szoros párhuzamosságot kaptunk. A továbbiakban a szőrzet kontaminálódása kapcsán az "in vivo" mérés emelt szinten, de hasonló tendenciájú csökkentést mutatott.

Arra a következtetésre jutottunk, hogy a radiojódfelvétel utáni első napon a pajzsmirigy jódtárolásának igen gyorsan változó dinamikája úgy jellemezhető pontosan, ha a nyak feletti beütésszámot a véraktivitás minél több, akár kétóránkénti, igen egyszerűen elvégezhető "in vivo" mérésével, a továbbiakban pedig a naponta levett vérminták "in vitro" vizsgálata során kapott adatokkal korrigáljuk.

HUMÁN KAZEIN ELŐÁLLÍTÁSA, JÓDJELZÉSE ÉS IMMUNSZÉRUM TERMELTETÉSE RADIOIMMUNOASSAY KIDOLGOZÁSÁHOZ

Szabó Gy., Offenmüller K., Körösi L.

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest

A kazein a tejben található makrofehérjék egyike. Számos hormon, elsősorban a prolaktin szabályozása alatt áll. A tejelválasztás során mint külső szekrétum jelenik meg. A kutatók az utóbbi évtizedben figyeltek fel arra a jelenségre, hogy a keringő vérben is található, aminek élettani oka eddig még nem ismert. A vér kazeinkoncentrációjának növekedését, különféle rákos megbetegedések következményeként, férfiakban és nőkben egyaránt észlelték. Az irodalmi adatokból kiindulva kezdtünk a kazein-radioimmunoassay /RIA/ kidolgozásához, azzal a céllal, hogy az emlőrák diagnosztizálási /illetve szűrési/ lehetőségeit bővítsük.

A kazeint humán tejből kétféle módszerrel állítottuk elő:

- kalciumionos lecsapást követő ultracentrifugálással, DEAE - cellulóz-oszlopon frakcionálással,
- sósavas lecsapással /pH=4,6/ és DEAE cellulózban való frakcionálással.

A preparálás eredményeként hétféle kazeinfrakciót állítottunk elő, amelyekből munkánk során az un. I, II és K tipust használtuk fel.

A kazeint mint antigént ^{125}I izotóppal jeleztük. Kipróbáltuk a Greenwood-féle kloramin-T-t, az IODOGEN-t és az N-brómszukcinimidet alkalmazó jelzési módszereket.

A kazein antiszérumot nyulban termeltettük két módszerrel:

- hagyományos módon Freund-adjuvancia mellett és
- szilikagél /5 μm szemcsék/ hordozóra kötve.

Munkánk ebben a stádiumban tart, előadásunkban kísérleteink eredményét ismertetjük.

KÖNYVISMERTETÉS

Nuclear Medicine - Factors Influencing the Choice and Use of Radionuclides in Diagnosis and Therapy NCRP Report No. 70 Bethesda, 1982 171 o.

A maga nemében egyedülálló összefoglaló jelent meg a National Council on Radiation Protection and Measurements gondozásában, amely betekintést nyújt a radioizotópok orvosi alkalmazásának számos fontos elméleti és gyakorlati kérdésébe. Ez az ismeretanyag nagy segítséget adhat gyakorlóklinikusok, gyógyszerészek, vegyészek, fizikusok számára a ma már nélkülözhetetlen radioizotópos diagnosztika, valamint a radioizotópot használó orvosi kezelések helyes alkalmazásáról: a megfelelő radioizotóp és a legjobban alkalmazható nukleáris leképzési rendszer kiválasztásáról.

A kiadvány 171 oldalon jelent meg, amelyből az érdemi rész 134 oldalt tesz ki. Ezt mintegy 200 irodalmi hivatkozás, valamint hatoldalalás mutató egészíti ki.

A könyv az alábbi hat fejezetre oszlik:

1. Határozathozatal a nukleáris medicina területén
2. Határozathozó megfontolások a megfelelő radiofarmakon kiválasztásában
3. Tényezők a nukleáris műszer kiválasztásában
4. Besugárzási dózis
5. A radioizotópos módszerek és klinikai alkalmazásuk értékelése
6. Irányelvek a nukleáris medicinát alkalmazó módszerek kiválasztására

A kiadvány rendkívüli értékének mondható a nagyon szabatos fogalmazás, még az alapfogalmaknak is gondos, egyértelmű meghatározása. Evvel kapcsolatban talán érdemes megjegyezni, hogy a magyar szakirodalom jelenleg még nem vett át, illetve nem fordított le a nemzetközi szakirodalomból /itt elsősorban az angolszász nyelvterületre gondolok/ néhány olyan alapfogalmat, mint pl. a "radiopharmaceutical drug products" /RDPs/, "nuclear medicine", "nuclear medical procedure" stb. Természetesen ezeket a kifejezéseket mindenki - különösen a szakterületen dolgozó - megérti, azonban ha egyértelmű pontos magyar fordítást, meghatározást akarunk adni, akkor kiderül, hogy másra gondol a gyógyszervegyész, mint a biokémikus vagy a radioimmuno-assay területén dolgozó szakember. Nagyon hasznos lenne a hazai szakirodalmat a megfelelő pontos meghatározásokkal ellátni, és széleskörű megismertetésükről, valamint egyöntetű alkalmazásukról gondoskodni.

A kiadvány egyetlen hiányosságának talán az SI alkalmazásának hiánya tekinthető. A SI egységeket /legalább zárójelben/ még akkor is érdemes lett volna megadni, ha a jelenleg használt egységek még gyakorlatiasabbnak vagy megszokottabbnak tűnnek.

A kiadvány tanulmányozása ajánlható mindazoknak a szakembereknek, akik a nukleáris medicina területén tevékenykednek.

Bursics László
Az MTA Izotóptintézete

H I R E K

A Méréstechnikai és Automatizálási Tudományos Egyesület és az IMEKO 1984. szeptember 18-21 közt Balatonfüreden megrendezi a

6th HUNGARIAN CONFERENCE ON BIO-MEDICAL ENGINEERING, WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION

AND

2nd IMEKO CONFERENCE ON MEASUREMENT IN CLINICAL MEDICINE

című rendezvényét. A konferencia hivatalos nyelve angol. A programban külön szekció foglalkozik a radiológiával és nukleáris medicinával.

További felvilágosítással készségesen szolgál a Méréstechnikai és Automatizálási Tudományos Egyesület, Budapest, 1055, Kossuth Lajos tér 6-8, telefon: 122-457.

*

Az Országos Mérésügyi Hivatal, az Országos Atomenergia-bizottság és a Méréstechnikai és Automatizálási Tudományos Egyesület Metrológiai Szakosztálya 1984. szeptember 11-13 között Csopakon rendezi meg a

II. RADIOAKTIV HITELES ANYAGMINTA KGST-SZIMPOZIUMOT.

A témakörök:

- A radioaktív hiteles anyagminták /RHA-k/ előállítási módszerei
- Mérőberendezések és mérési módszerek a RHA-k alapvető paramétereinek meghatározására
- A mérési eredmények feldolgozása, a mérési bizonytalanság megadásának kérdései
- A RHA-k alkalmazása a népgazdaság különböző területein

A hivatalos nyelv orosz.

309 024

IV.

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTÉCHNIKA

27. ÉVFOLYAM 2. SZÁM (1984)

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEÉMIA IZOTÓPINTÉZETE



Felelős szerkesztő: Veres Árpád

A szerkesztőség címe:
Az MTA Izotópiatézete, Budapest,
Pf. 77, 1525

Telefonszám: 696-687

Felelős kiadó: Veres Árpád
Kiadja az MTA Izotópiatézete

Készült az MTA Központi Fizikai
Kutatóintézetének házi sokszoro-
sítójában.

Felelős vezető: Nagy Károly

*

A szerkesztőbizottság:

Bába Miklós, Csirik János,
Fehár László, Földes János,
Gróz Péter, Hernády Tibor,
Illy József, Kocsár László,
Lengyel Tamás, Márton József,
Máté Ferenc, Medveczky László,
Sirokmán Ferenc

*

Terjeszti a Magyar Posta.
Előfizethető bármelyik postahivatal-
ban, a kézbesítőnél, a Posta hírlap-
üzleteiben és a Posta Központi Hir-
lapirodájánál /KHI, Budapest V., Jó-
zsef nádor tér 1, telefon: 180-850,
postacím: A Posta Központi Hírlapiro-
dája, Budapest, 1900/ a 215-96162
pénzforgalmi jelzőszámra.

Előfizetési díj egy évre 240 R
Egyes szám ára 60 R
Engedélyszám: III/SZI/299/1976

Indexszám: 25.399

Törzsszám: KFKI-1984-415

Megjelenik évente négyszer.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE!

A kéziratot két példányban, magyar nyelv-
ven, magyar, orosz és angol nyelvű cim-
mel, ábra- és táblázatfelirattal, eredeti
közlemény esetén pedig ugyancsak e-
három nyelven készült, kb. 100-150 szó-
nyi kivonattal kérjük. A kézirat stilu-
sa kerülje a hivataloskodó, tudálékos
kifejezéseket, a nyelvet szintelenítő,
az olvasmányosságot rontó fordulatokat.
Szerzőink figyelmébe ajánljuk a "Hivata-
los nyelvünk kézikönyve" című kiadványt
/Biró Á., Grétsy L., Kemény G., Budapest,
1978/. A helyesírás az akadémiai helyes-
írás szabályait kövesse, a mértékegysé-
gek pedig az SI-t.

A kivonat ne ismételje meg a címet, és
ne tartalmazzon üres kifejezéseket. Ne a
célrt ismertesse, hanem az eredményt, le-
hetőleg számokkal kifejezve.

Rajzos ábrát tussal kihuzva vagy igen
fekete vonalú gyorsmásolatban, fényké-
pet eredetiben kérünk. A képeket, raj-
zokat kívánságra visszaküldjük.

A szerkesztőség a stiláris és helyes-
írási változtatás jogát fenntartja ma-
gának. A szerzők korrekturát és 50 kü-
lönlenyomatot, valamint egy tisztelet-
példányt kapnak.

Hirdetés felveszünk, kongresszusi felhi-
vást, értesítést, hirt szívesen fogadunk.

*

Az Izotóptechnika a hazai izotópalkalma-
zás szerteágazó területeiről és aktuá-
lis elvi, valamint módszertani eredmé-
nyeiről kíván lehetőleg teljes képet ad-
ni a szakembernek. Célja, hogy a stabi-
lis és radioaktív izotópok orvosi, mező-
gazdasági, ipari felhasználásában elért
alap- és alkalmazott kutatási eredmények-
ről, a sugártechnika és sugárvédelem idő-
szerű és módszertani kérdéseiről, a ra-
dioaktív hulladék biztonságos kezelésé-
ről és más, hasonló területekről tájékoz-
tasson.

Utibeszámló, konferenciabeszámoló, ösz-
szefoglaló tanulmány, könyvismertetés
formájában tájékoztat az érdekesnek í-
télt hazai és külföldi eredményekről.
Az izotópalkalmazás további fejlődésének
és terjedésének elősegítésére ismertetőst,
vitacikket, tájékoztatót közöl a hazai
szakmai körök életéről, problémáiról, javas-
latairól.

IZOTÓRTECHNIKA

27. ÉVFOLYAM

1984

2. SZÁM

TARTALOM

- Az MTA Izotózpintézete TECHIDA készítményével végzett klinikai vizsgálatok
Pávics L., Láng J. 93
Результаты клинических исследований препарата TECHIDA Института изотопов Венгерской Академии Наук
Clinical Investigation of TECHIDA of the Institute of Isotopes of the Hungarian Academy of Sciences
- A γ -spektrum automatikus számítógépes kiértékelésére használt "ACTIV" és "SAMPO 80" program egyes tulajdonságainak összehasonlítása
Pátzay Gy., Tumendemberel, B., András L. 101
Сравнение некоторых свойств программ ACTIV и SAMPO 80 для автоматической обработки на ЭВМ гамма-спектров
A Comparison of Some Characteristics of Computer Programmes ACTIV and SAMPO 80 for the Automatic Evaluation of Gamma Spectra
- Felkészülés ^{67}Ga , ^{123}I és ^{201}Tl ciklotronizotópot tartalmazó radiógyszerek hazai előállítására
Környei J. 110
Предварительные предложения по производству в Венгрии циклотронных изотопов ^{67}Ga , ^{123}I и ^{201}Tl
Preliminary Considerations on the Production of Cyclotron Isotopes ^{67}Ga , ^{123}I and ^{201}Tl in Hungary
- Euthyreotikus egyének szérum-tiroxinszintjének meghatározása RK-12 készlettel
Krasznai I., Földes J., Paksy A., Varga P., Bodócs J-né 117
Определение уровня тироксина сыворотки эутиреозных лиц с помощью набора RK-12
Determination of Serum Thyroxin Level in Euthyreotic Persons with the RK-12 Kit
- A hazai gyártmányu ^{125}I -6-keto-prosztaglandin $\text{F}_{1\alpha}$ RIA készlet klinikai vizsgálata
Gyertyánfy G., Földes J., Tóth G. 120
Клиническое испытание радиоиммунологического надора ^{125}I -6-кето-простагландин $\text{F}_{1\alpha}$ венгерского производства
The Clinical Testing of the Hungarian Made ^{125}I -6-keto-Prostaglandin $\text{F}_{1\alpha}$ Radioimmunoassay Kit
- HIREK 128

AZ MTA IZOTÓPINTÉZETE TECHIDA KÉSZÍTMÉNYÉVEL VÉGZETT KLINIKAI VIZSGÁLATOK

Pávics László, Láng Jenő

A Szegedi Orvostudományi Egyetem Központi Izotópdiaosztikai Laboratóriuma,
Szeged, Korányi fasor 8, 6720

/Érkezett 1983. október 24-én/

Az izotópdiaosztikában régóta foglalkoznak a máj és epeutak vizsgálatára alkalmas módszerek fejlesztésével. A hetvenes évek közepén az iminodiacetát /IDA/ származékok első alkalmazása¹⁻³ mérőoldkővet jelentett a cholezcintigráfias módszer fejlődésében, mivel e vegyületek technéciummal jelölhetők, nagy az affinitásuk a májsejtekhez, transhepaticus áthaladási idejük is rövid, és így viszonylag gyorsan kiválasztódnak az epeutakba.

Az IDA-vegyületek közül a klinikai vizsgálatokra jól bevált dietil-IDA hazai szintézisét és technéciumos jelölését elsőként Lázár és Láng oldotta meg /"saját-EHIDA"/. Ezzel egyidőben hazánk több más izotópdiaosztikai laboratóriumában is bevezették az IDA-származékokkal végzett cholezcintigráfias vizsgálatot, amelyhez tökéletes import készítményeket használtak⁵. Az egyre növekvő klinikai igény miatt fejlesztette ki az MTA Izotópintézete új dietil-IDA-készítményét, amely alkalmas lehet a konvertibilis valutát igénylő IDA-preparátumok kiváltására. Közleményünkben ezzel az új radiofarmakkal végzett klinikai vizsgálatunk tapasztalatairól számolunk be.

BETEGANYAG ÉS MÓDSZER

A TECHIDA-val végzett vizsgálatunk eredményét a SOLCO HIDA, a Boris-Kidrič dietil-IDA és a SZOTE KIL-ben előállított "saját EHIDA" készítménnyel hasonlítottuk össze.

IN VITRO VIZSGÁLAT⁶

- radioaktív koncentráció meghatározása
- radiokémiai tisztaság meghatározása
módszer: vékonyréteg-kromatográfia
lemez: szilikagél
kifejlesztő elegy: 2%-os NaCl oldat

IN VIVO VIZSGÁLAT

Összesen 33 beteget vizsgáltunk meg /22 nő, 11 férfi, átlag életkoruk 53 év; 22-88 év/.

Dinamikus vizsgálatot 30 betegen végeztünk, ebből 7 beteget, akiknek a máj- és epeutrendszerükre vonatkozó klinikai és laboratóriumi vizsgálati eredmény normális volt, kontrollként vizsgáltunk meg. A hét közül öt betegen az elvégzett per os, illetve i.v. cholangiográfia is negatív eredményű volt /3 nő, 4 férfi, átlag életkoruk 37 év; 22-55 év/.

11 cholecystectomizált beteg /8 nő, 3 férfi, átlag életkoruk 58 év; 34-79 év/ és 12 megtartott epehólyagu beteg /9 nő, 3 férfi, átlag életkoruk 58 év; 24-88 év/ vizsgálatát epeelfolyási zavar miatt végeztük el.

Statikus vizsgálatot 3 betegen, lezárt epehólyag, illetve cholecystitis gyanúja miatt végeztünk /2 nő, 1 férfi, életkoruk: 38, 53 és 58 év/.

A betegek máj- és epeutrendszere funkcióinak ellenőrzésére a hepatobiliaris szcintigráfiás vizsgálatot megelőző 4 napon belül laboratóriumi vizsgálatot végeztünk.

Az összes vizsgált betegnél meghatároztuk a szérumbilirubint és szérumalkalikus foszfatázé értékeket. Az esetek zömében egyéb laboratóriumi paraméterek meghatározására is sor került: SGOT /31 esetben/, szérumösszfehérje /23 esetben/, szérumalbumin /18 esetben/, γ -GT /15 esetben/, thymol /4 esetben/.

VIZSGÁLÓ ELJÁRÁS

Beadott preparátum: ^{99m}Tc -TECHIDA
 Radioaktivitás : 150-200 MBq
 Térfogat : 0,5-2,0 ml
 Beadás módja : i.v.

Vizsgálatainkat 140 keV γ -energia érzékelésére alkalmas, divergáló kollimátorral felszerelt gammakamerával /Nuclear Chicago Pho/Gamma III/ és a hozzá kapcsolt MB-9101 /GAMMA/ kissetítőgépes adatfeldolgozó rendszerrel végeztük.

A radiofarmakon beadása után, dinamikus vizsgálatkor minden esetben a 4., 14., 24., 34. és 44. percben készítettünk röntgenfilmre analóg képeket. Szükség esetén a szokványos képsorozatot későbbi, 1, 2, 3, ... 24 óra múlva készített felvételekkel egészítettük ki. A számítógépes adatfeldolgozó rendszer mágneslemezen a radioaktív anyag beadásától indítva 90 db 30 s időtartamu frame-ek impulzusadatait tároltuk.

A három statikus vizsgálatnál 1 órával a TECHIDA beadása után csupán analóg képet készítettünk.

Az analóg képeket a következő szempontok szerint értékeltük⁷⁻⁹:

- a máj radiofarmakon-felvételének mértéke,
- a megjelenített máj morfológiai jellemzői,
- extrahepaticus, extraintestinális zavaró radiofarmakon-dusulás,
- a choledochusaktivitás megjelenésének időpontja,

- epehólyagtelődés, annak kezdeti időpontja,
- bélaktivitás megjelenésének ideje.

A DIGITÁLIS KÉPSOROZAT ÉRTÉKELÉSE⁷⁻⁹

Dinamikus vizsgálatok alkalmával /30 eset/ egy centrális /nagy epeutak/ és egy perifériás /májparenchyma/ terület idő-aktivitásgörbéinek T_{max} és az aktivitásürülés $T_{1/2}$ értékeit határoztuk meg. Ehhez a SUPERSEGAMS software automatikus exponenciális vagy automatikus lineáris /aszerint, hogy melyik típusú illesztés korrelációs értéke volt nagyobb/ görbeillesztési eljárását alkalmaztuk. Minden esetben elkészítettük a choledochus és a vékonybél vetületében kijelölt területek idő-aktivitásgörbéit is. Ezen görbék viselkedését szubjektíven értékeltük.

EREDMÉNYEK

IN VITRO VIZSGÁLATOK

A vizsgálatok során a jelölt radiofarmakon radioaktív koncentrációja 100-400 MBq/ml volt.

A készített 22 TECHIDA-preparátumból 17-et vizsgáltunk meg vékonyréteg-kromatográfiával. Az adatokat az azonos rendszerben vizsgált SOLCO-HIDA, Boris-Kidrič-dietil-IDA és SZOTE KIL-ben alkalmazott saját EHIDA adataival hasonlítottuk össze.

1. táblázat

Vékonyréteg-kromatográfiás vizsgálatok

Результаты исследований тонкослойной хроматографией

Thin layer chromatographic investigations

	TECHIDA (%)	SOLCO HIDA (%)	Boris Kidrič dietil-IDA (%)	Saját EHIDA (%)
Szabad TcO_4^-	1,67 ± 1,91	3,08	0,24	0,32
Kolloid	4,70 ± 1,79	6,16	1,31	1,88
Monokomplex	16,97 ± 15,10	15,15	89,34	6,75
Biskomplex	76,58 ± 15,53	75,61	9,11	91,05

IN VIVO VIZSGÁLATOK

Az in vivo vizsgálatok során készült analóg és digitális képek jel/zaj viszonya lényegében megegyezett a SZOTE KIL-ben az elmúlt években végzett, több mint ezer vizsgálat során észlelt értékekkel.

A vizsgálatok során nemkívánatos reakciót nem észleltünk.

A 33 humán vizsgálat eredményeit a 2-5. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat

Dinamikus vizsgálatok. Kontroll csoport /az értékek percben/
 Динамические исследования. Контрольная группа /значения в минутах/
 Dynamic investigations. Control group /values in minutes/

NÉV	DIAGNÓZIS	LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK								TECHIDA VIZSGÁLATOK										MEGJEGYZÉS
		Se bilirubin mg/dl	alk. phosph. U/l	összfekélye g/l	albumin g/l	SGOT U/l	SGPT U/l	GGT U/l	májfelvétel p	Analog képsor					Digitális képsor					
										májzsugrás	ürülés	choleobodus	cholecysta	bél	parench.		centrum			
1. P.M. ♀ 22 éves	rheumatoid arthritis	N	N	N	N	N	N	N	J	N	J	14	14	14	14,5	28,5	15,5	27,6	i.v. chol- angiográfia negatív	
2. B.A. ♀ 38 éves	hiatus hernia colon irr tabile, anaemia	N	N	N	N	-	-	J	N	J	14	14	45	10,5	23,3	11,0	24,8	veseaktivi- tás 5 per- cig		
3. B.J. ♂ 36 éves	prostatitis chr., neurosis lactasehiány	N	N	N	N	-	-	J	N	J	14	14	24	9,0	28,6	10,0	37,6	i.v.cholang. neg., vese- akt.5 percig		
4. K.L. ♂ 37 éves	rectum polyp modi haemorri- doidales	N	N	-	-	N	-	J	N	J	14	14	24	10,0	22,9	13,0	24,8	veseaktivi- tás 5 percig, iv.cholang. neg.		
5. G.P. ♀ 26 éves	st. p. pancre- atitidem, SLE	N	N	N	N	-	-	J	N	J	14	14	14	8,0	23,1	11,0	22,7	per os chole- cystogr.neg. v.akt.5 p-i		
6. P.I. ♂ 55 éves	hypertónia, angina pectoris	N	N	N	-	N	-	N	J	N	J	14	14	14	8,5	23,9	9,0	25,0	per os chole- cystográfia negatív	
7. S.K. ♂ 46 éves	pancreas resectio	N	N	N	-	-	N	-	J	N	J	14	24	14	9,0	24,9	15,5	22,3		
														átlag:	9,9	25,1	12,1	26,4		
														S.D.:	2,2	2,6	2,5	5,2		

Jelmagyarázat

N = normális; J = jó felvétel, jó ürülés

MEGBESZÉLÉS

In vitro vizsgálataink eredményei alapján megállapítottuk, hogy a ^{99m}Tc -TECHIDA készítmény biskomplex mennyisége a saját és a SOLCO-HIDA készítményekhez hasonlóan nagy. A Boris-Kidrič dietil-IDA-nál az arány fordított.

A jelölt preparátumban előforduló szabad pertechnetát és kolloid mennyisége kisebb a SOLCO-HIDA-nál észlelteknél, de nagyobb, mint a Boris-Kidrič és a saját EHIDA készítményünké.

In vivo vizsgálataink alapján a ^{99m}Tc -TECHIDA kinetikájáról megállapítottuk, hogy a készítményt a vizsgált esetek zömében a májsejtek jól extrahálták a vérből. A kontroll betegek számított időparaméterei T_{\max} és $T_{1/2}$ lényegesen nem különböztek a saját EHIDA T_{\max} 12,5 min, $T_{1/2}$ 27,5 min/ készítménnyel kapott átlagértéktől.

A TECHIDA alkalmazásakor több esetben a vizsgálat első öt percében jól látható veseaktivitást detektáltunk, ami a későbbi felvételeken jó májfunkcióju, normális szérumbilirubinszintű betegeknél már nem volt látható. A kezdeti veseaktivitás a vizsgálatok kiértékelését nem zavarta. Saját EHIDA készítményekkel ilyen jelenséget ritkán észleltünk. A SOLCO és a Boris Kidrič dietil-IDA a TECHIDA-hoz hasonlóan viselkedik.

3. táblázat

Dinamikus vizsgálatok. Megtartott epehólyagu betegek /értékek percben/

Динамические исследования. Больные с неудальненным пузырем /значения в минутах/

Dynamic investigations. Patients with gallbladder /values in minutes/

NÉV	DIAGNÓZIS	LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK										TECHIDA VIZSGÁLATOK								MEGJEGYZÉS
		Se bilirubin μmol/ml	alk. fosf. U/l	összfehérje g/l	albumin g/l	SGOT U/l	SGPT U/l	GGT U/l	májfelvételi	Analog képsor				Digitális képsor						
										májnyagosság	ürülés	choleochlus	cholecysta	b é l	T _{max}	T _½	T _{max}	T _½		
1. Sz.I. ♀ 64 éves	cholelithiasis hipersplenia	N	N	N	N	N	-	-	L	N	J	14	NT	24	13,5	21,8	19,0	31,3	thymol 2,7 mütét: epékő	
2. Sz.M. ♀ 24 éves	cholelithiasis	N	N	N	N	N	N	N	J	N	J	14	NT	14	8,5	24,2	12,0	24,2	i.v. cholangiogr. N.T epehólyag, ve- seakt. 5 percig	
3. D.A. ♂ 53 éves	GEA, ulcus duodeni, vagotomia	N	N	N	-	N	-	-	J	N	L++	24	24	44	9,5	53,1	-	-	veseaktivitás 5 percig	
4. J.I. ♀ 88 éves	cholelithia- sis? arterio- sclerosis ce- rebri	N	53,6	N	-	N	-	-	L+	N+	L	14	14	2 ^h	24,0	62,6	30,5	79,7	veseaktivitás 14 percig	
5. V.I. ♀ 60 éves	st. p. op. adenomae Vater papillae, st. p. cholangia- hepatitidem	N	N	N	N	N	N	N	L	N++	L	14	24	34	16,0	36,9	26,0	75,9		
6. B.T. ♀ 28 éves	ulcus duodeni st. p. cholecys- titidem? pancre- atitidem?	N	N	N	N	33	N	N	J	N	J	?	14	45	8,5	35,9	13,0	37,6	per os chole- cystográfia negatív	
7. Sz.J. ♀ 38 éves	chr. hepatitis	18,8	N	N	N	N	-	114	J	N	J	14	NT	14	6,5	36,9	8,0	37,5		
8. J.Gy. ♂ 74 éves	cirrhosis hep- atis	410	112	-	-	90	255	95	értékelhető TECHIDA-kiválasztás a májban nem jött létre											
9. Sz.F. ♂ 70 éves	icterus mecha- nicus? tu. pan- creaticus cum me- tast. hepatis?	95,7	165	-	-	42	-	268	J	N++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	thymol 1,4 jelentős veseaktivitás a vizsg. alatt
10. N.M. ♀ 58 éves	tu. abdominis?	N	N	N	N	N	-	-	L	N	J	14	34	24	13,5	30,1	14,0	46,9	veseaktivitás 5 percig	
11. P.F. ♀ 80 éves	chr. aethyliz- mus	159	65,2	N	N	-	-	46	értékelhető TECHIDA-kiválasztás a májban nem jött létre											
12. A.P. ♀ 53 éves	cholelithiasis st. p. mech. icterus, chole- cystitis acuta	42,5	142	-	-	85	-	254	L++	N+	L+++	-	NT	24 ^h	-	-	-	-	We 110 mm/h	

Jelmagyarázat N = normális; N+ = normálisnál kissé nagyobb; N++ = normálisnál nagyobb; J = jó felvételiürülés; L+ = kissé lassult felvételi-ürülés; L = lassult felvételi-ürülés; L+ = jelentősen lassult felvételi-ürülés; NT = nem telődött.

Emelkedett szérumbilirubinszint, illetve még normális bilirubin-koncentráció, de már kifejezetten rossz májfunkció esetén, a többi dietil-IDA készítményhez hasonlóan, a TECHIDA kinetikájában is egyre inkább a vesén keresztüli eliminációs mechanizmus érvényesül, a máj dietil-IDA-felvétele csökken¹⁰.

Két esetben 160 μmol/l szérumbilirubinszint felett a májban értékelhető radiofarmakon-dusulást nem észleltünk. Ez a megfigyelés arra utal, hogy a ki-próbált készítmény májfelvétele kisebb bilirubinszintnél válik gátolttá,

4. táblázat

Dinamikus vizsgálatok. Cholecystectomizált betegek /értékek percben/

Динамические исследования. Больные без желчного пузыря /значения в минутах/

Dynamic investigations. Patients after cholecystectomy /values in minutes/

NÉV	DIAGNÓZIS	LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK								TECHIDA VIZSGÁLATOK								MEGJEGYZÉS
		Se bilirubin µmol/ml	alk. foszph. U/l	asztebárje g/l	albumin g/l	SGOT U/l	SGPT U/l	GGT U/l	májfelvétel	Analog képsor				Digitális képsor				
										májegység	ürülés	choleochinus	b é l	parench.		centrum		
T _{max}	T _{1/2}	T _{max}	T _{1/2}															
1. H.F. ♀ 51 éves	St.p. chole- dochojejunos- tomiam, reci- div kő 4x	N	N	N	N	N	-	-	L+	N+	J	14	24	11,5	25,6	19,5	28,2	
2. Sz.S. ♂ 77 éves	st.p. chole- cystectomiam	N	N	N	N	N	N	N	L	N+	L	24	44	18,5	35,1	35,5	61,0	iv. cholangiográfia: tágult epeutak
3. T.A. ♀ 34 éves	st.p. chole- cystectomiam, pancreatitis rec., Oddi- Sphincter dyskinesis	N	N	-	-	N	-	N	J	N	J	14	14	9,0	22,9	12,5	28,4	Se diastase 358 U/l veseaktivitás 5 percig
4. S.E. ♂ 73 éves	st. p. chole- cystectomiam et pancreati- tidem, ulcus ventriculi	N	N	-	-	N	N	-	L+	N	L+	24	34	20,0	44,9	23,0	49,2	
5. N.A. ♀ 40 éves	st. p. chole- cystectomiam, cholecho- lithiasis	N	N	-	-	N	-	-	L+	N	L	14	24	11,0	37,3	22,0	45,7	veseaktivitás 5 percig
6. D.I. ♀ 74 éves	st. p. chole- cystectomiam chr. cholan- gio-hepatitis	21,9	484	N	N	28	-	760	L	N+	L++	34	2 ^h	18,5	95,7	-	-	
7. Sz.J. ♀ 59 éves	st. p. chole- cystectomiam, coronaria clerosis	N	N	-	-	N	N	-	J	N	L+	24	34	3,0	70,7	16,5	67,1	
8. R.L. ♂ 45 éves	st. p. chole- dochojejtúr- sotomiam	120	384	N	N	N	57	-	L++	N+	L++	-	15 ^h	-	-	-	-	jelentős veseakt. a vizsg. alatt
9. Ny.I. ♀ 63 éves	st. p. chole- cystectomiam, st. p. papillo- tomiam	N	N	-	-	N	-	-	L+	N+	J	14	14	11,0	23,2	16,0	21,8	veseaktivitás 5 percig
10. G.M. ♀ 43 éves	st. p. chole- cystectomiam, ulcus ventri- culi, diabe- tes mellitus,	N	N	N	-	N	-	-	L+	N+	J	14	14	11,5	21,9	13,5	22,7	
11. Sz.J. ♀ 79 éves	st. p. chole- cystectomiam, icterus mecha- nicus?	43,5	283	-	-	51	-	380	L	N+	L	24	24	15,2	37,5	21,0	48,3	thymol: 2,2

Jelmagyarázat N = normális; N+ = normálisnál kissé nagyobb; N++ = normálisnál nagyobb; J = jó felvétel - ürülés;
L+ = kissé lassult felvétel-ürülés; L = lassult felvétel-ürülés; L+ = jelentősen lassult fel-
vétel-ürülés; NT = nem telőszett.

mint a saját készítményekkel észlelteknél. Természetesen két eset nem elegendő végleges következtetés levonására, de a kipróbálási periódusban több ilyen magas bilirubinszintű beteget nem vizsgáltunk.

Három betegben végzett statikus izotópos cholecystográfia megnyugtatóan igazolta, hogy a TECHIDA alkalmas az említett vizsgáló eljárás végrehajtására. Két esetben ductus cysticus zárókő miatt epehólyagtelődés nem jött

5. táblázat

Sztatikus vizsgálatok /az értékek percben/
 Статические исследования /значения в минутах/
 Static investigations /values in minutes/

NÉV	DIAGNÓZIS	LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK						TECHIDA VIZSGÁLATOK		MEGJEGYZÉS	
		Se bilirubin µmol/ml	alk. phosph. U/l	összfehérje g/l	albumin g/l	SGOT U/l	SGPT U/l	GGT U/l	cholecysta		ürülés
1. T.I. 38 ♀ éves	Cholelithiasis	N	N	N	N	N	N	-	nem telődött	J	iv. cholangiogram- ráfia: ductus cysticus obstr. mítét: epekő
2. H.E. 58 ♀ éves	Cholelithiasis	N	N	N	-	-	N	-	telődött	J	thymol 1,4 E echo: kő az epehólyagban
3. B.I. 53 ♂ éves	hydrops. vesicae felleae tu. pros- tatae cum met. hep.	N	53,6	N	N	164	-	51	nem telődött	J	We: 55 mm/h

Jelmagyarázat N = normális, J = jó felvétel - ürülés

létre, egy esetben az ultrahanggal az epehólyag fundusában talált epekő mellett a szabad ductus cysticuson keresztül intenzív jó epehólyagtelődést találtunk.

Az MTA Izotópiintézete TECHIDA készítményét a SZOTE KIL-ben végzett in vitro és in vivo vizsgálatok alapján *alkalmasnak tartjuk klinikai vizsgálatok végzésére.*

IRODALOM

1. E. Harvey, M. Loberg, et al.: ^{99m}Tc -HIDA: A New Radiopharmaceutical for Hepatobiliary Imaging, J. Nucl. Med. 16 /1975/ 533
2. B.W. Wistow, G. Subramanian, et al.: An Evaluation of ^{99m}Tc -Labeled Hepatobiliary Agents, J. Nucl. Med. 18 /1977/ 455
3. J. Ryan, M. Cooper, et al.: ^{99m}Tc -Labeled N-(2,6-dimethyl-phenylcarbamoyl)-methyl /-Iminodiacetic Acid / ^{99m}Tc -HIDA/ A New Radiopharmaceutical for Hepatobiliary Imaging Studies, J. Nucl. Med. 18 /1977/ 997
4. J. Láng, J. Lázár, Z. Nemessanyi: Production and Quality of a New ^{99m}Tc -diethyl IDA Kit, Abstracts Papers of 3. European Congress of Nuclear Medicine, Karlovy Vary, 1979
5. Szilvási I., Szántó I. és mtsai.: Funkcionális cholezcintigráfia Tc-HIDA-val, Orv. Hetil. 120 /1979/ 1879
6. H.L. Chia, S. Fumagalli, et al.: Synthese und Qualitätskontrolle von ^{99m}Tc -diäthyl-HIDA, NucCompact 9 /1978/ 82
7. L. Rosenthal: An Update on Radionuclide Imaging in Hepatobiliary Disease, JAMA 245 /1981/ 2065

8. H.J. Biersack, H.P. Breuel, et al.: Beurteilungskriterien der hepatobiliären Funktionsszintigraphie mit ^{99m}Tc -markierten Diäthyl-IDA: Befunde bei Lebergesunden, RöFo 130 /1979/ 689
9. S. Pauwels, M. Steels, et al: Clinical Evaluation of ^{99m}Tc -Diethyl-IDA in Hepatobiliary Disorders, J. Nucl. Med. 19 /1978/ 783
10. J.H. Henriksen, K. Winkler, et al.: Pharmacokinetics of ^{99m}Tc Diethyl-IDA in Man, Verhandlungsbericht des Symposiums der Rheinisch-Westfälischen Gesellschaft für Nuklearmedizin, April 1978, 55

*

A készítménnyel in vitro /17 beteg/ és in vivo /33 beteg/ vizsgálatát végeztük; a SOLCO HIDA, a Boris-Kidrič-diethyl-IDA és a SzOTE KIL-ban alkalmazott "saját-EHIDA" készítménnyel hasonlítottuk össze. Az in vitro vizsgálat során a képződött kolloid és a szabad perтехнетát mennyisége meghaladta a saját és a Boris-Kidrič-diethyl-IDA-jelölés után találtat, de kisebb volt, a SOLCO-HIDA alkalmazásakor észlelnél. Saját anyagunkkal szemben a TECHIDA-vizsgálat első öt percében gyakran volt detektálható veseaktivitás, valamint a betegek 160 μmol szérumbilirubin-szintje felett nem észleltünk a májban értékelhető radiofarmakon-dusulást. A klinikai vizsgálatok zömében azonban a TECHIDA a referenciakészítményekhez hasonlóan viselkedett, így megállapíthatjuk, hogy a készítményben korszerű, a rutin diagnosztikában jól használható preparátummal gazdagodott hazai radiofarmakon-választékunk.

РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРЕПАРАТА TECHIDA ИНСТИТУТА ИЗОТОПОВ ВЕНГЕРСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
Павич, Л., Ланг, Ж.

В ходе исследований in vitro /17 больных/ и in vivo /33 больных/ препарат TECHIDA был сравнен с препаратами SOLCO-HIDA, Борис-Кидрич-diethyl-IDA и применяемым в Центральной изотопной лаборатории Сегедского медицинского института "свой-EHIDA". По результатам исследований in vitro количество образовавшегося коллоида и свободного пертехнетата превышало количество коллоида и свободного пертехнетата образовавшегося из материала, меченного препаратами "свой-EHIDA" и Борис-Кидрич-diethyl-IDA, но было меньше, чем в случае метки с препаратом SOLCO HIDA. В первые 5 минут исследований препаратом TECHIDA часто наблюдалась активность над почками, и в случаях, когда уровень билирубина в крови больных превышал 160 $\mu\text{mol/l}$, не получилось накопления радиофармакона над печенью. Своим материалом подобных явлений не наблюдалось. В большинстве случаев препарат TECHIDA вел себя как препараты для референции, следовательно новый препарат способен обогащать выбор отечественных радиофармаконов для повседневной ядерной диагностики.

CLINICAL INVESTIGATION OF TECHIDA OF THE INSTITUTE OF ISOTOPES OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
Pávics, L., Láng, J.

The quality of the product was tested with in vitro methods /17 cases/ and in clinical investigations /33 cases/. The new product was compared with SOLCO-HIDA, Boris-Kidrič diethyl-IDA and with EHIDA kits of the authors. By ITLC methods it was found that the quality of colloid and free $^{99m}\text{TcO}_4$ fractions of TECHIDA was higher than those of Boris Kidrič and of their own EHIDA but it was lower than those of SOLCO HIDA. Using TECHIDA kidney activity was often observed in the first five minutes of investigation which was very rarely experienced with their own radiopharmaceutical. When the level of bilirubin in the blood was higher than 160 $\mu\text{mol/l}$, an unappreciable accumulation of the radiopharmakon in the liver was found. In most of clinical investigations the TECHIDA showed similar characteristics as the reference products, so it has proved to be a modern and well usable radiopharmakon for nuclear medicine.

A γ -SPEKTRUM AUTOMATIKUS SZÁMÍTÓGÉPES KIÉRTÉKELÉSÉRE HASZNÁLT "ACTIV" ÉS "SAMPO 80" PROGRAM EGYES TULAJDONSÁGAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Pátzay György, Tumêndêmbêrêl, B., András László

Egyesített Atommagkutató Intézet, Neutronfizikai Laboratórium, Dubna, 141980
Szovjetunió

/Érkezett 1983. november 1-én/

Jelenleg az EAI Neutronfizikai Laboratóriumában az aktivációs analitikai mérések számítógépe feldolgozására két automatizált programot használnak: az ACTIV-ot és a SAMPO-80-at. Közleményünknek az a célja, hogy a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség G-1 standard spektrumkészlete segítségével összehasonlítsuk a két program egyes tulajdonságait. A programok részletes leírása Zlokazov és Koskelo közleményeiben megtalálható¹⁻³; a futtatás adatait az 1. táblázat sorolja fel.

1. táblázat

Futtatási körülmények

Входные параметры программ

Input format

SAMPO 80

kalibrálásban felhasznált csucscok:

100,82	207,18	306,32	361,50	655,66	817,93	863,66	924,58
1011,61	1095,42	1195,79	1300,19	1430,35	1522,09	1574,88	
1734,88	1823,60	1904,28	1946,93	2048,00			

A csucskeresés, illesztés paraméterei

PEAKFIND 0,2048 2,3,0,

FITL 0, 0,0,0,0,0.

ACTIV

WIDTH = 0,001308*CHANNEL + 1.95

MODEL FORMINT CHANNELS 9 29 FAR/1/ 2,0

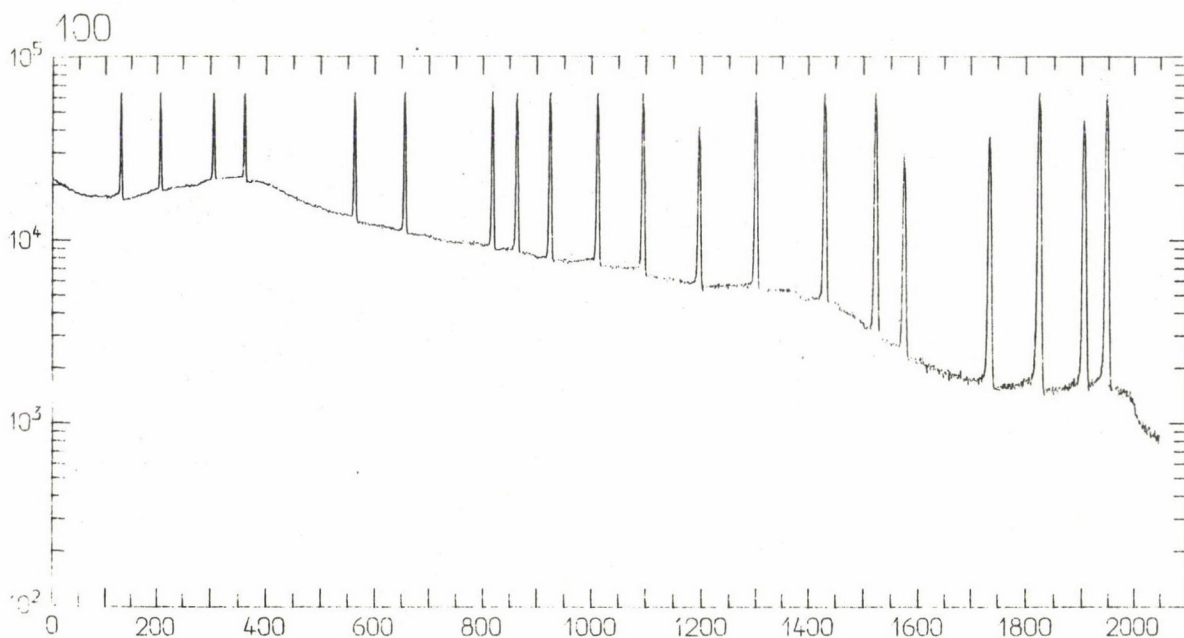
LAGRANGE MULTIPLYER = 1,00

ÖSSZEHASONLÍTÁSI MÓDSZEREK

Az összehasonlításhoz a NAÜ G-1 spektrumkészletét használtuk⁴. A készlet kilenc spektrumból áll. Az első /G 100/ igen jó statisztikájú husz különálló csucst tartalmaz, melyeket standard Ge(Li) detektorral mértek. Ezen spektrum alapján, további kalibrálás céljából, igen pontosan meghatározható az egyes csucskok helyzete és területe. A készlet további nyolc spektrumát az első spektrumból hozták létre, a csucskok ismert mértékű eltolásával és a területek ismert mértékű csökkentésével /1-4. ábra/. Az első spektrum kiértékelése alapján így az összes további spektrum csucskainak "pontos" helyzete és területe megadható. A második spektrumban /G 200/ huszonkét "gyenge", a detektálási küszöbhez közel eső csucs található, melyek segítségével a programok csucskereső algoritmusának érzékenysége vizsgálható. A következő hat spektrum /G 300-305/ párhuzamos mérési eredményeket tartalmaz, melyek alapján a csucskok jellemzőinek /csucshelyzet, terület/ meghatározási pontossága és stabilitása értékelhető. Az utolsó spektrum /G 400/ kilenc dublettet tartalmaz, melyekben a csucskok közti távolság 1 - 6 csatorna, és a területek aránya eltérő. Ezen spektrumnál értékelhető a programok dublettekkel szembeni feloldó képessége.

A csucskereső és területmeghatározó algoritmusok stabilitását és pontosságát a Heydorn⁵ által javasolt statisztikai módszerekkel értékeltük a hat párhuzamos /G 300-305/ spektrum segítségével. Kiszámítottuk a következő paramétert:

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^k (y_{ij} - \hat{\mu}_j)^2 / \hat{\sigma}_{ij}^2 .$$

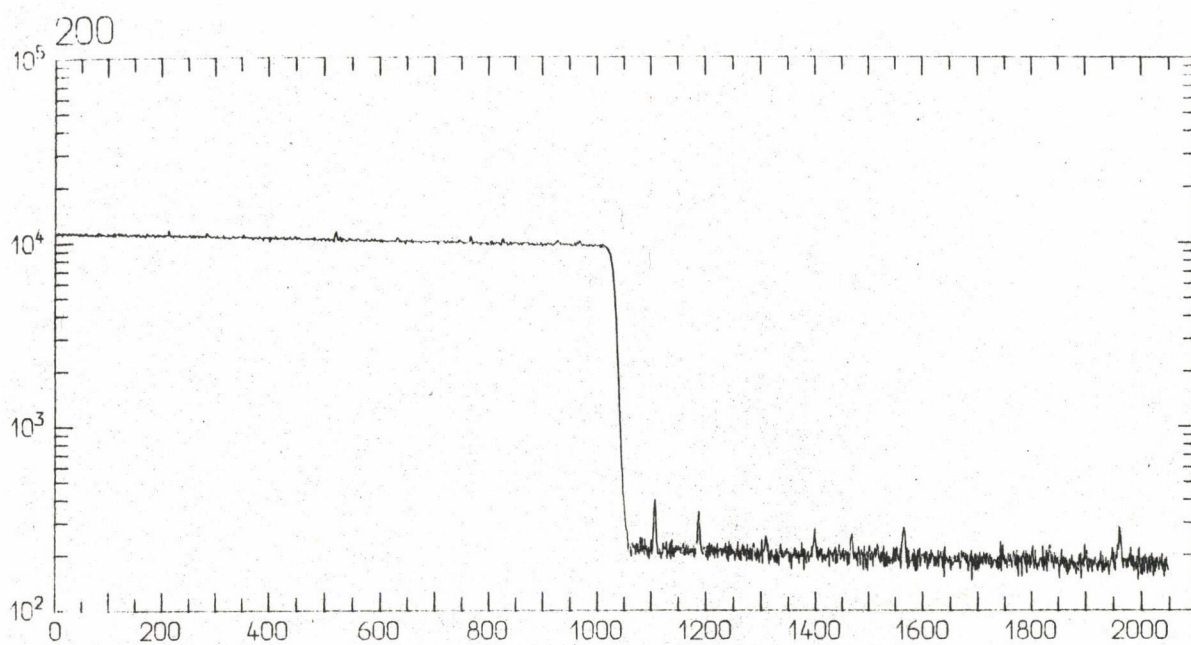


1. ábra

A G 100 spektrum

Спектр G 100

Spectrum G 100

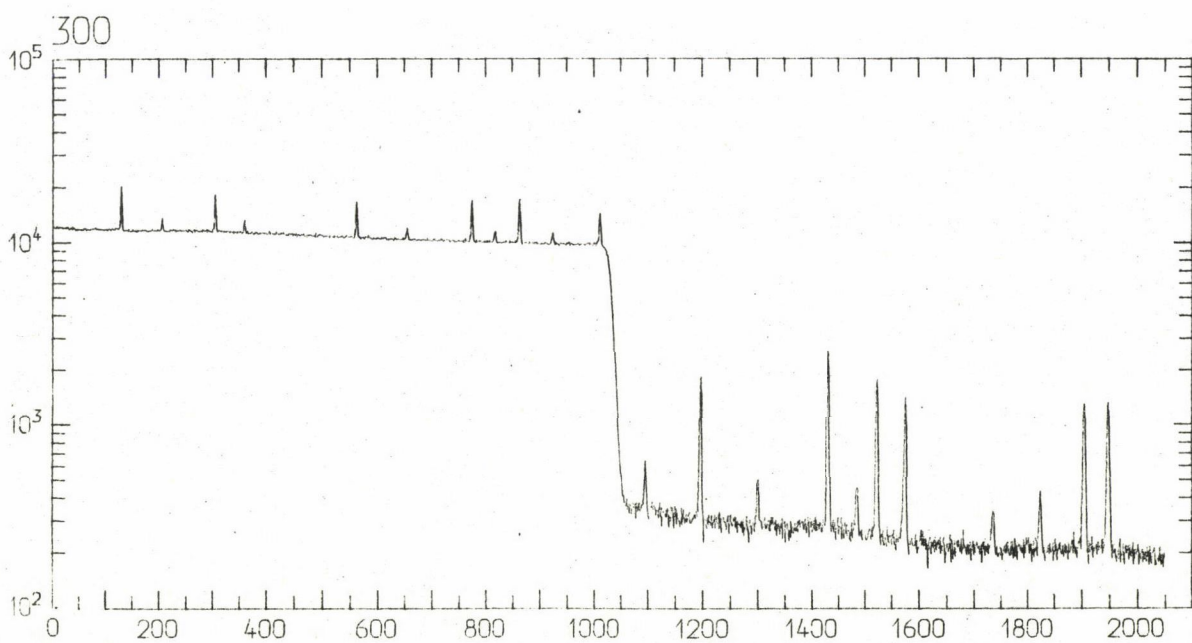


2. ábra

A G 200 spektrum

Спектр G 200

Spectrum G 200

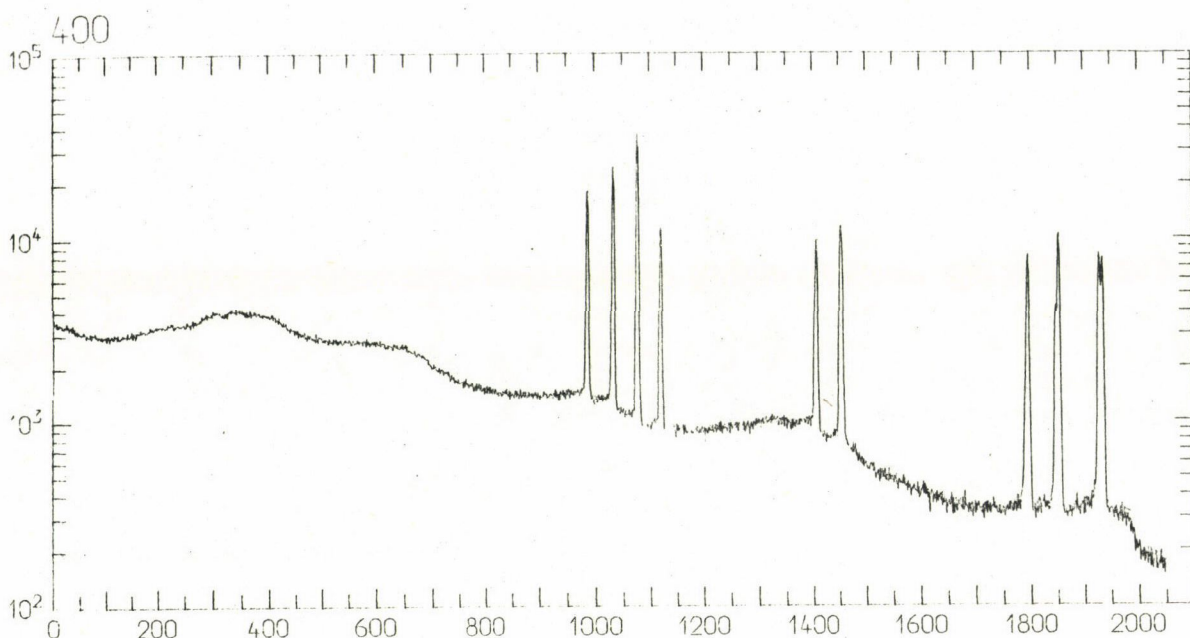


3. ábra

A G 300 spektrum

Спектр G 300

Spectrum G 300



4. ábra

A G 400 spektrum

Спектр G 400

Spectrum G 400

A paraméter alapján értékelhető, hogy a csucskereső és területmeghatározó algoritmus hibája /szórása/ megfelel-e a valóságnak, vagy sem. A paraméterben Y_{ij} a j -edik csucs helyzete vagy területe az i -edik spektrumban, m a csucskok száma az egyes spektrumokban / $m = 22$ /, k a párhuzamos mérések száma / $k = 6$ /, $\hat{\mu}_j$ a párhuzamos mérések alapján az egyes csucskok helyzetének vagy területének súlyozott átlaga, $\hat{\sigma}_{ij}$ a j -edik csucs helyzetének vagy területének szórása az i -edik spektrumban, melyet a feldolgozó program határoz meg. A paraméter eloszlása közelít a 110-es szabadsági fokú χ^2 -eloszláshoz. A χ^2 -eloszlás táblázatos értékei alapján meghatározható az empirikus és χ^2 -eloszlás egybeesési valószínűsége. Mivel a χ^2 -tesztben nem határozzuk meg az egyes súlyozott eltéréseket, csak összegüket, melyet kis és nagy értékű tagok is alkothatnak, Heydorn javasolta a Kolmogorov-Szmirnov-teszt alkalmazását is. A teszthez a következő paramétereket határoztuk meg:

$$T_j = \sum_{i=1}^k (Y_{ij} - \hat{\mu}_j)^2 / \hat{\sigma}_{ij}^2.$$

Az egyes T_j -k a χ^2 -eloszlást közelítik 5-ös szabadsági fokkal. Az empirikus eloszlás hisztogramja alapján meghatároztuk annak a χ^2 -eloszlástól mért maximális moduláris eltérését. Az empirikus eloszlást a következő kifejezés alapján határoztuk meg:

$$S_n = \begin{cases} 0, & \text{ha } T < T_1, \\ 1/N, & \text{ha } T_i \leq T \leq T_{i+1}, \\ 1, & \text{ha } T_N < T. \end{cases}$$

A maximális moduláris eltérést \hat{d} -vel jelölve a λ tesztparaméter:

$$\lambda = \sqrt{Nd}.$$

A Kolmogorov-eloszlás táblázata alapján meghatározható az empirikus és elméleti χ^2 eloszlás egybeesési valószínűsége.

A csucskereső és területmeghatározó algoritmusok pontosságát a következő paraméter alapján értékeltük:

$$X = \sum_{i=1}^m (\hat{\mu}_j - \mu)^2 / \hat{\sigma}_j^2.$$

A paraméterben $\hat{\mu}_j$ a j -edik csucs helyzetének vagy területének súlyozott átlaga hat mérés alapján, μ_j a j -edik csucs "pontos" helyzetének vagy területének értéke, melyet a kalibráló /G 100/ spektrum alapján határoztunk meg. $\hat{\sigma}_j$ a $\hat{\mu}_j$ súlyozott átlag szórása. X paraméter közelítőleg χ^2 -eloszlású 22-es szabadsági fokkal. A χ^2 -eloszlás táblázatos értékei alapján meghatározható az empirikus és elméleti eloszlások egybeesési valószínűsége.

A programok "gyenge" csucsokkal szemben mutatott érzékenységét az igen kis csucsokat tartalmazó /G 200/ spektrum segítségével határoztuk meg. Megvizsgáltuk, hogy a huszonkét "gyenge" csucsból hány csucst sikerült a programok kereső és azonosító algoritmusainak megtalálnia, és mekkora a csucshelyzetek és területek számításának abszolút hibája.

Ugyanilyen módon vizsgáltuk a programok érzékenységét és meghatározási pontosságát dublettekkel szemben /G 400/.

EREDMÉNYEK

A hat párhuzamos mérésű spektrum alapján kiszámítottuk a T és X paramétert és a Kolmogorov-Szmirnov-teszthez szükséges paramétert. A χ^2 -eloszlás 110-es szabadsági fokhoz tartozó valószínűségeit a Wilson-Hilferti-féle⁶ közelítő összefüggéssel határoztuk meg. A számításokat az általunk FORTRAN nyelven írt TTEST program segítségével végeztük, PDP 11/70 mini-számítógépen. Az algoritmusok egyes tulajdonságait összehasonlító jellemzőket a 2-6. táblázatban foglaltuk össze.

A táblázatok adatai alapján megállapítható, hogy a szimpla, átlagos statisztikájú csucsok esetén a területmeghatározás pontossága és stabilitása jobb a SAMPO 80 program esetében. Ugyancsak jobbak a csucshelyzet-megha-

2. táblázat

A G 300-305 spektrum csucsterülete és helyzete meghatározásának pontossága

Правильность и точность определения площади пиков у спектра G 300-305

Accuracy of determination of peak area and position at the spectrum G 300-305

T-teszt				Kolmogorov-Szmirnov teszt				X-teszt			
Terület		Csucshely		Terület		Csucshely		Terület		Csucshely	
SAMPO 80	ACTIV	SAMPO 80	ACTIV	SAMPO 80	ACTIV	SAMPO 80	ACTIV	SAMPO 80	ACTIV	SAMPO 80	ACTIV
T=112,32	T=139,09	T=126,63	T=135,13	d=0,125	d=0,136	d=0,064	d=0,182	X=20,18	X=154,92	X=22,27	X=75270
$P(\chi^2>T)=42,1\%$	$P(\chi^2>T)=3,2\%$	$P(\chi^2>T)=13,3\%$	$P(\chi^2>T)=6,2\%$	$\lambda=0,5963$	$\lambda=0,6378$	$\lambda=0,3039$	$\lambda=0,8506$	$F(\chi^2>X)=55\%$	$P(\chi^2<X)=0,01\%$	$P(\chi^2>X)=48\%$	$P(\chi^2>X)=0,01$
				$P(\hat{d}=0)=90\%$	$P(\hat{d}=0)=80\%$		$P(\hat{d}=0)=55\%$				
							$P(\hat{d}=0)=99,9\%$				

3. táblázat

A csucshelyzet és a "gyenge" csucs iránti érzékenység a G 200 spektrumnál

Положение пиков, чувствительность к "слабым" пикам у спектра G 200

Peak position and sensitivity to "weak" peaks at the spectrum G 200

"Pontos" csucshely a standard G 100 spektrum alapján		Csucshely-meghatározás és hibája /csatornaszámban/				A "pontos" csucshely- től számított eltérés /csatornaszámban/	
S	A	S	A	S	A	S	A
119,21	119,00	-	-	-	-	-	-
214,10	213,91	214,03	±0,164	213,80	±0,170	0,07	0,11
285,29	285,04	284,87	±0,575	284,82	±0,440	0,43	0,22
353,49	353,21	-	-	-	-	-	-
521,11	520,82	520,77	±0,187	520,57	±0,160	0,34	0,25
632,66	632,37	632,20	±0,289	631,96	±0,340	0,46	0,41
766,91	766,58	767,06	±0,107	766,66	±0,180	0,14	0,08
826,91	826,58	826,78	±0,210	826,65	±0,250	0,12	0,07
870,65	870,30	-	-	-	-	-	-
927,59	927,22	927,07	±0,543	926,71	±0,350	0,51	0,51
967,61	967,26	968,16	±0,485	967,54	±0,380	0,55	0,28
1107,46	1107,00	1107,60	±0,117	1107,03	±0,130	0,14	0,03
1187,75	1187,38	1187,80	±0,163	1187,31	±0,200	0,05	0,07
1309,28	1308,78	1309,73	±0,587	1309,06	±0,530	0,45	0,28
1398,44	1397,91	1398,73	±0,329	1398,10	±0,380	0,29	0,19
1467,44	1466,91	1467,78	±0,368	1468,45	±0,330	0,34	1,54
1517,15	1516,66	1516,92	±0,331	1516,46	±0,500	0,23	0,20
1566,24	1565,70	1565,94	±0,366	1565,81	±0,260	0,30	0,11
1743,96	1743,37	-	-	-	-	-	-
1834,67	1834,10	1834,40	±0,436	1834,01	±0,430	0,28	0,09
1899,34	1898,72	1899,95	±0,401	1899,63	±0,480	0,61	0,91
1961,03	1960,92	1960,92	±0,338	1960,22	±0,290	0,11	0,20

4. táblázat

Csúcsterület és a "gyenge" csúcs iránti érzékenység a G 200 spektrumnál

Площади пиков, чувствительность к "слабым" пикам у спектра G 200

Peak area and sensitivity to "weak" peaks at the spectrum G 200

"Pontos" terület a standard G 100 spektrum alapján		Területmeghatározás és hibája /impulzusszámban/				A "pontos" területtől számított eltérés /impulzusszámban/	
S	A	S		A		S	A
526,0	534,8	-	-	-	-	-	-
1521,0	1536,6	1408,3	±278	1274,0	±239	112,7	262,0
909,2	919,8	856,5	±293	1203,0	±357	52,6	283,3
493,2	496,0	-	-	-	-	-	-
2676,9	2712,1	3011,7	±250	2981,0	±354	334,8	269,0
1188,3	1118,7	1387,5	±310	1374,0	±338	199,3	255,2
2293,8	2314,7	2511,0	±331	2525,0	±357	217,2	210,3
1391,9	1404,6	2056,0	±347	1461,0	±357	664,1	56,4
1223,2	1229,9	-	-	-	-	-	-
1939,8	1930,1	876,1	±356	1698,0	±410	1063,6	232,0
1568,4	1592,7	1399,7	±311	1553,0	±389	168,6	30,7
817,1	828,8	749,4	±67	856,0	±66	67,7	27,1
552,7	547,5	526,3	±64	560,0	±65	26,3	12,5
255,6	256,6	214,0	±54	205,0	±64	41,6	51,6
274,0	274,5	263,0	±52	308,0	±67	11,0	33,5
262,6	263,2	314,0	±55	273,0	±56	51,9	9,8
107,8	108,3	118,6	±46	102,0	±43	10,7	6,3
490,5	479,2	485,5	±61	538,0	±77	5,0	58,7
175,6	175,6	-	-	-	-	-	-
141,6	140,6	191,1	±61	156,0	±48	49,5	15,4
89,3	88,8	216,5	±53	148,0	±50	127,2	59,2
518,7	511,7	472,0	±55	472,0	±71	46,6	39,7

5. táblázat

A dublettek helyzete a G 400 spektrumnál

Положение дублетов у спектра G 400

Doublet positions in the spectrum G 400

A dublettek "pontos" helye a standard G 100 spektrum alapján		A dublettek helyének meghatározása és hibája /csatornaszámban/				A "pontos" csúcshelytől számított eltérés /csatornaszámban/	
S	A	S		A		S	A
986,61	986,26	*987,55	±0,0076	985,00	±0,17	-	1,26
987,61	987,26			987,43	±0,04		0,17
1032,61	1032,26	*1033,43	±0,0064	1032,00	±0,07	-	0,26
1033,61	1033,26			1033,43	±0,07		0,17
1077,46	1077,00	*1077,93	±0,0073	1076,76	±0,07	-	0,24
1078,46	1078,00			1078,06	±0,05		0,06
1118,46	1118,00	*1121,43	±0,0102	1118,20	±0,17	-	0,20
1121,46	1121,00			1121,06	±0,03		0,06
1404,44	1483,91	*1407,04	±0,0171	1403,91	±0,06	-	0,00
1407,44	1406,91			1406,92	±0,04		0,01
1452,44	1451,91	*1453,84	±0,021	1451,87	±0,02	-	0,04
1455,44	1454,91			1454,84	±0,03		0,07
1789,67	1789,10	*1795,75	±0,0183	1789,15	±0,08	-	0,05
1795,67	1795,10			1795,12	±0,01		0,02
1846,67	1846,10	*1845,86	±0,0589	1846,01	±0,03	0,81	0,00
1852,67	1852,10	1852,77	±0,0175	1852,10	±0,01	0,10	0,00
1928,03	1927,41	1927,66	±0,0211	1927,42	±0,02	0,37	0,01
1934,03	1933,41	1934,48	±0,0285	1933,43	±0,02	0,45	0,02

*a dublettek nincsenek szétválasztva

6. táblázat

A dublettek területe a G 400 spektrumnál

Площадь дублетов у спектра G 400

Doublet areas at the spectrum G 400

A dublettek "pontos" területe a standard G 100 spektrum alapján		A dublettek területének meghatározása és hibája /impulzusszámban/		λ "pontos" területtől számított eltérés /impulzusszámban/	
S	A	S	A	S	A
6356,98	6455,80	*69000 ± 310	9077,40 ± 1410	-	2621,6
63578,80	64567,30		61614,90 ± 1551		2952,4
24457,15	24837,40	*96270 ± 356	32152,40 ± 3636	-	7315,0
73363,45	74503,90		64541,50 ± 3809		9962,4
75183,48	76262,50	*147700 ± 413	62797,90 ± 5165	-	13462,6
75183,48	76262,50		87276,60 ± 5000		11014,1
4177,010	4237,00	*43240 ± 235	4778,60 ± 500	-	541,6
41773,12	42372,60		41371,40 ± 725		1001,2
12091,20	12111,80	*41290 ± 260	12203,70 ± 572	-	91,9
36271,95	36333,70		36411,10 ± 653		77,4
34007,00	34064,90	*54960 ± 286	33063,20 ± 502	-	1001,7
34007,08	34064,90		35495,10 ± 533		1430,7
3867,06	3838,40	*36020 ± 256	4082,90 ± 120	-	244,5
38669,67	38383,40		38636,90 ± 251		253,5
17185,35	17058,10	15880 ± 179	17080,00 ± 178	1305,35	21,9
51561,60	51179,90	52450 ± 262	50827,50 ± 268	888,4	352,4
38749,71	38219,10	40600 ± 247	39280,80 ± 264	1850,29	1061,7
38749,71	37009,00	37050 ± 233	38209,90 ± 260	1699,71	1200,9

*a dublettek nincsenek szétválasztva

tározás ezen tulajdonságai, de meg kell jegyezni, hogy a SAMPO 80 programnál a csúcsmeghatározás hibáját konstans, 1,3-as együtthatóval szorozták, hogy a meghatározás hibája reális legyen. Ennek folytán kapunk jó T paraméterértéket, és ez kihat az X paraméter értékére is.

A 2-3. táblázat alapján megállapíthatjuk, hogy a "gyenge" csúcsokkal szemben az ACTIV kicsit érzékenyebb, bár a különbség nem lényeges.

A dublettek szétválasztásában és területük meghatározásában az ACTIV sokkal érzékenyebb. A SAMPO 80 dublettekkel szembeni viszonylagos érzéketlenségének oka a Mariscotti-féle algoritmusban keresendő⁷.

IRODALOM

1. M.J. Koskelo, P.A. Aarnio, J.T. Routti: Minicomputer Program for Gamma Spectrum Analysis with Nuclide Identification, Helsinki Univ. Dept. of Techn. Phys. Rept. TKK-F-A390 /1979/
2. M.J. Koskelo, P.A. Aarnio, J.T. Routti: SAMPO 80 An Accurate Gamma Spectrum Analysis Method for Minicomputers, Helsinki Univ. Dept. of Techn. Phys. Rept. TKK-F- A426 /1980/

3. V.B. Zlokazov: ACTIV-A Program for Automatic Processing of Gamma Ray Spectra, Comp. Phys. Com. 28 /1982/ 24
4. R.M. Parr, H. Houtermans, K. Schaerf: Proc. ANS Topical Conf. Computers in Activation Analysis and Gamma-Ray Spectroscopy, Mayaguez, Puerto Rico /1978/ U.S. Dept. of Energy Symp. Ser. no.49 /CONF-780421/ 1979, p. 544.
5. K. Heydorn: Conference on Computers in Act. Anal. and Gamma Ray Spectroscopy, 1978 Trans. Amer. Nucl. Soc. Suppl. 1. Vol.28.
6. M. Abramowitz, I.A. Stegun: Handbook of Mathematical Functions, National Bureau of Standards, Appl. Mat. Ser. 55, 1964
7. M.A. Mariscotti: Nucl. Instr. Meth. 50 /1967/ 309

*

A programok egyes tulajdonságait az ENSz NAÜ G-1 spektrumkészletének felhasználásával hasonlítottuk össze: a csucskeresés és területmeghatározás eredményeinek stabilitását, pontosságát, a "gyenge" csucok felismerési határát és az algoritmusok dublettekkel szemben mutatott feloldóképességét. Az összehasonlítás távolról sem teljes, csupán tájékoztató jellegű eredményt adnak.

СРАВНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ПРОГРАММ АКТИВ И SAMPO 80 ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭВМ ГАММА-СПЕКТРОВ

Пацаи, Дь., Тумэндэмбэрэл, Б., Андраш, Л.

Некоторые свойства программ были сравнены с помощью набора спектров МАГАТЭ G-1. G-1: стабильность и точность определения мест и площадей пиков, предел обнаружения "слабых" пиков и разрешающая способность алгоритмов к дублетам. Сравнение совсем не исчерпывающие, поэтому результаты можно считать лишь ориентировочными.

A COMPARISON OF SOME CHARACTERISTICS OF COMPUTER PROGRAMMES ACTIV AND SAMPO 80 FOR THE AUTOMATIC EVALUATION OF GAMMA-SPECTRA

Pátzay, Gy., Tumendemberel, B., András, L.

The following characteristics were compared by means of the G-1 spectrum kit of the IAEA: stability and accuracy of peak identification and area, sensitivity to "weak" peaks and resolution effectivity of algorithms against doublets. The comparison is not exhaustive, so results are informative only in outline.

FELKÉSZÜLÉS ^{67}Ga , ^{123}I ÉS ^{201}Tl CIKLOTRONIZOTÓPOT TARTALMAZÓ RADIOGYÓGYSZEREK HAZAI ELŐÁLLÍTÁSÁRA

Környei József

Az MTA Izotópinintézete, Budapest, Pf 77, 1525

/Érkezett 1984. január 6-án/

BEVEZETÉS

A hazánkban kapható radioaktív diagnosztikumok skálájának jelentős szélesedésére kerülhet sor, ha a debreceni ATOMKI területén ezekben az években épülő ciklotron elkészül, és üzemidejének egy részében izotópelőállításra rendezkedik be. A ciklotronizotópok közül a néhány órás felezési idejűek jöhetnek számításba a nem a helyszínen végzett feldolgozás, illetve felhasználás szempontjából. Pontosan az ilyen termékekből előállítható radiogyógyszerek kutatásába és fejlesztésébe kapcsolódik be a MTA Izotópinintézete az ATOMKI-val megkötött szerződés alapján, mivel az Izotópinintézetnek jelentős hagyománya, tapasztalata van a radiogyógyszerek előállításában, illetve megfelelő jogkörrel rendelkezik forgalmazásukhoz. Ebben a cikkben röviden áttekintjük a szóbanjehető, néhány órás felezési idejű ciklotronizotópok (^{67}Ga , ^{123}I , ^{201}Tl), mint leendő radiogyógyszerek hazai körülmények közötti előállítási lehetőségeit.

^{67}Ga ELŐÁLLÍTÁSA

A ^{67}Ga jellemző adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze. Négyféle magreakcióval állítható elő gazdaságosan:

$^{66}\text{Zn}/d, n/ ^{67}\text{Ga}$	I.
$^{nat}\text{Zn}/p, xn/ ^{67}\text{Ga}$	II.
$^{64}\text{Zn}/\alpha, p/ ^{67}\text{Ga}$	III.
$^{65}\text{Cu}/\alpha, 2n/ ^{67}\text{Ga}$	IV.

Figyelembe véve azt, hogy a természetes cinkben a ^{64}Zn és a ^{66}Zn a leggyakoribb, valamint tekintve a különféle szerzők munkáiban ¹⁻⁷ leírt hozamértékeket, a hazai előállítás szempontjából az I. és II. magreakció tűnik kedvezőnek. Felhasználási szempontból zavaró a $^{66}\text{Zn}/d, 2n/ ^{66}\text{Ga}$ kísérő magreakció, mivel a ^{66}Ga β^+ -sugárzó /1,38 és 4,15 MeV energiájú β^+ -részecskéket bocsát ki/. A zavaró magreakció a deuteronok energiájának alkalmas megválasztásával, illetve optimális hűtési idő betartásával szorítható vissza /a ^{66}Ga felezési ideje 9,5 óra/.

A jelenleg épülő debreceni ciklotron tervezett jellemző paramétereinek alapján, 17 μA deuteron- illetve 33 μA proton-áramerősség, mint üzemszerű működésre vonatkozó adat feltételezésével, Stein¹ és Bonardi² által kimért fajlagos hozamértékkel számolva, a 2. táblázatban összefoglalt adatok kaphatók. A táblázatból látható, hogy az Izotópintézetben végzendő galliumfeldolgozás szempontjából a 10 MeV deuteronbesugárzás kedvező, mivel a ^{67}Ga -hozam ekkor is megfelelő, valamint a hűtési és szállítási idő átfedhető.

1. táblázat

A ^{67}Ga adatai

Данные изотопа ^{67}Ga

The data of ^{67}Ga

MeV	%
0,091	2,16
0,093	40
0,182	25,7
0,296	18,9
0,388	4,5
0,496	0,36
0,790	0,14
0,880	0,36

2. táblázat

A ^{67}Ga és ^{66}Ga számított hozama

Теоретические выходы изотопов ^{67}Ga и ^{66}Ga

Calculated yields of ^{67}Ga and ^{66}Ga

Részecske	Hozam (MBq/ μAh)		Hűtési idő a $\frac{^{66}\text{Ga}}{^{67}\text{Ga}} \leq 0,01$ eléréséhez (h)	Aktivitás a hűtési idő eltelte után, ha a besugárzás	
	^{67}Ga	^{66}Ga		3 napos (MBq)	4 napos (MBq)
16 MeV d	12,8	52,4	93	6660	8950
13 MeV d	9,3	14,7	78	5620	7470
10 MeV d	5,1	0,1	18	5290	7030
18 MeV p	3,3	16,6	96	3440	4580

⁶⁷Ga IZOTÓPOT TARTALMAZÓ TERMÉKEK ELŐÁLLÍTÁSA

A galliumot a besugárzott cinktargetből extrakciós⁵, ioncserés kromatográfiás⁷⁻⁸ vagy desztillációs⁹ módszerrel nyerhetjük ki. A galliumaktivitás mindhárom eljárásnál célszerűen gallium-klorid formájában kerül vizes oldatba.

Az extrakciós eljárásnál a besugárzott targetet feloldják, az oldatot olyan komplexképzőt tartalmazó szerves fázissal rázzák össze, amely a galliummal komplexet képez, a cinkkel viszont nem. Az egyes eljárások a komplexképző vegyület anyagi minősége szerint térnek el egymástól: az egyik leg-hatékonyabb komplexképző az oktaetil-tetraamidopirofoszfát⁵.

Ioncserés kromatográfiás elválasztás esetén a sósavas targetoldatot ioncserélő oszlopra viszik, amelyen az eltérő töltésű Zn és Ga már a gyantára való felöntéskor elkülönül. Különböző töménységű savakkal eluálva 90%-nál nagyobb kémiai hozammal nyerhető ki a gallium.

Kihasználva a fémgallium 30°C körüli olvadáspontját és az olvadék tenziójának nagymértékű hőmérsékletfüggését, a cinktől való elválasztásra desztillációs, ún. termokromatográfiás módszer is alkalmazható⁹. Ebben az esetben a cink célanyagot a gallium olvadáspontja körüli hőmérsékleten sugározzák be. Vivőgáz bevezetésével a gallium "ledesztillálható" a targetről, majd az ezt követő, csökkenő hőmérsékletű szedőcsőben másutt válik le, mint az egyéb szennyezők /pl. germánium/. A módszer fő előnye, hogy a besugárzás befejezését követő néhány percen belül az elválasztás is befejeződik. A szedőcső megfelelő helyéről a gallium sósavval leoldható.

Az eljárások során kapott GaCl₃ oldat szárazra való párlásával, majd a galliumnak kalcium-edta vagy nátriumcitrát oldatban való felvételével Ga-edta, illetve Ga-citrát komplex alakítható ki. A komplexképzők molaránya extrém nagy érték a hordozómentes ⁶⁷Ga mennyiségéhez képest, így a komplexképződés pH-értékét a felhasználandó kalcium-edta, illetve nátrium-citrát oldat határozza meg. Diagnosztikum előállításához az oldat NaCl-tartalma 0,9%.

A gallium-citrátot tumorkereső diagnosztikumnak ismerik az irodalomban¹⁰⁻¹³; a szervezetben fő megjelenési helye a máj, lép, csont és csontvelő. Újabb alkalmazási területe a műtét utáni esetleges fertőzés, gyulladás /"postop infection"/ megállapítása¹⁴, még a fertőzés esetleges elhatalmasodása előtt. In vivo vizsgálattal kimutatták, hogy a vérbe kerülő gallium bizonyos idő után egy olyan 80 000-es relativ molekulatömegű, fehérjével kapcsolatos anyaghoz, a transzferrinhez kötődik, amelynek nagy szerepe van a sejtek közötti transzportfolyamatokban. A transzferrinkomplex azonban nem állítható elő közvetlenül gallium-kloridból, mivel az átalakítás pH-értékén jelenlevő [GaOH]²⁺ vagy [Ga(OH)₂]⁺ ionok kevésbé reakcióképesek¹⁵, hanem interme-

dier, pl. gallium-citrát komplex jelenlétére van szükség. Alkalmazási távlatait tekintve jelentős lehet a hazai tumordiagnosztikában az in vitro előállított gallium-67-transzferrin komplex, amelynek próbatermelésére az MTA Izotópintézetében már sor került.

^{123}I ELŐÁLLÍTÁSA ÉS ALKALMAZÁSA

A ^{123}I izotóp jellemző adatai a 3. táblázatban láthatók, előállítására pedig a következő magreakciók jöhetnek számításba a debreceni körülmények között:

$^{122}\text{Te}/d, n/^{123}\text{I}$	V.
$^{123}\text{Te}/p, n/^{123}\text{I}$	VI.
$^{124}\text{Te}/p, 2n/^{123}\text{I}$	VII.

3. táblázat

A ^{123}I adatai

Данные изотопа ^{123}I

The data of ^{123}I

MeV	%
0,159	76,8
0,275	0,11
0,320	0,09
0,340	0,12
0,380	0,05
0,435	0,34
0,500	0,28
0,530	2,00
0,690	0,06

Használható hozam eléréséhez célananyagként mindenképpen dusicított tellur szükséges, mivel a természetes tellur összetételében a célananyagként szóba-jöhető tellurizotópok gyakorisága kicsi:

^{122}Te	2,46%
^{123}Te	0,87%
^{124}Te	4,61%

Dusicított ^{122}Te -ből való előállítás esetén 3,7 MBq/ μAh hozam lehetséges¹⁶. A 77%-os dusicítási fokú ^{123}Te -ből végzett előállításakor, 15 MeV protonenergia esetén, 151 MBq/ μAh hozam érhető el, 0,7% ^{124}I -szennyezés jelenléte mellett¹⁷. A jelenlegi gazdasági viszonyok között fontos szempont a célananyag ára; a szokásos targetárok ismeretében Bosch¹⁸ javasolja a viszonylag olcsóbb ^{124}Te -ből való jódgyártás tanulmányozását. Bosch¹⁸ és Acerbi¹⁹ jól egyező mérései alapján 88,5% dusicításu ^{124}Te besugárzásakor a 4. táblázatban összefoglalt hozamok

érhetők el. Oberdorfer²⁰ rámutatott, hogy a target vastagságának helyes megválasztása a jó ^{123}I -hozam szempontjából döntően fontos. A táblázatból látható, hogy a 18, illetve 20 MeV energiájú protonok esetén a β^+ -sugárzó, tehát kiküszöbölendő ^{124}I aktivitása a ^{123}I -ra vonatkoztatva mindössze 0,09%, illetve 0,07%. A jód és tellur jó hozamu elválasztására a Bosch által leírt száraz desztillációs megoldás¹⁸ vagy annak esetleges továbbfejlesztése tűnik a legmegfelelőbbnek.

4. táblázat

A ^{123}I és ^{124}I számított hozama a protonenergia függvényében

Теоретические выходы изотопов ^{123}I и ^{124}I в зависимости от энергии протонов

Calculated yields of ^{123}I and ^{124}I as a function of proton energy

Besugárzó protonok energiája (MeV)	Hozam	
	^{123}I (MBq/ μAh)	^{124}I (MBq/ μAh)
13	7,4	7,4
16	111	3,7
18	148	3,3
20	185	2,6
30	192	1,4

A ^{123}I nátrium-jodidként kerül oldatba. Ebben a formában /a megfelelő radioaktív koncentráció, illetve sterilitás elérése után/ közvetlenül alkalmazható pajzsmirigyfunkció vizsgálatára, vagy felhasználható biokémiai szempontból fontos hatású szerves vegyületek jelzésére. Ezek közül három csoportot emelünk ki. A miokardium diagnosztizálása szempontjából a jóddal jelzett zsírsavak²¹, /elsősorban a 17- ^{123}I -heptadekánsav és a p- ^{123}I -fenil-15-pentadekánsav/, valamint a jóddal jelzett kardenolid-származékok²² jelentősek. A másik csoportba a mellékvese funkciójának vizsgálatára alkalmas vegyületek tartoznak: például a 19-jód-koleszterol²³, a 6-jódmetil-19-nor-koleszt-5 /10/-én-3- β -Ol²³, a jódozott bretilium vagy néhány jódozott piridin-származék²⁵. A harmadik csoportba az agytomográfiában használt ^{123}I vegyületek sorolhatók: jellegzetes képviselőjük²⁶ a N-izopropil- ^{123}I -amfetamin. Az ilyen diagnosztikumok hazai bevezetése mindenképpen megkönnyítené korunk betegségeinek /pl. infarktus/ felismerését és gyógyítását.

^{201}Tl ELŐÁLLÍTÁSA

Tekintettel arra, hogy a debreceni ciklotronban legfeljebb 20 MeV energiájú részecskékkal folyhat majd a target besugárzása, a legnagyobb problémát

a ^{201}Tl izotóp előállítása okozza. A lehetséges módszerek közül csupán a vörös higanyoxid targetból kiinduló technológia²⁷ jöhet szóba. Ebben az esetben ötkilences tisztaságu HgO szükséges, és a 14 MeV energiájú protonokkal való besugárzáskor az 5. táblázatba összefoglalt izotópok képződnek. A besugárzott targetból a Tl(III)-klorid extrakciós eljárással²⁶ nyerhető ki; pH=5 érték beállítása és sterilizálás után a szivdiagnostikában felhasználható.

Áttekintve a hazai ciklotron megépülése után a gyakorlatba bevezethető új izotópokat, megállapítható, hogy az ATOMKI és az Izotópinintézet együttműködése korszerű diagnosztikai termékek megjelenését teszi lehetővé.

5. táblázat

А вóörös HgO céltárgyban protonbesugárzásra keletkező nuklidok adatai és hozama
 Данные и выходы изотопов, полученных в мишени красного HgO облучением протонами
 Data and yields of nuclids, formed from red HgO target by proton irradiation

Képződő nuklid	Felezési idő	Jellemző sugárzás (keV)	Hozam (MBq/μAh)
^{199}Tl	7,4 h	50-491	9,3
^{200}Tl	1 d	460-1440	2,2
^{201}Tl	3 d	117-1500 31-167	1,7

IRODALOM

1. J. Stein et al., Int.J.Appl.Radiat.Isot. 84 /1973/ 369
2. M. Bonardi et al., J. Radioanal Chem. 76 /1983/ 311
2. M.L. Thamur, Int.J.Appl.Radiat.Isot. 28 /1977/ 1883
3. R.D. Neiricka et al., Int.J.Appl.Radiat.Isot. 27 /1976/ 1
5. Y. Nagame, Int.J.Appl.Radiat.Isot. 29 /1978/ 615
6. J. Czchowski et al., Radiochem.Radioanal.Lett. 39 /1979/ 151
7. P.J. Silvester et al., Int.J.Appl.Radiat.Isot. 21 /1970/ 630
8. H.B. Hupf, Int.J.Appl.Radiat.Isot. 21 /1970/ 75
9. Kovács Z., Kandidátusi értekezés, Debrecen, 1983
10. J.F. Harwing et al., J.Labelled.Comp. 18 /1981/ 167
11. W. Wolf et al., J.Labelled.Comp. 18 /1981/ 212
12. S.K. Shukla et al., J.Labelled.Comp. 18 /1981/ 215
13. M. Raiszadek et al., J.Labelled.Comp. 18 /1981/ 217
14. Ga-67 Diagnosis of Postop Infection, NEN, Dreieich, 1980
15. B. Mazière, J.Labelled, Comp. 18 /1981/165
16. V.J. Sodd, Use of Cyclotron in Chemistry, Metallurgy and Biology, Butterworth, London, 1974, 152

17. R. Weinreich et al., Int.J.Appl.Radiat.Isot. 25 /1974/ 535
18. R. Bosch et al., Int.J.Appl.Radiat.Isot. 28 /1977/ 255
19. E. Acerbi et al., Int.J.Appl.Radiat.Isot. 26 /1975/ 741
20. F. Oberdorfer, J.Radioanal.Chem. 65 /1981/ 51
21. G.W. Kabalka et al., J.Radioanal.Chem. 65 /1981/ 115
22. T. Hara, J. Labell.Comp. 13 /1977/ 222
23. M. Maeda, J.Labell.Comp. 13 /1977/ 227
24. R. Counsell, J.Labell.Comp. 13 /1977/ 228
25. D. Wieland et al., J.Labell.Comp. 13 /1977/ 229
26. H.J. Machulla et al., Radiochem.Radioanal.Lett. 57 /1983/ 241
27. D. Comar et al., Radiochem.Radioanal.Lett. 23 /1975/ 131

*

A közeljövőben a debreceni Atommagkutató Intézetben üzembehelyezendő ciklotron részben izotópelőállításra rendezkedik be. A humán célu ciklotronizotópok egy részét az MTA Izotópinézetével megkötött együttműködésben dolgozzák fel. Áttekintjük a ^{67}Ga , ^{127}I és ^{201}Tl előállítására vonatkozó irodalmi adatokat és a várható hozamot.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ В ВЕНГРИИ ЦИКЛОТРОННЫХ ИЗОТОПОВ ^{67}Ga , ^{127}I И ^{201}Tl .

Кэрнъен, Й.

В недалеком будущем в городе Дебрецен начинает работу циклотрон типа МГЦ. Планируется и производство радиофармацевтических препаратов на основании циклотронных изотопов, часть которых будет получена в сотрудничестве Института изотопов ВАН и Института ядерных исследований, Дебрецен. В статье суммируются литературные данные физических характеристик упомянутых изотопов, а также данные по технологии их получения.

PRELIMINARY CONSIDERATIONS ON THE PRODUCTION OF CYCLOTRON ISOTOPES ^{67}Ga , ^{127}I AND ^{201}Tl IN HUNGARY

Környei, J.

In the near future a MGC type cyclotron will begin its work in Debrecen, in the Institute of Nuclear Research and will be used also for isotope production. A part of radiopharmaceuticals will be produced in a cooperation of the INR and the Institute of Isotopes. In the paper a summary is given on the literature of the production of these isotopes and the prospective isotope yields based on the parameters of the cyclotron.

EUTHYREOTIKUS EGYÉNEK SZÉRUM-TIROXINSZINTJÉNEK MEGHATÁROZÁSA RK-12 KÉSZLETTEL

Krasznai István, Földes János, Paksy András, Varga Péter, Bodócs Jánosné

Semmelweis Orvostudományi Egyetem, I. Belklinika és Biometriai Csoport,
Budapest, Korányi Sándor u.2/a 1083

/Érkezett 1984. május 23-án/

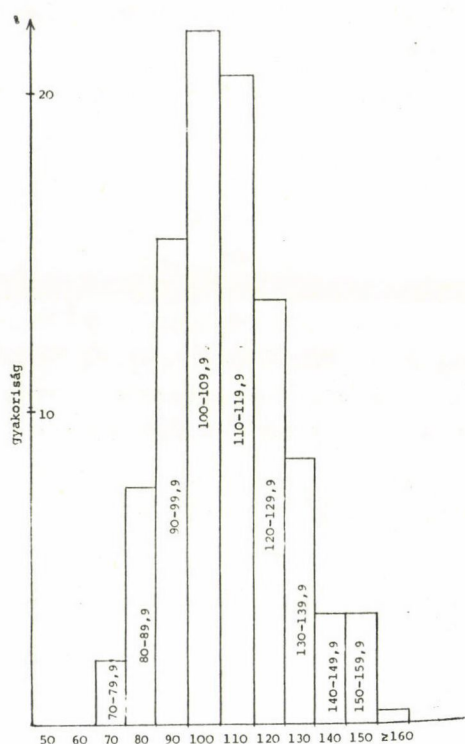
A SOTE I. Belklinika izotóplaboratóriumában 1982 óta használjuk az MTA Izotózpintézete RK-12 készletét rutinszerűen a szérum tiroxintartalmának meghatározására. A kapott eredmények összevetése a klinikai képpel azt mutatta, hogy a normál tartomány megadott alsó határa közelében /50 nmol/l/¹ 50-65 nmol/l között a párhuzamosan elvégzett TSH-meghatározások többnyire emelkedett értéket mutattak, ami a csökkent pajzsmirigyműködés jele. Az ellentmondás tisztázására célul tűztük ki biztosan euthyreotikus egyének tiroxinszintjének meghatározását az RK-12 készlet segítségével.

MÓDSZER ÉS EREDMÉNYEK

Beteganyagunk a klinika pajzsmirigy-ambulanciáján vizsgálatra jelentkezettek közül került ki; azok eredményét vettük számításba, akik a kivizsgálás során euthyreotikusnak bizonyultak, és pajzsmirigyük tapintással sem mutatott semmiféle morfológiai elváltozást. 1982-ben 105, 1983-ban 38 ilyen kontroll beteg szérum-tiroxintartalmát értékeltük. A tiroxint a megadott metodikai leírás¹ alapján határoztuk meg, a radioaktivitás mérésének eredményéből a tiroxinszint kiszámításához egy HP 67-es zsebszámítógépre irt, logit-log modelt alkalmazó programot használtunk. Eredményeinket az 1. ábra és az 1. táblázat tartalmazza. A táblázat adataiból látszik, hogy a két évben végzett meghatározások átlagértékei nem különböznek egymástól, így a továbbiakban a két populációt együtt értékeltük /lásd a harmadik oszlop adatait/, és erre a teljes 143 adatra vonatkozik az 1. ábra gyakoriságeloszlása.

Vizsgálataink megbízhatóságának növelésére 1983 január elejétől bevezettük minden RK-12 készlet felhasználásánál a kereskedelmi forgalomban kapható ellenőrző szérumok meghatározását /Bio-rad, Lyphochek immunoassay control serum, levels I, II, III /.

Eredményeinket a 2. táblázat tartalmazza, amelyben feltüntettük az RK-12 készlet normál ellenőrző szérumának meghatározására kapott eredményeinket is. A Bio-rad tájékoztatóban megadott és a mért értékek egyezése a Lyphochek I. és a saját RK-12 normál kontroll esetén megfelelő, azonban a Lyphochek II. és III. esetén a vártnál kifejezetten nagyobb értékeket kaptunk. A 2. táblázat utolsó oszlopában feltüntettük az un. "világátlag" értékét is. Ezt az ér-



1. ábra

Normál szérumok tiroxintartalmának gyakoriság-eloszlása RK-12 készlettel meghatározva

Распределение частоты содержания тироксина в нормальных сыворотках, определенное с помощью набора RK-12

Frequency distribution of thyroxine content of normal sera, determined with the RK-12 kit

téket a Bio-rad tájékoztató adataiból határoztuk meg, az egyes ellenőrző szérumokra a különféle készletekkel kapott eredmények átlagaként. Az átlagolásból a két-két legjobban eltérő szélső értéket nem vettük figyelembe.

MEGBESZÉLÉS

Az RK-12 készlettel mért szérum-tiroxinszint normál tartományát az euthyreotikus egyének tiroxinszintjének átlagából és az adatok szórásából határoztuk meg, mint az átlag $\pm 2 \times$ standarddeviáció-tartományt². Ennek nagysága kerekítve 75 - 155 nmol/l-nek adódott, a készletre deklarált 50 - 150 nmol/l tartományhoz képest. A 75 nmol/l körüli alsó határ összhangban van a bevezetőben már említett eddigi klinikai megfigyeléseinkkel. A deklarált 50 nmol/l körüli alsó határ nem normál nagyságát mutatja az 1. ábra gyakoriságeloszlása is, ahol a meghatározott 143 normál esetben egyetlen egyszer sem kaptunk 70 nmol/l-nél kisebb eredményt. Az elmondottak alapján javasoljuk az RK-12 készlettel meghatározott

1. táblázat

RK-12 készlettel meghatározott euthyreotikus szérumok tiroxintartalma és a statisztikai jellemzők
Содержание тироксина эутиреозных сывороток, определенное с помощью набора RK-12, а также статистические показатели

Thyroxin content of euthyreotic sera, determined with the RK-12 kit and statistical parameters

	1982	1983	Összesen
esetszám	105	38	143
átlag:	113,1	115,6	114,8
standard deviáció:	18,5	21,8	19,8
normál tartomány:	76,5 - 151,0	72 - 152	75 - 155
Javasolt normál tartomány: 70 - 155 nmol/l			

szérumtiroxinszint normál tartományát 70 - 155 nmol/l értékre módosítani. A normál tartomány felső határa - tekintettel az ellenőrző szérumok vártnál nagyobb értékeire - további pontosítást igényel, de az alsó határ új javasolt szintje megbízhatónak látszik, a 70 nmol/l értéknél kisebb T_4 értéket alacsony vagy határértékeknek kell tekinteni.

2. táblázat

A Bio-rad-féle ellenőrző szérumok /Lyphocek I, II, III/ megadott és az RK-12 készlettel mért értékei
 Значения содержания контрольных сывороток производства Био-рад /Лифочек I, II, III/, предварительно сланные и измеренные с помощью набора RK-12
 Values of control sera of Bio-rad /Lyphocek I, II, III/ given and measured with the RK-12 kit, resp.

Ellenőrző szérum	Megadott érték: nmol/l*	"világátlag" nmol/l ±SD	RK-12 kész- lettel mért érték** ±SD
RK-12 készlet normál ellen- őrző szérum	114,0	-	115,5 ± 6,7
Lyphocek I. No: 81541	27,2 /23,8 - 30,5/	33,6 ± 7,6	28,6 ± 3,6
Lyphocek II. No: 81542	85,0 /76,8 - 93,3/	96,0 ± 13,0	108,5 ± 7,2
Lyphocek III. No: 81543	169,0 /148 - 191/	196,3 ± 24,5	201,1 ± 5,6
<p><u>Megjegyzés:</u> SD = standard deviáció</p> <p>* Az első oszlopban a zárójelben lévő számok a Bio-rad le- írás elfogadható határértékeit jelentik.</p> <p>** Összesen 37 meghatározást végeztünk.</p>			

IRODALOM

1. Használati utasítás a $^{125}\text{I}-T_4$ /levothyroxinum/ RIA in vitro /PEG/ készlet-
hez. MTA Izotópiintézete.
2. Juvancz I., Paksy A.: Orvosi biometria, Medicina, Budapest, 1982

*

143 euthyreotikus egyén mérésének eredménye alapján a készlettel meghatározott T_4 -értékek normál tartományára 70-155 nmol/l-t javasolunk.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ТИРОКСИНА СЫВОРОТКИ ЭУТИРЕОЗНЫХ ЛИЦ С ПОМОЩЬЮ НАБОРА RK-12
 Краснай, И., Фэльдеш, Я., Пакши, А., Варга, П., Бодоч, Я.

Исходя из результатов измерений, проведенных на 143 эутиреозных лиц предлага-
 ется определить нормальный диапазон значений T_4 между 70 и 155 нмол/л.

DETERMINATION OF SERUM THYROXIN LEVEL IN EUTHYREOTIC PERSONS WITH THE RK-12
 KIT

Krasznai, I., Földes, J., Paksy, A., Varga, P., Bodócs, J.

Based on determinations carried out on 143 euthyreotic persons 70-155 nmole/l
 is proposed for the normal range of T_4 , measured with the RK-12 kit.

A HAZAI GYÁRTMÁNYÚ ^{125}I -6-KETO-PROSZTAGLANDIN $\text{F}_{1\alpha}$ RIA KÉSZLET KLINIKAI VIZSGÁLATA

Gyertyánfy Géza¹, Földes János¹, Tóth Géza²

¹A Semmelweis Orvostudományi Egyetem I. Belklinikája, Budapest, Korányi S.u. 2/a, 1083

²A Magyar Tudományos Akadémia Izotópintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

/Érkezett 1984. június 4-én/

Napjainkban a biológia és az orvostudomány különös figyelemmel fordul a prosztaglandinok kutatása felé, mivel ezen vegyületek biológiai, illetve fiziológiai hatása egyre több folyamatban válik ismertté. Meghatározásuk egyaránt történhet vérből¹ /szérumból vagy plazmából/ és vizeletből. Kimutatásukra több kémiai eljárás, valamint radioimmunoassay ismeretes. Vizsgálatukat nehezíti kis mennyiségük, gyors lebontódásuk; így általában metabolitjaik kimutatása révén következtethetünk képződésükre. Rutinszerű kimutatásukat azonban többnyire megnehezíti azon körülmény, hogy vizsgálat előtt a prosztaglandinok nagy részét a vérből extrahálni, majd koncentrálni, illetve sokszor még kromatográfiás úton tisztítani is szükséges². Közvetlen meghatározásra még leginkább a vizeletből van lehetőség.

A prosztaglandin-család egyik legjobban vizsgált tagja a prosztaciklin /prosztaglandin I_2 , PGI_2 /, amely a vérerekben képződik, jelentős értágító és trombocita-aggregációt gátló hatása van³. A többi prosztanoidokkal szemben nem inaktiválódik a tüdőben⁴, hanem döntően 6-keto-prosztaglandin- $\text{F}_{1\alpha}$ -vá /továbbiakban 6-keto-PGF $_{1\alpha}$ / hidrolizálódik⁵, illetve enzimatis úton biológiailag inaktív anyagokká metabolizálódik a vesében és a májban⁶. Mivel a prosztaciklin kémiaileg instabilis, képződésére a 6-keto-PGF $_{1\alpha}$ kimutatása útján következtethetünk.

Vizsgálataink első lépéseként tisztázni óhajtottuk azt, hogy a 6-keto-PGF $_{1\alpha}$ kimutatására az MTA Izotópintézetében előállított készlet mennyiben alkalmas klinikai vizsgálatokra. A vizeletben ürített 6-keto-PGF $_{1\alpha}$ mennyiségét vizsgáltuk, annak tudatában, hogy az így ürített 6-keto-PGF $_{1\alpha}$ -nak csak kb. 15%-a származik a keringésből⁷, a többi a vesében képződött prosztaciklin terméke⁷. Vizsgálatainkkal tisztázni óhajtottuk azt, hogy az adott módszert alkalmazva egészséges egyén vizeletében mennyi a 6-keto-PGF $_{1\alpha}$ -tartalom, és az mennyiben felel meg az irodalmi adatoknak.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Az MTA Izotópintézete által kidolgozott és forgalomba hozott, RK-16 kódszámú RIA készletet használtuk. Feladatunk a készlet minőségi ellenőrzése és vele a vizeletben levő 6-keto-PGF_{1α} - amely a prosztaciklin stabilis metabolitja - meghatározása volt.

A készlet az alábbi reagenseket tartalmazza:

- liofilizált antiszérum /nyultól/,
- ¹²⁵I-dal jelzett 6-keto-PGF_{1α},
- foszfátpuffer-koncentrátum,
- liofilizált 6-keto-PGF_{1α} standard,
- dextranszal kezelte csontszénsuszpenzió.

A vizsgálat menetét az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat

Az immunoassay menete

Ход иммуноанализа

Immunoassay protocol

Reagens	Cső				
	Standard	Minta	B ₀	NSB	Totál
Puffer	200	200	300	300	400
Standard	100	-	-	-	-
Minta	-	100	-	-	-
Nyomjelző	100	100	100	100	100
Antiszérum	100	100	100	-	-
	Vertexeljük, másnap reggelig +4°C-on inkubáljuk				
Csontszénsuszpenzió	300	300	300	300	-
	Vertexeljük, +4°C-on 15-20 percig centrifugáljuk				

Mérés után kiszámítjuk a B/B₀ százalékokat. A standardkoncentrációra vonatkozó B/B₀ százalékokat a koncentráció függvényében szemilogaritmikus papíron ábrázolva felvesszük a mérőgörbét. A B/B₀ ismeretében az ismeretlen koncentráció a mérőgörbéről leolvasható.

Mivel a keresztreakciók ellenőrzését és az optimális ellenanyag-koncentráció beállítását az Izotópintézet elvégezte, vizsgálataink az alábbi szempontokra vonatkoztak:

1. a mérőgörbe statisztikai adatainak meghatározása és értelmezése, az NSB vizsgálata;

2. a módszer megbízhatóságának tanulmányozása inter- és intraassay-variációs koefficiens segítségével;
3. a visszanyerés vizsgálata;
4. a vizeletben levő 6-keto-PGF_{1α} mennyiségi meghatározása.

EREDMÉNYEK

1. Husz készletet feldolgozva, a standard görbék mérési eredményeit a 2. táblázat szemlélteti. Az 1. ábrán egy mérőgörbét láthatunk.

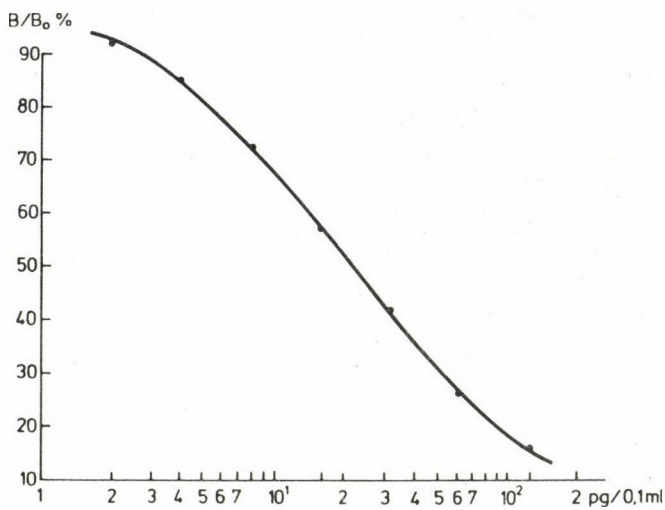
2. táblázat

6-keto-PGF_{1α}-mérőgörbék adatai

Данные по измерительным кривым 6-кето-ПГФ_{1α}

6-keto-PGF_{1α} measurement curves data

Koncentráció pg/0,1 ml	Átlagos kötődési %	SD	VK
500	5,04	0,556	11,007
250	9,39	1,007	10,728
125	17,55	20,59	11,736
62,5	28,74	2,348	8,169
31,25	44,97	2,589	5,757
16	62,09	4,304	6,932
8	78,62	3,960	5,036
4	89,43	2,476	2,768
2	94,61	2,779	2,937
0	31,72	3,755	11,840



1. ábra

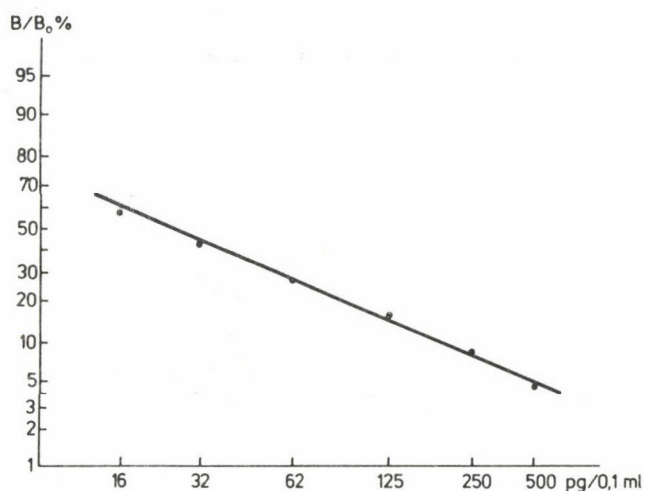
A 6-keto-PGF_{1α} standard görbéje

Измерительная стандартная кривая 6-кето-ПГФ_{1α}

Standard curve of 6-keto-PGF_{1α}

Látható, hogy a nulla koncentráció kötési százaléka átlagosan 31,72% volt, 11,84% variációs koefficiens mellett. Az egyes koncentrációkhoz tartozó kötési százalékok 5,04 és 94,61% között mozogtak, míg variációs koefficienseik 2,768 és 11,736 között voltak.

Ezután elvégeztük a logit-log egyenesen történő



2. ábra

Logit-log egyenes

Логит-лог прямая

Logit-log straight line

átlagosan 0,22% volt, de a 0,50% értéket csak egyetlen esetben lépte túl, akkor is csak 0,58% volt. Ha viszont a nulla koncentrációhoz viszonyítottuk, az NSB értéke 0,07 és 1,67% között volt, átlagosan 0,68%, de 1,5%-nál nagyobb értéket itt is csak egy esetben kaptunk, amely 1,67% volt.

ábrázolást, és a rá vonatkozó statisztikai számítást is. E számítás eredménye a 3. táblázatban, egy logit-log egyenes pedig a 2. ábrán látható.

A logit-log egyenes statisztikai adatai jó korrelációt és variációs koefficiensst adnak. Külön ki kell emelni a logit-log egyenes nagy, mintegy 68°-os meredekségét.

Az NSB mértékét vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy a totálaktivitásra számítva 0,02 és 0,58% között mozgott,

3. táblázat

A logit-log egyenes adatai

Данные прямой логит-лог

Data of logit-log line

	Tartomány	Átlag
VK	1,637 - 6,985	3,274
r	0,9307 - 0,9990	0,9890
Iránytangens	- 2,252 és - 2,836 között	- 2,4761
szög /180° -α /	66,06 - 70,58	67,93
érzékenység pg/0,1 ml	0,596 - 5,472	1,929

2. A módszer megbízhatóságát intraassay-variációs koefficienssel ellenőrizve, a kapott eredményeket a 4. táblázat szemlélteti.

3-100 pg/0,1 ml koncentrációhatárok között 50 mérésorozatot végezve, azok átlagos intraassay-variációs koefficiense 8,5% volt. Részlete-

sebben tekintve 3-20 pg/0,1 ml koncentrációhatárok között az átlagos variációs koefficiens 9,38% volt, míg 20 és 50 pg/0,1 ml koncentrációtartományban 9,64%. Az 50 pg/0,1 ml értéknél nagyobb koncentrációk átlagos variációs koefficiense 3,95% volt.

4. táblázat

Intraassay-eredmények

Данные интраизмерений

Intraassay data

Koncentrációhatárok	Átlagos VK	Átlagos SD
3-100 pg/0,1 ml n = 50	8,50	2,15
3-20 pg/0,1 ml n = 24	9,379	1,230
20-50 pg/0,1 ml n = 17	9,636	3,238
50-100 pg/0,1 ml n = 9	3,952	2,521

A hét alkalommal végzett interassay-vizsgálat eredménye az 5. táblázatban látható. Az interassay-variációs koefficiens 1,37 és 26,17% között változott, átlagosan 12,7% értékkel.

5. táblázat

Az interassay-eredmények

Данные интеризмерений

Interassay data

Sorszám	n	Átlag pg/0,1 ml	SD	VK
1	3	5,65	0,843	14,92
2	4	7,72	0,574	7,43
3	3	14,55	0,200	1,37
4	5	17,15	2,232	13,02
5	4	23,82	4,838	20,27
6	5	25,09	6,566	26,17
7	5	51,63	2,954	5,72
Átlag			2,60	12,70

3. Fenti vizsgálatokat visszanyerési méréssel is kiegészítettük. E célra olyan vizeletmintákat használtunk, amelyek 6-keto-PGF_{1α}-tartalma a kimutathatóság, 2 pg/0,1 ml alatt volt. Ezekből a készletben levő standard hozzáadása után 100, 50 és 10 pg/0,1 ml koncentrációju oldatot készítettünk, és meghatároztuk 6-keto-PGF_{1α}-tartalmukat. Ezen meghatározások eredményét a 6. táblázat mutatja.

6. táblázat

A visszanyerési vizsgálat eredménye

Данные возвращения

Recovery data

Hozzáadott mennyiség	n	Átlag pg/0,1 ml	SD	VK
100 pg/0,1 ml	6	76,20	8,21	10,77
50 pg/0,1 ml	5	43,60	6,251	14,336
10 pg/0,1 ml	6	13,80	2,139	15,50

100 pg helyett átlagosan 76,2 pg-ot 10,77% interassay-variációs koefficiens mellett tudtunk kimutatni; 50 pg helyett a visszanyert mennyiség átlagosan 13,8 pg volt, az interassay-variációs koefficiens pedig 14,34%. A bemért 10 pg helyett átlagosan 13,8 pg volt kimutatható, 15,5% variációs koefficienssel.

4. Ezután elvégeztük kontroll egyének vizeletében levő 6-keto-PGF_{1α} meghatározását. A betegeket reggel nyolc órakor kivizeltettük, majd a kellő diurézis biztosítására két deciliter csapvizet adtunk. Ezt követően a betegek négy óra hosszat feküdtek, és az ezalatt gyűjtött vizelet 6-keto-PGF_{1α}-tartalmát határoztuk meg. A vizelet mennyiségének ismeretében kiszámítottuk az összes ürített 6-keto-PGF_{1α} mennyiségét.

A kilenc kontroll egyénre vonatkozó eredményeket a 7. táblázat szemlélteti. Láthatjuk, hogy a négyórás vizeletürítés két szélső értéke 36,5 és 70 mg, átlagosan 50,226 mg volt, a variációs koefficiens 18,95%.

7. táblázat

Kontroll egyének 6-keto-PGF_{1α}-ürítése

Выделение 6-кето-ПГФ_{1α} контрольных пациентов

6-keto-PGF_{1α} clearance of control patients

Tartomány n/g/4 óra	36,585 - 70,217
Átlag /ng/	50,226
SD	9,518
Konfidenciahatárok	42,896 - 57,556

MEGBESZÉLÉS

A 6-keto-PGF_{1α} a PGI₂ metabolitja; 15%-a a keringésből származik^{1,8}, a többi az intrarenális prosztaciklin-szintézisre utal^{7,9}. Bár a vizeletben a 6-keto-PGF_{1α} mellett a PGI₂ egyéb metabolitjai is /pl. a 2,3-dinor-6-keto-PGF_{1α}/ kimutathatók¹⁰, a gyakorlatban csak az üritett 6-keto-PGF_{1α}-t határozzák meg, és ennek a mennyiségéből következtetnek a PGI₂ képződésére és metabolizmusára.

A testnedvek prosztaglandin-tartalmának radioimmunoassay módszerrel történő meghatározását bonyolulttá teszik a kivonásukra és tisztításukra ajánlott extrakciós és kromatográfiás eljárások², amelyek a vizsgálatot nehezítik, ugyanakkor a hiba lehetőségét is növelik. A prosztaglandinok, illetve metabolitjaik közvetlen kimutatására, úgy látszik, csak a vizeletben van lehetőség. Mitchell és munkatársai¹¹ megállapították, hogy a 6-keto-PGF_{1α} extrakció közben nagyfokú bomlást szenved, így közvetlen módszerrel való meghatározása nemcsak lehetséges, hanem ajánlatos is. A vizelet 6-keto-PGF_{1α}-tartalmát ennek alapján RIA módszerrel, megelőző extrakció és kromatografálás nélkül határoztuk meg.

Az általunk alkalmazott RIA módszer alkalmasnak látszik a 6-keto-PGF_{1α} meghatározására. Erre utalnak a kicsiny nem specifikus kötés és a mérőgörbe adatai. A módszer megbízhatóságát alátámasztják az intra- és interassay-variációs koefficiens értékei. Ezek megfelelnek Nadler és munkatársai vizsgálati eredményeinek¹². Mivel vizsgálataink végzésekor nem végeztünk extrakciót, illetve kromatografálást, különös gondot fordítottunk a visszanyerésre, amely az esetek többségében 76-87% között volt. Ilyen irányú vizsgálati eredményeink is megfelelnek McDonald és munkatársai¹³, valamint Ciobbatoni és munkatársai¹⁴ adatainak. Az említett szerzők 60-70%-os visszanyerést észleltek, noha ők a RIA-meghatározás előtt extrakciót végeztek.

A továbbiakban kontrollként szereplő egyéneknek a négy óra alatt üritett vizeletében meghatároztuk a 6-keto-PGF_{1α}-tartalmat, melynek átlaga 50 nanogrammnak bizonyult. Ciobbatoni és munkatársai¹⁴ a négy óra alatt üritett vizeletben 16-20 ng, Nadler és munkatársai¹² átlagosan 45 ng 6-keto-PGF_{1α}-t tudtak kimutatni.

Vizsgálati eredményeink alig nagyobbak az előbbi szerzők által megadott értékeknél, noha ők extrakciót és kromatográfiát is alkalmaztak a 6-keto-PGF_{1α} és a 2,3-dinor-6-keto-PGF_{1α} elválasztására. A vizsgálati értékek között kis különbséget valószínűleg az adja, hogy a közvetlen meghatározással a 2,3-dinor-6-keto-PGF_{1α}-t is kimutattuk. Megelőző adatok ugyanis arra utalnak, hogy a 6-keto-PGF_{1α} kimutatására szolgáló RIA eljárás kb. 30% keresztreakciót ad a 2,3-dinor-6-keto-PGF_{1α}-val. Vizsgálati eredményeinket összegezve, megállapíthatjuk, hogy az általunk alkalmazott RIA eljárás a vizeletminta előzetes extrakciója nélkül is alkalmas az üritett 6-keto-PGF_{1α}-tartalom meghatározására.

IRODALOM

1. Zipser, R.D. et al.: Am. J. Physiol. 242 E /1982/ 171
2. Green, K. et al.: Advances in Prostaglandin and Thromboxane Research /Ed. J.C. Fröhlich 5 /1978/ 15
3. Lewis, P.J. et al.: Brit. Med. Bull. 39 /1983/ 281
4. Dusting, J. et al.: Brit. J. Pharmacol. 64 /1978/ 315
5. Cho, M.J. et al. Prostaglandins 15 /1978/ 943
6. Sun, F.F. et al.: Prostacyclins /Ed.: Vance, J.R., Berström, S./, Raven Press, 1979, 119.o.
7. Eröhlich, J.C. et al.: J. Chim. Invest. 55 /1975/ 763
8. Rosenkranz, B. et al.: J. Biol. Chem. 255 /1980/ 1094
9. Sraer, J. et al.: Prostaglandins 23 /1982/ 855
10. Rosenkranz, B. et al.: Kidney International 19 /1955/ 755
11. Mitchell, M.D. et al.: Prostaglandins and Medicine 6 /1981/ 437
12. Nadler, J. et al.: J. Clin. Endocr. 56 /1983/ 1260
13. McDonald, J. et al.: Brit. Med. J. 287 /1983/ 727
14. Ciobattoni, G. et al.: New Engl. J. Med. 310 /1984/ 279

*

Megállapítottuk a mérőgörbe statisztikai jellemző adatait; intra- és interassay-vizsgálattal kimutattuk a módszer megbízhatóságát. Meghatároztuk kontroll egyének vizeletében jelenlévő 6-keto-PGF_{1α} mennyiségét, amely az irodalomban található értékekkel egyezik. A RIA-készlettel előzetes extrahálás és kromatografálás nélkül is meghatározható a vizelet 6-keto-PGF_{1α}-tartalma.

КЛИНИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ РАДИОИМУНОЛОГИЧЕСКОГО НАБОРА 6-КЕТО-ПРОСТАГЛАНДИНА F_{1α} ВЕНГЕРСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Дьерьянфи, Г., Фельдеш, Я., Тот, Г.

Были определены статистические характеристики измерительной кривой; с помощью интер- и интраизмерений была исследована надежность метода и определена концентрация 6-кето-простагландина F_{1α} в моче. Набор пригоден для определения содержания 6-кето-простагландина F_{1α} в моче контрольных пациентов.

THE CLINICAL TESTING OF THE HUNGARIAN MADE ¹²⁵I-6-KETO-PROSTAGLANDIN F_{1α} RADIOIMMUNOASSAY KIT

Gyertyánfy, G., Földes, J., Tóth, G.

The statistical characteristics of the calibration curve were established; the reliability of the method was studied by means of inter- and intraassay variation coefficients and the 6-keto-PGF_{1α} content in urine of control patients was determined. The RK-16 kit seems to be applicable for the determination of 6-keto-PGF_{1α} in urine.

HIREK

A Magyar Szabványügyi Hivatal kiadásában megjelent az

ATOMTECHNIKA, GYAKORLATI SUGÁRVÉDELEM

című szabványgyűjtemény.

Ebben a kézikönyvben a szakterület azon magyar állami országos szabványai találhatók, amelyek az atomtechnikával és gyakorlati sugárvédelemmel kapcsolatos szakkifejezéseket, jelöléseket, jeleket, biztonsági technikával sugárzás elleni védelemmel, vizsgálati és mérési módszerekkel, radioaktív készítmények, radioaktív anyagok csomagolásával és szállításával, védelemttechnikával, radioaktív hulladékok kezelésével, dozimetriával kapcsolatos előírásokat tartalmaznak.

A szabványgyűjtemény ára 550 Ft.

Megrendelhető a következő címen:

MAGYAR SZABVÁNYÜGYI HIVATAL
Kiadói és Tájékoztatási Igaz-
gatóság
Budapest, Pf 162. 1431

*

A Neumann János Számítógéptudományi Társaság Csongrád megyei Szervezete és Orvosbiológiai Szakosztálya ez év december 3-5. között rendezi meg Szegeden a

12. SZÁMITÁSTECHNIKAI ÉS KIBERNETIKAI MÓDSZEREK ALKALMAZASA AZ ORVOSTUDOMÁNYBAN ÉS A BIOLÓGIÁBAN

című kollokviumot, a Szegedi Orvostudományi Egyetem Számítástechnikai Közpon-
ja szervezésében.

A már több mint egy évtizede rendszeresen megtartott rendezvény célja fórumot biztosítani a számítástechnika egészségügyi alkalmazásaival és a biomatematikai kutatásokkal foglalkozó hazai szakembereknek új eredményeik bemutatására és tapasztalataik kicserélésére. A kollokviumot ezuttal először hirdették meg nemzetközi részvétellel; hivatalos nyelve magyar és angol. Az angol nyelvű előadásokhoz a rendezőség szinkrontolmácsolást biztosít.

Nagyfoku aktualitása miatt a kollokviumon kiemelt témaként szerepel a mikroprocesszorok, mikroszámítógépek egészségügyben való alkalmazása.

További témakörök:

- egészségügyi informatika és adatfeldolgozás,
- adatelemző és biometriai módszerek,
- biológiai jelek feldolgozása,
- biológiai rendszerek matematikai modellezése és számítógépes szimulációja,
- számítógéppel segített orvosi diagnosztika, stb.

A kollokviumra jelentkezési lap és további információ a kollokvium szervezőbizottságától kérhető a következő címen:

Dr. Győri István, SZOTE Számítástechnikai Központ,
6720 Szeged, Pécsi u. 4/a., telefon: 62/11-084.

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA



309024

f

W.

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

27. ÉVFOLYAM 3. SZÁM (1984)

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓPINTÉZETE



Felelős szerkesztő: Veres Árpád

A szerkesztőség címe:

Az MTA Izotózpintézete, Budapest,
Pf. 77, 1525

Telefonszám: 696-687

Felelős kiadó: Veres Árpád
Kiadja az MTA Izotózpintézete

Készült az MTA Központi Fizikai
Kutatóintézetének házi sokszoro-
sítójában.

Felelős vezető: Tőreki Béláné

*

A szerkesztőbizottság:

Bába Miklós, Csirik János,
Fehár László, Földes János,
Gróz Péter, Hernády Tibor,
Illy József, Kocsár László,
Lengyel Tamás, Márton József,
Máté Ferenc, Medveczky László,
Sirokmán Ferenc

*

Terjeszti a Magyar Posta.
Előfizethető bármelyik postahivatal-
ban, a kézbesítőnél, a Posta hírlap-
üzleteiben és a Posta Központi Hir-
lapirodájánál /KHI, Budapest V., Jó-
zsef nádor tér 1, telefon: 180-850,
postacím: A Posta Központi Hírlapiro-
dája, Budapest, 1900/ a 215-96162
pénzforgalmi jelzőszámra.

Előfizetési díj egy évre 240 R
Egyes szám ára 60 R
Engedélyszám: III/SZI/299/1976

Indexszám: 25.399

Törzsszám: KFKI-1984-554

Megjelenik évente négyszer.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE!

A kéziratot két példányban, magyar nyel-
ven, magyar, orosz és angol nyelvű cim-
mel, ábra- és táblázatfelirattal, eredeti
közlemény esetén pedig ugyancsak e
három nyelven készült, kb. 100-150 szó-
nyi kivonattal kérjük. A kézirat stilu-
sa kerülje a hivataloskodó, tudálékos
kifejezéseket, a nyelvet szintelenítő,
az olvasmányosságot rontó fordulatokat.
Szerzőink figyelmébe ajánljuk a "Hivata-
los nyelvünk kézikönyve" című kiadványt
/Biró Á., Grétsy L., Kemény G., Budapest,
1978/. A helyesírás az akadémiai helyes-
írás szabályait kövesse, a mértékegysé-
gek pedig az SI-t.

A kivonat ne ismételje meg a címet, és
ne tartalmazzon üres kifejezéseket. Ne a
célrt ismertesse, hanem az eredményt, le-
hetőleg számokkal kifejezve.

Rajzos ábrát tussal kihuzva vagy igen
fekete vonalú gyorsmásolatban, fényké-
pet eredetiben kérünk. A képeket, raj-
zokat kívánságra visszaküldjük.

A szerkesztőség a stiláris és helyes-
írási változtatás jogát fenntartja ma-
gának. A szerzők korrekturát és 50 kü-
lönlenyomatot, valamint egy tisztelet-
példányt kapnak.

Hirdetés felvesszünk, kongresszusi felhi-
vást, értesítést, hirt szívesen fogadunk.

*

Az Izotóptechnika a hazai izotópalkalma-
zás szerteágazó területeiről és aktuá-
lis elvi, valamint módszertani eredmé-
nyeiről kíván lehetőleg teljes képet ad-
ni a szakembernek. Célja, hogy a stabi-
lis és radioaktív izotópok orvosi, mező-
gazdasági, ipari felhasználásában elért
alap- és alkalmazott kutatási eredmények-
ről, a sugártechnika és sugárvédelem idő-
szerű és módszertani kérdéseiről, a ra-
dioaktív hulladék biztonságos kezelésé-
ről és más, hasonló területekről tájékoz-
tasson.

Utibeszámló, konferenciabeszámoló, ösz-
szefoglaló tanulmány, könyvismertetés
formájában tájékoztat az érdekesnek í-
télt hazai és külföldi eredményekről.
Az izotópalkalmazás további fejlődésének
és terjedésének elősegítésére ismertetést,
vitacikket, tájékoztatót közöl a hazai
szakmai körök életéről, problémáiról, javas-
latairól.

IZOTÓRTECHNIKA

27. ÉVFOLYAM

1984

3. SZÁM

TARTALOM

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓPINTÉZETE - 1959-1984

25 éves az Izotópintézet

Veres A. 131

Институту изотопов - 25 лет

On the 25th Anniversary of the Institute of Isotopes

Izotóptermeles

Lengyel T. 140

Производство изотопов

Production of Isotopes

Technéciumtermeles

Zsinka L. 145

Получение технеция

Production of Technetium

A technécium-99m diagnosztikai felhasználása

Törkő J. 156

Применение технеция-99m в диагностике

Diagnostic Use of Technetium-99m

A radiojód-termelési technológia és a radiojódozás új távlatai

Miller J. 160

Некоторые новые аспекты получения радиоioda и радиоiodирования

Some New Aspects of Radioiodine Production Technologies and Radioiodination

In vitro radioaktív gyógyszerek előállítása

Tóth G. 164

Получение in vitro радиофармаконов

The Production of in vitro Radiopharmaceuticals

Jelzett szerves vegyületek előállítása

Bursics L. 171

Получение меченых органических соединений

The Production of Labelled Organic Compounds

Radioaktív gyógyszerek minőségének ellenőrzése

Szarvas Tibor 174

Контроль качества радиофармацевтических препаратов

Quality Control of Radiopharmaceuticals

AZ ORSZÁGOS RÖNTGEN- ÉS SUGÁRFIZIKAI INTÉZET VII. IZOTÓPDIAGNOSZTIKAI
SZEMINÁRIUMÁN ELHANGZOTT ELŐADÁSOK

I. Bevezetés	
Szilvási I.	179
Введение	
Introduction	
II. Radioimmuno-eljárások megbízhatóságának vizsgálata	
Mohari K.	179
Изучение надежности радиоиммунологических методов	
A Study of Reliability of Radioimmunological Methods	
III. A pajzsmirigy izotópvizsgálata	
Földes J.	180
Изучение щитовидной железы радиоизотопом	
Isotopic Study of the Thyroid	
IV. EKG-val kapuzott nukleáris kardiológiai eljárások	
Csernay L.	185
Ядерно-кардиологические методы, стробированные ЭКГ	
Nuclear Cardiological Methods Gated by ECG	
V. A szivizom-perfuzió vizsgálata	
Csernay L.	188
Изучение перфузии миокардия	
Study of Myocardial Perfusion	
VI. A nukleáris kardiológia hagyományos eljárásai	
Istvánffy M.	190
Традиционные методы ядерной кардиологии	
Traditional Methods of Nuclear Cardiology	
VIII. A kolloid-májscintigráfia	
Szilvási I.	191
Сцинтиграфия печени коллоидами	
Colloid Scintigraphy of the Liver	
VIII. A kolepszcintigráfia	
Szilvási I.	194
Холесцинтиграфия	
Cholescintigraphy	
IX. A tüdő izotópos vizsgálata	
Hernády T.	
Изучение легких изотопом	
Isotopic Study of the Lung	
X. A vese izotópos vizsgálata	
Hernády T.	199
Изучение почек изотопом	
Isotopic Study of the Kidneys	
XI. A csont-izületi szcintigráfia	
Rajtár M.	203
Сцинтиграфия костей и суставов	
Bone and Joint Scintigraphy	
KÖNYVISMERTETÉS	
Iodine-129: Evaluation of Releases from Nuclear Power Generation, NCRP Report No. 71, National Council on Radiation Protection and Measurement, Bethesda, 1983 /Golder F./	206

25 ÉVES AZ IZOTÓPINTÉZET

Veres Árpád igazgató

Az MTA Izotópinvézetete, Budapest, Pf. 77, 1525

BEVEZETÉS

Az Országos Atomenergia Bizottság 1959-ben alapította az Izotópinvézetetet azzal a céllal, hogy biztosítsa az ország ellátását mesterséges radioizotópokkal, és elősegítse a hazai izotópinkalmazást, valamint az ehhez kapcsolódó kutatás-fejlesztést. Az intézet az 5 évvel korábban akadémiai, majd atomenergiái bizottságok által létrehozott izotópinkosztó csoportot is magába foglalta. Az akkor 11 fős intézet ma 420 főből áll, és egy 40 fős leányvállalata foglalkozik az évi közel 30 ezer izotópinkszállítmány kereskedelmével, illetve forgalmazásával.

A KUTATÁS-FEJLESZTÉS FŐ IRÁNYAI

A kutatás fő irányai a következők:

- radiokémiai elválasztási műveletek, katalitikus folyamatok és katalizátorok vizsgálata, koordinációs kémiai folyamatok, szerkezetvizsgálatok, különös tekintettel a határfelületen kialakuló képződmények szerkezetére;
- szerves vegyületek, elsősorban szénhidrogének, biológiailag aktív és elemorganikus vegyületek előállításának, az ezzel kapcsolatos folyamatok mechanizmusának, kinetikájának és a termékek szerkezetének vizsgálata;
- fizikai kutatások a magfotoeffektus, atommagszerkezet és a nukleáris mérés-technika, sugárvédelem körében;
- radiofarmakonok, radioimmunológiai és más *in vivo* és *in vitro* preparátumok, rendszerek fejlesztése az orvosi gyakorlat számára;
- sugárforrások és más radioaktív termékek fejlesztése ipari, mezőgazdasági, tudományos és gyógyászati célokra;
- minőségvizsgálati módszerek fejlesztése a radioaktív termékek ellenőrzéséhez;
- sugárhatóskémia és besugárzástechnika;
- izotópos nyomjelzéstechnika fejlesztése és alkalmazása az iparban, az élelmiszergazdaságban és a környezetvédelemben;
- izotópinkvezérlésű ipari műszerek fejlesztése és alkalmazása mérő és szabályozó rendszerekben.

Az intézet az alap- és alkalmazott kutatás mellett - részben saját kutatási eredményeinek felhasználásával - széleskörű műszaki fejlesztő, előállító és szolgáltató tevékenységet is végez. E sokrétű feladat megoldása sok nehézséggel jár, mégis, véleményünk szerint, ez a komplexitás az intézet életképességének és eredményességének fontos biztosítója. Az alapkutatás témái megválasztásánál az intézeti feladatok mellett a kutatók személyi érdeklődése, korábbi kutatási tevékenysége is szerepet játszott, az alapkutatási témán dolgozók szakmai tapasztalatai viszont sokszor igen jól hasznosíthatók a gyakorlati problémák megoldásában is. A különböző szintű kutatási feladatok végzése ösztönzőleg hat az színvonal emelésére, és ugyanakkor a gyakorlati munka az elvi kutatás számára is feladatokat tűz napirendre.

A 25 ÉV SZAKASZAI

Az intézet első tízéves tevékenységének időszakában kialakult az országban a radioizotópokat felhasználó helyek hálózata: 95 orvostudományi, 35 ipari, 79 egyetemi és kutatóintézeti, valamint 19 mezőgazdasági laboratórium. Megteremtették továbbá mintegy 300 nukleáris mérőhely /köztük kb. 50 szintmérő, 20 sűrűségmérő, 60 vastagságmérő és 20 kéziműszer/ működési feltételeit. Kifejlesztették a besugárzott célanyagok végtermékké való feldolgozására alkalmas, másoló és gömbcsuklós manipulátoros főrrőfűlkéket. A KFKI reaktora, rekonstrukcióját követően, 85 besugárzandó célanyag $(4-5) \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ fluens-teljesítményű termikusneutron-besugárzásra vált alkalmassá. A szállitmányok száma 10 év alatt elérte a 41 ezret, egyedül 1983-ban viszont már 25 800-ra rugott. Ez ugyan jól szemlélteti az izotópok hazai alkalmazásának dinamikus fejlődését, az intézet egészének működését azonban helytelen lenne csupán ezen keresztül értékelni. Megteremtődött a hazai izotópellátás és -alkalmazás bázisa. Az általános képhez tartozott, hogy az izotóptermekek-előállítás, izotóppalkalmazás, valamint az alap- és fejlesztő kutatás anyagi forrásait a költségvetés biztosította, az első két tevékenységből származó árbevétel az intézet a költségvetésnek fizette be, ezt nem használhatta fel. Ez az összeg azokban az években kb. 20%-a volt az intézeti költségvetésnek.

Az intézet második évtizedét az izotópelőállításban és -alkalmazásban saját lábára állásra való törekvés jellemezte; előbb az izotóppalkalmazás fejlődött dinamikusabban, majd az évtized végére egyensúly állt be az alkalmazás és a termelés között. Az alapkutatás lényegében változatlan szinten maradt, illetve aránya bizonyos mértékben csökkent, hiszen az akadémiai költségvetési támogatás nem változott. Ekkor az alap- és fejlesztési kutatás, az izotóptermekek-előállítás és az izotóppalkalmazás egyenlő arányban oszlott meg az intézetben. Természetesen ezt az igénynek megfelelő termékszerkezet-változás is kísérte.

Az utóbbi öt évben az alapkutatás feltételei tovább romlottak. A nehéz népgazdasági körülmények ugyancsak nehéz helyzetbe hozták a nukleáris műszeres és ipari alkalmazást is. Az izotópos termékek előállítása azonban, a széles körű immunoanalitikai egészségügyi igénynek köszönhetően, rendkívül dinamikus fejlődik, mivel idejében felfigyeltünk a termékkiváltás szükségességére. Az arányok ennek megfelelően eltolódtak. Már 1983-ban a termék előállítás árbevétele megközelíti az 50%-ot, míg az izotóppalkalmazásé 38%, az alapkutatás pedig 12%-ra csökkent.

Az intézet szerteágazó kutatási és fejlesztési, termék előállítási, izotóppalkalmazási tevékenységét 1984. évi tervének cimszerű felsorolásával és a témavezetők megnevezésével kívánom szemléltetni.

1. Felületi és határfelületi folyamatok kutatása; kataliziskutatás

Témacsoport-vezető: Paál Zoltán, a kémiai tudomány doktora, osztályvezető

2. Foto- és elektronakusztikus spektroszkópiai módszerek kidolgozása

Témacsoport-vezető: Lőrincz András tudományos munkatárs

3. Folyamatos acélöntés vizsgálata

Témacsoport-vezető: Lehofer Kornél, a műszaki tudomány kandidátusa, főosztályvezető

4. Szénpirolizis-kutatások

Témacsoport-vezető: György István, a kémiai tudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs

5. Másodlagos sugárzást kibocsájtó, zárt radioaktív források kutatása és fejlesztése

Témacsoport-vezető: Mangliár Ferenc fejlesztési főmérnök
Forster Tibor tudományos munkatárs

6. Jelzett prosztoglandinok kutatása

Témacsoport-vezető: Tanács Béla, tudományos munkatárs, csoportvezető
Mucha István tudományos munkatárs, csoportvezető

7. Atomerőművi üzemi paraméterek ellenőrző rendszerének fejlesztése

Témacsoport-vezető: Sipos Tamás osztályvezető-helyettes

8. Atomerőművi biztonsági segédtechnológiák fejlesztése

Témacsoport-vezető: Sipos Tamás osztályvezető-helyettes
Pandur János csoportvezető

9. Atomerőművi hulladékok kezelése

Témacsoport-vezető: Pavlik Oszkár osztályvezető-helyettes

10. Atomerőművi kiégett fűtőelemkötegek vizsgálata

Témacsoport-vezető: Veres Árpád, a fizikai tudomány doktora, igazgató
Lakosi László, a fizikai tudomány kandidátusa, osztályvezető-helyettes

11. Sugárvédelmi módszerek fejlesztése
Témacsoport-vezető: Golder Ferenc osztályvezető
12. A Balaton vízminőségének védelmével kapcsolatos izotóptechnikai kutatások
Témacsoport-vezető: Horváth László tudományos munkatárs, csoportvezető
13. Radiofarmakonok és "in vivo" diagnosztikai készletek kutatása-fejlesztése
Témacsoport-vezető: Szirtes László, a kémiai tudomány kandidátusa, laboratóriumvezető
14. "In vitro" radiofarmakonok és diagnosztikai készletek kutatása-fejlesztése
Témacsoport-vezető: Tóth Géza, a kémiai tudomány kandidátusa, osztályvezető
15. Kataliziskutatások
Témacsoport-vezető: Tétényi Pál, az MTA rendes tagja, tudományos tanácsadó
16. Reakciókinetikai vizsgálatok impulzusradiolizissel
Témacsoport-vezető: Földiák Gábor, a kémiai tudomány doktora, tudományos tanácsadó
17. Termolumineszcens kormeghatározás
Témacsoport-vezető: Benkő László tudományos munkatárs, csoportvezető
18. Növényi hozamfokozó szerek /regulátorok/, illetve herbicidek kutatása
Témacsoport-vezető: Szarvas Tibor osztályvezető
19. Nukleáris mérőberendezésekhez intelligens mérőterminálok kifejlesztése
Témacsoport-vezető: Pátkai György osztályvezető-helyettes
20. Magreakciók és alkalmazásaik kutatása, nukleáris anyagok roncsolásmentes vizsgálata
Témacsoport-vezető: Veres Árpád, a fizikai tudomány doktora, igazgató
21. Kutatásmódszertani és elméleti kémiai kutatások
Témacsoport-vezető: Szepesváry Pál, a kémiai tudomány kandidátusa, osztályvezető
22. Besugárzási technológiák fejlesztése
Témacsoport-vezető: Stenger Vilmos osztályvezető
23. Szervetlen radioaktív készítmények szintézise és analitikája
Témacsoport-vezető: Szirtes László, a kémiai tudomány kandidátusa, laboratóriumvezető
24. Szerves radioaktív készítmények szintézise és analitikája
Témacsoport-vezető: Bursics László, a kémiai tudomány kandidátusa, osztályvezető
25. Zárt sugárforrások kutatása és fejlesztése
Témacsoport-vezető: Mangliár Ferenc fejlesztő főmérnök

26. Fluoreszcencia-immunoassay /FIA/ kutatása
Témacsoport-vezető: Cserép György, a kémiai tudomány kandidátusa, csoport-vezető
27. Radiológiai technológiák és eszközök kutatása-fejlesztése
Témacsoport-vezető: Sipos Tamás osztályvezető-helyettes
28. Az ipari folyamatszabályozás nukleáris mérőeszközeinek kutatása és fejlesztése
Témacsoport-vezető: Rózsa Sándor osztályvezető
29. Ipari technológiai folyamatok vizsgálata és intenzifikálása
Témacsoport-vezető: Lehofer Kornél, a műszaki tudomány kandidátusa, főosztályvezető
30. Magfizikai és sugárfizikai módszerek és műszerek fejlesztése
Témacsoport-vezető: Lakosi László, a fizikai tudomány kandidátusa, osztályvezető-helyettes
31. Sugárvédelmi módszerek és műszerek fejlesztése
Témacsoport-vezető: Golder Ferenc osztályvezető
32. Hatósági feladatok
Zsinka László, műszaki igazgató
Biró Tamás, a fizikai tudomány kandidátusa, főosztályvezető

Az intézet szervezeti felépítése az alábbi:

1. Izotópkémiai főosztály
Vezető: Lengyel Tamás, a kémiai tudomány doktora
 - 1.1. Radiofarmakon-osztály
Vezetője: Tóth Géza, a kémiai tudomány kandidátusa
 - 1.2. Szerveskémiai osztály
Vezetője: Bursics László, a kémiai tudomány kandidátusa
 - 1.3. Izotópelőállító laboratórium
Vezetője: Szirtes László, a kémiai tudomány kandidátusa
2. Fizikai kémiai főosztály
Vezetője: Gucci László, a kémiai tudomány doktora
 - 2.1. Katalizisosztály
Vezetője: Paál Zoltán, a kémiai tudomány doktora
 - 2.2. Számítástechnikai osztály
Vezetője: Szepesváry Pál, a kémiai tudomány kandidátusa
 - 2.3. Sugártechnológiai osztály
Vezetője: Stenger Vilmos
 - 2.4. Spektroszkópiái önálló csoport
Vezetője: Mink János, a kémiai tudomány doktora

3. Fizikai főosztály

Vezetője: Biró Tamás, a fizikai tudomány kandidátusa

3.1. Magfizikai osztály

Vezetője: Biró Tamás, a fizikai tudomány kandidátusa

3.2. Sugárvédelmi osztály

Vezető: Golder Ferenc

3.3. Minőségellenőrző osztály

Vezetője: Szarvas Tibor

4. Izotópalkalmazási főosztály

Vezetője: Lehofer Kornél, a műszaki tudomány kandidátusa

4.1. Technológiai osztály

Vezetője: Lehofer Kornél, a műszaki tudomány kandidátusa

4.2. Nukleáris elektronikai osztály

Vezetője: Rózsa Sándor

5. Műszaki osztály

Vezetője: Udvarházi József

6. Beruházási és ellátási osztály

Vezetője: Répás László

7. Gazdasági osztály

Vezetője: Skála Vilmos gazdasági igazgató

8. Személyzeti és oktatási osztály

Vezetője: Farkas Tiborné osztályvezető

Az intézet továbbra is elsőrendű feladatának tekinti az izotópellátást, és hogy nemzetközi kooperációval magas szinten tartsa a hazai izotópalkalmazást, ezért a KGST-ben is szorgalmazza a termékszakosítást.

A kutatás színvonalának emelése érdekében széles körű nemzetközi együttműködés jött létre.

Az intézet eredményességének egy másik mérőszáma, hogy fennállása alatt kutatóink tollából több, mint 1500 közlemény látott napvilágot.

Számos elemzést végeztünk a legkülönbözőbb alkalmazások korszerűsítése céljából. Így például az utóbbi néhány évben elemeztük a radioimmun-analitikai /RIA/ eljárások, valamint a recetorassay iránti hazai igényt.

KÖVETKEZTETÉSEK, TÁVLATOK

A helyzetelemzéseket reprezentáló példák mellőzésével az alábbi általános megállapításokat tehetjük.

A részeredményeknek a gyakorlatba való bevezetése és a rutin alkalmazás fejlődése csak az orvostudomány és orvosi gyakorlat egyes területein tartha-

tó elfogadhatónak. Így pl. a neutronaktivációs elemzés még a tudományos laboratóriumokban sem honosodott meg a kívánt mértékben, nem is beszélve az iparról. Hasonlóképpen nem volt elég eredményes olyan radiometrikus módszerek bevezetése sem, mint pl. az izotópperjesztésű XRF-elemzés.

Az ipari gyakorlati alkalmazások számát tekintve az Izotópinvézet által elvégzett, közel 1500 kutatási és fejlesztési szerződéses munka becslésünk szerint 50%-át teszi ki az összes e területen folytatott hazai tevékenységnek.

Milyen tényezők gátolhatják az izotópalkalmazás általános elterjedését?

- a/ A radioizotópos technika nem önálló tudományág, hanem a kutatási és műszaki problémák megoldásának tudományos módszereken és felismeréseken alapuló eszköze. Egy, a gyakorlatban is használható módszer alkalmazása csak akkor kezdődhet meg, ha az előkészületek azt mutatják, hogy az eljárás az adott feladat legjobb, legolcsóbb vagy egyetlen lehetséges megoldását szolgáltatja. Aki tudja, hogy az ilyen új módszereknek a bevezetése mennyi céltudatos aprómunkát és a gyakorlatikövetelmények milyen gondos figyelembevételét követeli meg, érzékelheti, hogy az alkalmazás lehetőségeinek megteremtése során mennyi probléma és feladat vár megoldásra.
- b/ A vállalatok nem mondhatnak le gazdaságossági szempontjaikról, így azoknak a radioaktív izotópos módszereknek és készülékeknek a bevezetésére fordították figyelmüket, amelyeknél a ráfordítás és a bevétel arányban áll egymással. NSzK-beli értékelés szerint az USA-ban a kutatási eredmények gyakorlatba való átültetésében a kis vállalatok komoly eredményeket értek el, az NSzK-ban viszont, strukturális okok miatt /adó, pénzgazdálkodási szabályok stb./, nem. Hazánkban - kisvállalatok hiányában - helyesen azt a könnyebb megoldást választotta számos vállalat, hogy nem saját fejlesztői részleget hozott létre, hanem az intézettől rendelte meg a módszer kidolgozását, bevezetését és a szervizét is.

Az NSzK-hoz hasonlóan ránk is érvényes, hogy az izotóptechnikai eredmények gyakorlati bevezetése akkor volt hatásosabb, amikor nagyobb állami /erkölcsi és anyagi/ támogatást is élvezett. Ennek hiányában - főleg az ipari üzemek - az elavult módszereket alkalmazzák. Megfelelnek arról is, hogy a külön-külön kisebb súlyú eredmények összegződnek, és így a hatékonyság már a népgazdaság számára is észrevehető mértékben növekszik.

- c/ A kutatási eredményeknek a műszaki gyakorlatba való gyorsabb és hatékonyabb átültetéséhez szükséges, hogy ezt a tevékenységet alkalmazásorientáltabban irányítsák. A pénzügyi támogatást nyújtó szerveknek is tudniuk kell, hogy ez a fejlesztési munka gyakran sokkal eszközigenyesebb, mint a nem alkalmazásra irányuló kutatás, mivel a feladatnak költséges műszaki berendezések létrehozása is része.

Az izotópalkalmazás hazai távlatait illetően úgy vélem, hogy tovább fejlődik az arány gyógyászati és ipari alkalmazás között, az előbbi javára. Potenciális és még kevésbé feltárt terület az élelmiszergazdaság. Néhány tény arra utal, hogy ebben az irányban az intézet számára nyílik bizonyos lehetőség az izotópalkalmazás szélesebb körű bevezetésének előmozdítására.

AZ ALKALMAZÁSRA IRÁNYULÓ FEJLESZTÉS TÁVLATAI AZ IZOTÓPTECHNIKÁBAN

A fejlesztés lehetőségeit már ma is megteremtették az elektrotechnikának azon ágai, amelyek a szobahőmérsékleten is működőképes új sugárdetektorok és a mikroprocesszorok kifejlesztéséhez vezettek. Fejlődés várható az alábbi területen:

- olyan vizsgálati módszerek, melyeknél kis intenzitású neutronforrás alkalmazható, s a neutron befogásakor keletkező gamma-sugárzást detektálják;
- a gamma-spektrum elemzésén alapuló ipari folyamatvezérlés hűtés nélküli félvezető detektor felhasználásával;
- a 10-100 keV tartományú β - és γ -sugárzás visszaszóródása felhasználási lehetőségének bővülése, a mérés technológia optimalizálása, a mikroprocesszoros technika révén;
- dinamikus egyensúlyi állapotok vizsgálata az orvostudományban és a biológiában az elektron-pozitronpár szétsugárzása háromdimenziós leképezése segítségével. Ez a módszer a kémiai vizsgálatokban is új lehetőséget teremt, mivel a pozitron annihilációja segítségével számos gyors reakció, a porózus felületen adszorbeált anyagok /pl. katalizátorok/ tulajdonságai és szerves fémvegyületek viselkedése tanulmányozható;
- radioaktív sugárforrással gerjesztett röntgenfluoreszcenciás elemzés on-line üzemmódban.

Nyilvánvaló, hogy e felsorolt területek nem ölelik fel a perspektiva egészét, azonban a legdinamikusabban fejlődőkként ezek prognosztizálhatók.

Hiszünk abban, hogy az alapozó kutatások olyan új alkalmazási lehetőségeket tárhatnak fel, amelyek az izotópos kultúra színvonalának további emelését eredményezik.

*

A következő néhány cikk izotópelőállításunk helyzetét és legújabb eredményeit ismerteti. Az intézet 25 év alatt végzett munkájáról publikációink most elkészült jegyzéke és katalógusaink adnak teljesebb képet.

*

A magyar izotóptermeelés rövid története és távlatai. Az intézet szervezete és főbb témái.

ИНСТИТУТУ ИЗОТОПОВ - 25 ЛЕТ
Вереш, А.

Краткий обзор истории изотопной продукции в Венгрии и его будущие направления. Организация и главные темы Института.

ON THE 25th ANNIVERSARY OF THE INSTITUTE OF ISOTOPES
Veres, Á.

A short history and vistas of isotope production in Hungary. The structure and research projects of the Institute.

IZOTÓPTERMELÉS

Lengyel Tamás

Az MTA Izotózpintézete, Budapest, Pf.77, 1525

BEVEZETÉS

Ez a meglehetősen átfogó cím nem ennyire átfogó tartalmat takar, mivel egyes témáinkról külön ismertetést találhat az olvasó a következő oldalakon. Így kissé tovább időzöm e cikk tárgyánál.

Az izotóptermelésben bizonyos szakaszokat lehet megkülönböztetni, és végrehajtásuknak is több módja lehet. Nincs azonban általánosan vagy minde-
nütt érvényes szabály arra, miként kell azokat a problémákat megoldani, ame-
lyekkel a radiokémikus az izotóptermelés során szembe kerül; a szándék, az
eszköz és a követelmény nincs összhangban egymással, és az esetek többségé-
ben közbülső megoldással kell beérnünk. Bárhogy is álljon a dolog, a döntést
csak akkor vállalhatjuk nyugodt lelkiismerettel, ha valamennyi lehetőséget
megfontoltuk, s a legalkalmasabb mellett döntöttünk. Kis tulzással ezt a
döntést termelési stratégiának nevezhetjük. A következőkben intézetünk e
stratégiájáról lesz szó.

A BESUGÁRZÓ BERENDEZÉSEK

Az izotóptermelés a kellően megválasztott céltárgy besugárzásával kez-
dődik. Elvileg sok lehetőség között választhatunk, gyakorlatilag azonban
csak a reaktort és a ciklotront tekinthetjük elterjedt sugárforrásnak.

A ciklotron nagy üzemeltetési költsége tovább szűkíti az ígéretes beren-
dezések körét: a legtöbb országban az e célra létesített kutatóreaktor je-
lenti az egyetlen, de az aktiválásra még mindig jól használható forrást.

Habár napjainkban az izotópkalkalmazás fő iránya a viszonylag kis fele-
zési idejű radioizotópok felé tolódott el, az iparban, mezőgazdaságban és
gyógyászatban használt zárt sugárforrásokhoz olyan nuklidokra van szükség,
amelyeknek dózisteljesítménye viszonylag állandó.

Ha föltételezzük, hogy a termelő központ e tágabb értelemben vett fel-
használói igényt akarja kielégíteni, akkor meg kell teremtenünk mind a rö-
videbb, mind a hosszabb besugárzás lehetőségét.

A rövid besugárzást rendszerint úgy végzik, hogy a besugárzott céltár-
gyat a reaktor működése során veszik ki a besugárzó csatornából, a termelés
és szállítás rendjének megfelelően. Ekkor az indukált radioaktivitás hozamát
 $|A_2|$ az

$$S_1 \xrightarrow{\Phi, \sigma} R_2 \xrightarrow{\lambda_2} S_3$$

folyamatra felírt alábbi képlettel számíthatjuk ki, becquerelben:

$$(A_2)_T = 6,02 \cdot 10^{24} \frac{1}{A_1} \alpha_1 \sigma_1 M_1 \Phi \left[1 - \exp \frac{-0,69\tau}{T_2} \right] = (A_2)_\infty M_1 \Phi \left[1 - \exp \frac{-0,69\tau}{T_2} \right] \quad [1]$$

Hosszu besugárzás esetén másképp kell eljárunk. Mivel a legtöbb reaktor megszakításokkal üzemel /hétvégén vagy az üzemvitelbe beillesztett karbantartás miatt le-lezárják/, a hosszú besugárzást valójában szakaszos besugárzásnak kell tekintenünk. Erre az esetre képletünk módosítva igaz:

$$(A_2)_d = (A_2)_\infty M_1 \sum_{i=1}^n \Phi_i \left[1 - \exp \frac{-0,69\tau}{T_2} \right] \left[\exp \left(\frac{-0,69}{T_2} \right) \left(\sum_{j=1}^{n-1} t_j + \sum_{j=i+1}^n \tau_j \right) \right] \quad [2]$$

Nem tettünk eddig említést arról, milyen előny rejlik az aktivációs hatáskeresztmetszet energiatartományában.

Az aktivációs hatáskeresztmetszet táblázatos értékei általában a termikus, illetve gyors neutronokra vonatkoznak. Van azonban olyan neutronindukált reakció is, amelynek hatáskeresztmetszete nagyságrendekkel nagyobb, mint a termikusaké /az epitermikus energiatartományba esik/.

Ha a besugárzás helyét az aktív zónában vagy a reflektor közelében választjuk meg, hasznos lehet huzni az elégtelen moderálásból, a "parazita" epitermikus neutronfluxus növekedése révén. A fajlagos aktivitás növelésének ilyesféle módjaira ritkán gondolnak, pedig előnyös lehetőséget rejtenek magukban.

A CÉLANYAG MEGVÁLASZTÁSA ÉS ELŐÁLLÍTÁSA, BESUGÁRZÁS

Az izotóptermelés egyik kulcskérdése a legalkalmasabb célanyag kiválasztása. A döntést több tényező befolyásolja.

Az alapvető megfontolások az anyag hő- és sugárállóságára, könnyű és megfelelő feldolgozhatóságára és - ami nem hanyagolható el - tisztaságára és beszerezhetőségére vonatkoznak.

Általában kijelenthetjük, hogy ezeket a követelményeket mindenekelőtt úgy elégíthetjük ki, ha elemi célanyagot vagy oxidot használunk, amely szilárd alakban van.

E gondolatok csupán irányelvek, mivel pl. a ^{125}I termeléséhez nyomás alatti xenon gázt kell besugározni, és ezen kívül sok olyan eset van, amelyeknél nem használhatunk természetes izotópgyakoriságú célanyagot. Az ilyenekhez izotóposan dúsított anyagra van szükség, mivel másképp teljesíthetetlenek a radionuklidos tisztasággal, illetve fajlagos aktivitással szemben támasztott követelmények.

Két különleges eljárás térhet el ettől a gyakorlattól: a neutronnal indukált hasadási reakció és a Szilárd-Chalmers-folyamat, de ezek egészen más problémákat támasztanak, amelyek e különleges, nagyon érzékeny elválasztási módszerekkel járnak, és amelyek messze túlmutatnak e cikk keretein.

A célanyag tokozásának módszere rendszerint egyforma. Érdekes azonban néhány különlegesebbet megemlíteni. Ha a gyors neutronok hatását akarjuk kihasználni, és a termikus neutronok hatását vissza akarjuk szorítani, a célanyagot kadmiumfóliába csomagoljuk; ha viszont a célanyagot besugárzás alatt erősen kell hűteni, vagy nagy aktivitású, zárt sugárforrások előállítása a cél, különleges tokozásra van szükség.

Ezeket a megoldásokat azonban a gyakorlatban már széles körben használják.

A BESUGÁRZOTT CÉLANYAG FELDOLGOZÁSA

A besugárzás és bizonyos esetekben a rövid felezési idejű melléktermékektől való megszabadulást célzó külön hűtés után a feldolgozást olyan hamar kell megkezdeni, amilyen hamar csak lehet. Ez a fajlagos aktivitás lehető magas szinten való tartása szempontjából fontos - ez általában fellépő követelmény -, de néha azért is, hogy elkerüljük a radiolitikus bomlást.

A feldolgozás főképp megfelelő tisztításból /elválasztásból/ áll: a leggyakrabban a desztillálást /szublimálást/, extrakciót, ioncserét és lecsapást használják. Közös vonásuk, hogy rendszerint nyommenyiségű radioaktív anyagot kell szelektíven elválasztani inaktív vagy radioaktív közegből. Ez a megállapítás főképp rendszámváltozással járó magreakcióval kapott radionuklidok feldolgozására áll.

A radiokémiai elválasztásban használt e speciális munkafogások ma már jól ki vannak dolgozva, s bár a továbbfejlesztésükre tett erőfeszítés nem szűnik, nem várhatjuk, hogy a jelenleg már gyakorlatilag is használt technológiák alapvetően megváltozzanak, habár a termelők esetenként egymásé-
től kissé eltérő uton járnak.

Általánosságban kijelenthetjük, hogy a már elfogadott kísérleti eljárások között azokat tekinthetjük a legmegfelelőbbeknek, amelyek egyszerűségükön és szelektivitásukon felül kizárják, vagy legalább is csökkentik a radioaktív hulladék keletkezését és a sugárveszélyt.

CSOMAGOLÁS

A legtöbb radioaktív terméket - a zárt forrás kivételével - oldat alakjában adagolják. Ha a radioaktív koncentrációt helyesen állítottuk be, minőségellenőrzés után a termék szétmérhető, rendszerint távolból irányítható készülékekkel.

A többadagos vagy különleges mikroampullákat végül izotóptartóba, konzervdobozba vagy másfajta csomagolásba teszik, ugyancsak többé-kevésbé automatikus eszközökkel.

Az MTA Izotóptintézete által előállított jelentősebb radioaktív anyagok előállításának módjáról ad rövid és tömör tájékoztatást az 1. táblázat.

1. táblázat

Az MTA Izotóptintézetében előállított főbb radionuklidok és jelentősebb adataik

Более значительные радионуклиды, полученные в Институте изотопов ВАН и их главные данные

The more important radionuclids, produced in the Institute of Isotopes of the HAS and their basic data

Radio-nuklid	Magreakció	Célanyag	Feldolgozás	Megjegyzés
^{24}Na	(n, γ)	Na_2CO_3	feloldás HCl-ben	-
^{32}P	(n, p)	MgSO_4 S	ioncsere+kicsapás C_2Cl_6 felold. + vizes extrakció	hordozómentes
^{42}K	(n, γ)	K_2CO_3	feloldás HCl-ben	
^{51}Cr	(n, γ)	BaCrO_3	ioncsere	^{50}Cr -ban dúsított célanyag
^{60}Co	(n, γ)	Co	tokozás, argonives hegesztés	zárt forrásként
^{64}Cu	(n, γ)	Cu	feloldás HCl-ben	
^{65}Zn	(n, γ)	Zn	feloldás HCl-ben	
^{82}Br	(n, γ)	BaBr_2	ioncsere	
^{86}Rb	(n, γ)	Rb_2CO_3	feloldás HCl-ben	
^{90}Y	(n, γ)	Y_2O_3 rud	-	
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	(n, γ) $\xrightarrow{\beta}$	titánmolib- denát	szublimálás	hordozómentes
^{125}I	(n, γ) $\xrightarrow{\text{EC}}$	nagynyomású Xe	feloldás NaOH-ban+sa- vas desztillálás	hordozómentes
^{131}I	(n, γ) $\xrightarrow{\beta}$	TeO_2	szublimálás v. "nedves" deszt.	hordozómentes
^{131}Cs	(n, γ) $\xrightarrow{\text{EC}}$	BaCO_3	feloldás + ioncsere	hordozómentes, fel- dolg. előtt hűtés
^{169}Yb	(n, γ)	Yb_2O_3	feloldás + komplex- képzés	^{168}Yb -ban dus. cél- anyag
^{192}Ir	(n, γ)	Ir lapkák	tokozás, argonives hegesztés	zárt forrásként
^{198}Au	(n, γ)	Au	feloldás királyviz- ben, redukálás, kol- loidképzés	besug. kis fluens- teljesítménnyel
^{203}Hg	(n, γ)	HgO	feloldás HCl-ben	

A magyar izotóptermelés alapelvei.

ПРОИЗВОДСТВО ИЗОТОПОВ

Лендьел, Т.

Научно-технические основы изотопной продукции в Институте изотопов.

PRODUCTION OF ISOTOPES

Lengyel, T.

The philosophy of isotope production in the Institute of Isotopes.

TECHNÉCIUMTERMELÉS

Zsinka László

Az MTA Izotópinintézete, Budapest, Pf.77, 1525

BEVEZETÉS

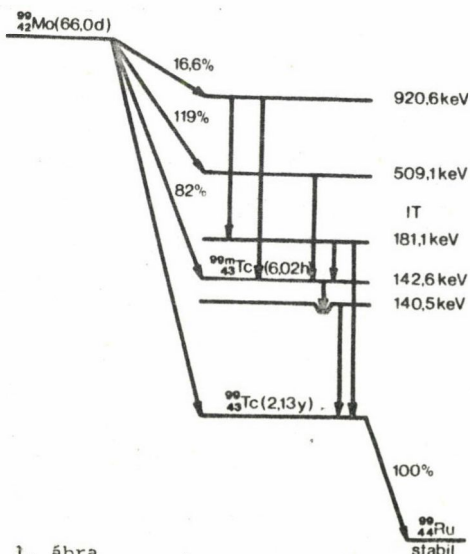
A periódusos rendszer 43. helyét elfoglaló technéciumot 1937-ben fedezték föl. Az első, mesterségesen előállított elem lévén, bizonyos fokig tudományos furcsaságnak számított hosszú évekig. Ujabban, értékes tulajdonságai miatt, fontos anyagává vált az acéliparnak és az orvosi diagnosztikának.

Eddig 21 technéciumizotópot találtak. Felezési idejük a ^{110}Tc kevesebb, mint egy másodpercétől a ^{99}Tc több mint négy millió évig terjedő széles skálán mozog, s egyiküknél, a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -nél, e jó tulajdonságok olyan ritka találkozásának lehetünk tanúi, amely a nukleáris medicinában kidolgozott és kidolgozás alatt álló szervleképző eljárások eszményi eszközévé teszi.

Miért oly népszerű a ^{99}Tc a nukleáris medicinában?

A $^{99\text{m}}\text{Tc}$ TULAJDONSÁGAI

A $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$ generátorrendszer bomlásszémáját az 1. ábra mutatja.



1. ábra

A ^{99}Mo bomlási szémája

Схема распада ^{99}Mo

Decay scheme of ^{99}Mo

Látható, hogy

- a 140 keV-es energia jó feloldást és hatásfokot ad, megfelelő kollimátorral. Ilymódon a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ még nagyon mélyen fekvő szövetben is kimutatható;
- nincs bétaemisszió;
- a hatórás felezési idő megengedi, hogy nagy aktivitást anélkül lehessen beadni, hogy a beteget túl nagy sugárdózisnak tennénk ki;
- a ^{99}Mo anyaelem felezési ideje /66 óra/ elég hosszú ahhoz, hogy szállítható legyen;
- megfelelő kémiai alakban alkalmas a különféle szervek leképzésére.

Ezen tények ellenére hangsúlyoznunk kell, hogy a technécium kémiáját még nem ismerjük elég jól, és a különféle oxidációs állapotok nehézséget okoznak bizonyos vegyületek jelzésénél.

A GENERÁTORELV

A ^{99}Tc a ^{99}Mo bomlása során keletkezik. Az anya- és a leányelem közti kapcsolat olyan, hogy generátorrendszernek használhatók.

A generátorelv megértéséhez fontos a keletkezés és bomlás kinetikájának ismerete. Az egyszerű radioaktív bomlás törvénye a következő:

$$\frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1$$

vagy atomszám helyett radioaktivitási egységben kifejezve

$$(A_1)_t = (A_1)_0 e^{-\lambda_1 t}$$

ahol $(A_1)_t$ az anyaelem radioaktivitása t időpontban, λ_1 az anyaelem bomlási állandója és

$$(A_2)_t = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (A_1)_0 \left(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t} \right) + (A_2)_0 e^{-\lambda_2 t},$$

ahol $(A_2)_t$ a leányelem radioaktivitása t időpontban és λ_2 a leányelem bomlási állandója. Ha az anyaelem bomlási állandója kisebb, mint a leányelemé, az anyaelem gyorsan leányelemre bomlik, átmeneti egyensúly áll be azután, miután a leányelem aktivitása eléri maximumát. A ^{99m}Tc aktivitása nem éri el a ^{99}Mo -ét, mivel a ^{99}Mo 87,5%-a bomlik ^{99m}Tc -ra.

Ha $(A_2)_0 = 0$ -t helyettesítünk a képletbe $t = 0$ -kor, könnyen kiszámítható az a t idő, amely alatt a leányelem maximális aktivitását eléri:

$$t_{\max} = \frac{2.302}{\lambda_2 - \lambda_1} \lg \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

vagy

$$t_{\max} = 3.322 \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} \lg \frac{T_1}{T_2}$$

ahol T_1 az anyaelem, T_2 a leányelem felezési ideje.

A ^{99m}Tc -nál ez az idő 22,39 óra. A bomlási és keletkezési görbe a 2.

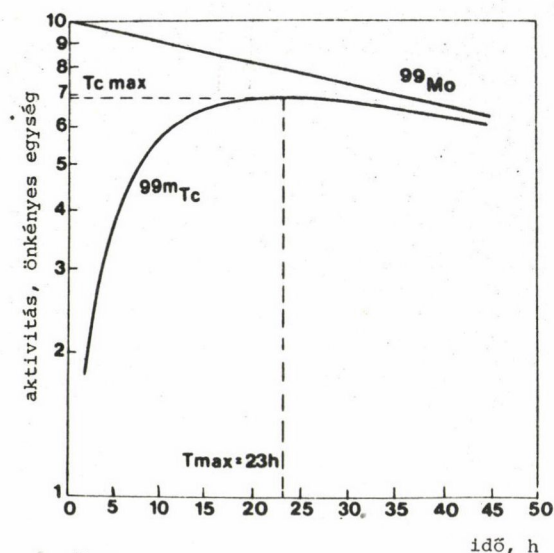
ábra. Látható, hogy öt óra múlva a ^{99m}Tc -nek több mint fele már összegyűlt a következő fejéshez. Ez igen előnyös a felhasználó számára.

A ^{99}Mo TERMELÉSE

A ^{99m}Tc -ot a ^{99}Mo -ból több módszerrel választhatjuk el, s a döntés a ^{99}Mo előállítás módjától és minőségétől függ.

Molibdén-99-et két forrásból kaphatunk: reaktorban, az ^{235}U hasadási termékeként, és a stabilis ^{98}Mo egyszerű neutronaktiválásával.

A hasadvány ^{99}Mo előállítása és más hasadványizotópoktól /pl. ^{85}K , ^{90}Sr , ^{99}Mo , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{133}Xe és ^{137}Cs /

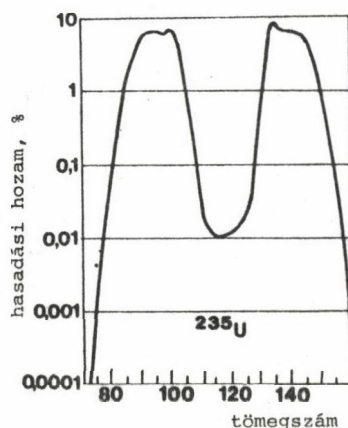


2. ábra

A ^{99}Mo és ^{99m}Tc bomlási, illetve keletkezési görbéje

Кривые распада и нарастания ^{99}Mo и ^{99m}Tc
Growth and decay of ^{99}Mo - ^{99m}Tc

való megtisztítása nagyon bonyolult és költséges feldolgozó üzemet és nagyon gondos munkát igényel, hogy elkerülhessük a fent felsorolt hasadási termékekkel és a nagyon mérgező, α -kibocsátó transzurán elemekkel való szennyezését. A százalékos hasadási hozamnak a ^{235}U hasadása során kapott termékek tömegszámától való függését a 3. ábra mutatja.



3. ábra

A százalékos hasadási hozam a tömegszám függvényében, ^{235}U hasadásából kapott termékekénél

Выход продуктов деления в процентах в зависимости от массового числа для продуктов деления ^{235}U

Percent fission yield as a function of mass number for products obtained by fission of ^{235}U

Van egy fontos különbség a hasadási és az (n, γ) reakcióval létrehozott ^{99}Mo között: az előbbinek nagyobb a fajlagos aktivitása /kb. $10^4 \text{ Ci} \cdot \text{g}^{-1} \text{ Mo}$ /.

A $^{235}\text{U}(n, f)^{99}\text{Mo}$ reakció hasadási hozama 6,1%. A ^{99}Mo nem hordozómentes, mivel a hasadás során egyéb molibdénizotópok is keletkeznek.

A hasadvány molibdén előállítására többféle célanyagot használhatunk, és a választást jól meg kell fontolnunk, a nukleáris hevítés hatása miatt. A neutronbesugárzásos molibdén a $^{98}\text{Mo}(n, \gamma)^{99}\text{Mo}$ reakció révén keletkezik. E termikus neutronaktiváció hatáskeresztmetszete 0,14 barn. Nagy fluensteljesítményű reaktorban a természetes molibdénből kapott ^{99}Mo fajlagos aktivitása $1 \text{ Ci } ^{99}\text{Mo}/\text{g Mo}$ nagyságrendű lehet, dusított ^{98}Mo -nál pedig akár nyolcszor ek-

kora, a dusítás fokától és az effektív hatáskeresztmetszet változásától függően.

A legelterjedtebben a molibdéntrioxidot és elemi molibdént használják célanyagként. A besugárzott anyag kémiai kezelése általában feloldásból és savas kezelésből áll. A szublimációs elválasztásra szánt besugárzott célanyagot viszont nem kell kémiailag kezelni.

ELVÁLASZTÁSI ELJÁRÁSOK

Az utóbbi husz évben a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ és vegyületei hasznosításának gyors növekedése elválasztási módszereinek fejlődéséhez is vezetett. A gyakorlatban a kromatográfiás, a szublimációs és az oldószeres extrakciós módszert használják.

A KROMATOGRÁFIÁS GENERÁTOR

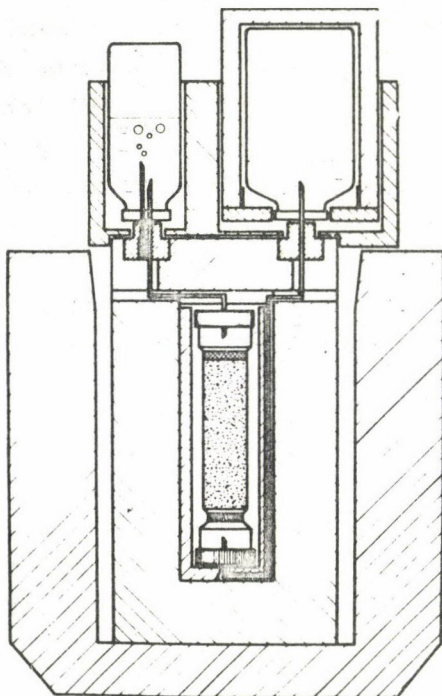
Ez a legelterjedtebb elválasztási eljárás a technéciumgenerátor előállításában, amelyet 1957-ben a Brookhaven National Laboratoryban dolgoztak ki,

felhasználva a molibdát és pertechnetát megosztlási hányadosának alumínium-oxidon mutatott jelentős különbözőségét. A technéciumot fiziológias oldattal mossák le az alumíniumoxiddal töltött oszlopról; az alumíniumoxidra előzőleg ^{99}Mo -t adszorbeáltatnak, 4,5-nél kisebb pH-n. Napjainkban a legjobb alumíniumoxid adszorbenst 400° -on végzett hőkezeléssel és hígított sósavas kezeléssel állítják elő. Adszorpciós kapacitása $20 \text{ mg Mo g}^{-1} \text{ Al}$, 4,5-nél kisebb pH-n.

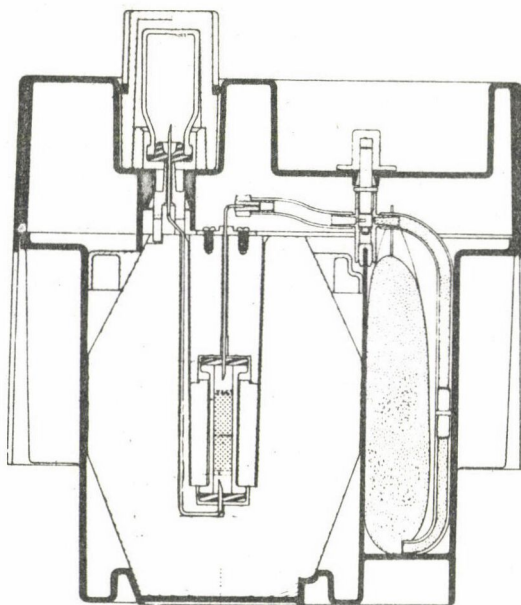
Más kromatográfiás generátoroknál cirkóniumhidrátot, mangándioxidot és szilikagélt használnak adszorbensnek. Az ilyen generátorokat még nem, vagy csak csekély mértékben használják a gyakorlatban, mivel az eluált $^{99\text{m}}\text{Tc}$ nem alkalmas közvetlenül, további kémiai művelet nélkül, azonnal injekciónak.

Az alumíniumoxidot használó generátorok működését nagyon alaposan megvizsgálták: például az alumíniumágy méretének az eluált $^{99\text{m}}\text{Tc}$ koncentrációjára gyakorolt hatását, az alumínium koncentrációját az eluátumban; az eluciós hatásfokot; az eluátum hasadványtermékkel való szennyezettségét; radionuklidos, radiokémiai, kémiai és biológiai tisztaságát; az eluátum radiolízisét.

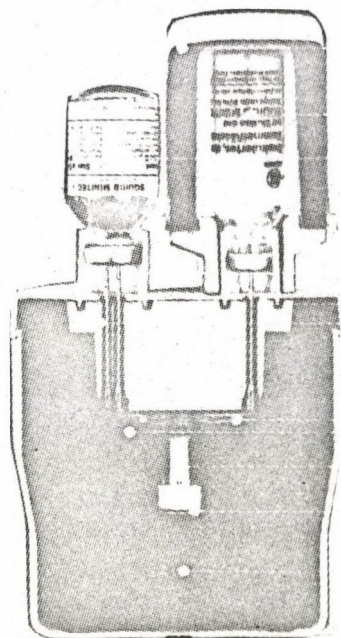
A 4-6. ábra néhány steril generátort mutat be. Az irodalomból megállapítható, hogy a kromatográfiás generátor van a legjobban bevezetve a gyakorlatban. Igaz ugyan, hogy a $^{99\text{m}}\text{Tc}$ bomlásának radiolitikus hatása komoly nehézsé-



4. ábra
Steril kromatográfiás generátorfajta
Стерильный хроматографический генератор
A sterile chromatographic generator



5. ábra
Egy másfajta steril, kromatográfiás generátor
Другой тип стерильного хроматографического генератора
Another version of a sterile chromatographic generator



6. ábra

Egy harmadik fajta steril, kromatográfiás generátor

Третий тип стерильного хроматографического генератора

A third version of a sterile chromatographic generator

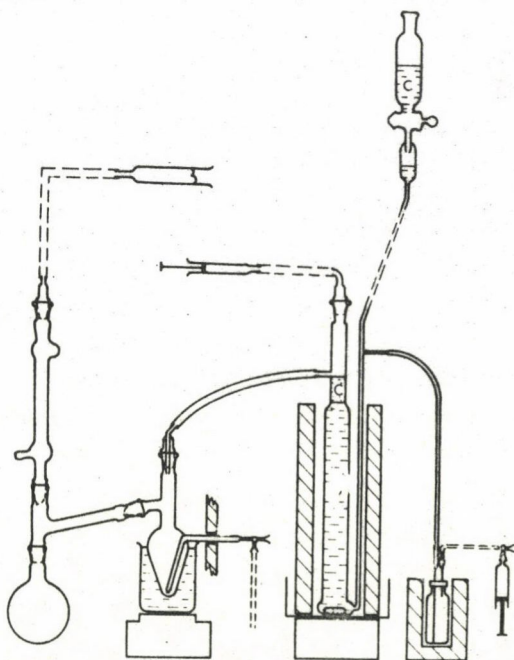
get jelent, ha a radiodiagnosztikus készleteket nagyobb tömegben állítják elő, s felhasználás előtt órákig hagyják állni, de ezt a hatást oxigénmentes sóoldat, megfelelő antioxidáns vagy a ^{99m}Tc -eluátum peroxidtartalmának hevítéses lebontása révén csökkenteni lehet.

AZ EXTRAKCIÓS GENERÁTOR

Azon számos szerves rendszer közül, amelyben a pertechnetát alakú ^{99m}Tc -ot alkálikus oldatból extrakcióval lehet elválasztani, a metiletilketon /MEK/ az, amelyiket a leggyakrabban használják. E módszer alkalmas nagy koncentrációju ^{99m}Tc kis fajlagos aktivitásu ^{99}Mo -ból végzett előállítására /7. és 8. ábra/.

A SZUBLIMÁCIÓS GENERÁTOR

Perrier és Segré a molibdént és a technéciumot oxidjaik eltérő illékonyága alapján választotta el, 800-850°C-on, oxigénáramban.

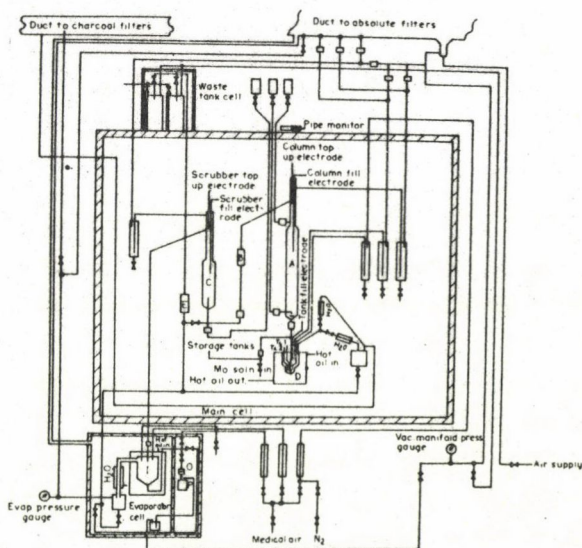


7. ábra

Oldószeres extrakciós generátor

Генератор на экстракции растворителем

A version of a solvent extraction generator



8. ábra

Egy másfajta oldószeres extrakciós generátor

Другой тип генератора на экстракции растворителем

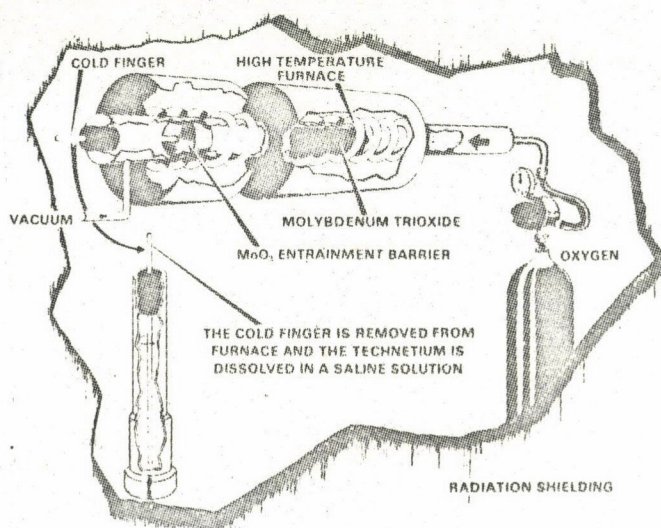
Another version of a solvent extraction generator

1974-ig a célanyag molibdénoxid volt. Mi új célanyagot találtunk szublimációs elválasztáshoz, de mielőtt ismertetnénk, Boyd nyomán hasonlitsuk össze a különféle ^{99m}Tc -generátorokat /1. táblázat/.

Látható, hogy a szublimálás és az extrakció alkalmas a kis fluensteljesítményű reaktorban is előállítható, olcsó, kis fajlagos aktivitású ^{99}Mo elválasztására, s bár a kromatográfiás generátor a legelterjedtebb, a legjobb terméket mégis szublimálással állíthatjuk elő.

Napjainkig azonban a szublimálás azzal a hátránnyal járt, hogy a ^{99}Mo és ^{99m}Tc elválasztását kis nukleáris orvosi laboratóriumban nem tudták megoldani.

A ^{99m}Tc -nak a $^{99}\text{MoO}_3$ -tól való szublimációs elválasztását még Lucas Heightsben kidolgozták néhány tíz curie aktivitású technécium elválasztására /9. ábra/. E módszer fő hátránya azonban a kis elválasztási hatásfok és az, hogy az ismételt fejések során a hozam csökken.



9. ábra

Az Australian Research Establishment szublimációs generátora
 Сублимационный генератор Исследовательского центра Австралии
 The sublimation generator of the Australian Research Establishment

Mi a generátor kidolgozását 1974-ben kezdtük meg. Indítóokunk az volt, hogy csak viszonylag kis neutronfluens-teljesítményű kutatóreaktorral tudunk izotópot előállítani. A szublimáció mellett azért döntöttünk, mert reméltük, hogy hátrányait sikerül kiküszöbölnünk, de legalábbis csökkentenünk. Olyan célanyaggal akartuk helyettesíteni a MoO_3 -at, amelynek jelentős molibdéntartalma van, és amelyben a technéciumheptoxid szublimációs hőmérsékletén, 311°C -on olyan reverzibilis fizikai vagy kémiai folyamat megy végbe, amely segíti a Tc_2O_7 szublimációját, s ezzel növeli az elválasztás hatásfokát, a fejést pedig többször megismételhetővé teszi. Ha ez sikerül, az elválasztás hőmérséklete távol lehetne a MoO_3 szublimálási hőmérsékletétől / 780°C / . További követelmény, hogy az új célanyag vegyületeiben lévő egyéb elemek olyan radionuklidokat adjanak, amelyeknek felezési ideje a reaktorbesugárzás után nagyon kicsi.

1. táblázat

A ^{99m}Tc -generátorok összehasonlítása /Boyd, R.E., Radiochimica Acta 30 /1982/ 123/

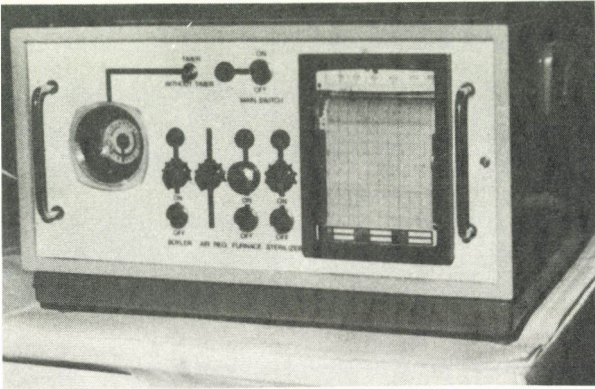
Сравнение генераторов ^{99m}Tc

Comparison of ^{99m}Tc generators

	Természetes molibdénből (n,γ) reakcióval előállított ^{99}Mo -t tartalmazó, kromatográfiás generátor	Hasadóanyag ^{99}Mo -t tartalmazó, kromatográfiás generátor	Természetes Mo-ból (n,γ) reakcióval előállított ^{99}Mo -t tartalmazó, szublimációs generátor	Természetes Mo-ból (n,γ) reakcióval előállított ^{99}Mo -t tartalmazó, oldószeres extrakciós generátor
Előny	Egyszerű előállítás, csak olcsó, kis fajlagos aktivitású ^{99}Mo -t igényel, a hozamot nem korlátozza jelentős hulladékkezelési probléma, egyszerűen kezelhető és hordozható, a ^{99m}Tc -ot nagy hatékonysággal választja el.	A hordozómentes ^{99}Mo használata miatt kicsi generátor használható, nemcsak a ^{99m}Tc legnagyobb radioaktív koncentrációját biztosítja, hanem csökkentett tömegű sugárvédelmet is megenged.	Csak olcsó, kis fajlagos aktivitású ^{99}Mo -t igényel, kémiai feldolgozás nem szükséges, alkalmas kilocurie mennyiség előállítására is, kémiai szennyezőktől mentes termék, könnyű nagyon nagy radioaktív koncentrációt elérni, nagy radioizotópos tisztaság, alacsony ár /mCi ^{99}Tc -ra vetítve/	Csak olcsó, kis fajlagos aktivitású ^{99}Mo -t igényel, mérete kiváncsólom szerint növelhető vagy csökkenthető, a ^{99m}Tc nagy radioaktív koncentrációja, nagy radioizotópos tisztaság, nagy elválasztási hatékonyság, alacsony ár /mCi ^{99m}Tc -ra vetítve/.
Hátrány	Nagy méretű Al-oxid oszlopot igényel a kis fajlagos aktivitású ^{99}Mo miatt, gyenge eluciós profil, nagy eluátumtérfogat.	A termelőüzem nagy állóeszköz-beruházási költsége, speciális problémák a gázneutri hasadási termékek és az ebből eredő környezeti veszély folytán, bonyolult feldolgozási óvintézkedések a ^{99}Mo hasadási termékkel és transzurán elemmel való szennyezésének elkerülésére, az egyéb hasadási termékek kezelési problémái, magas ár /mCi ^{99}Tc -ra vonatkoztatva/.	Még ki kell dolgozni a kis nukleáris orvosi laboratóriumokban alkalmazható változatot, kis elválasztási hatékonyság /25-50%/, speciálisan programozott előállítási ciklusok a hatékonyság további romlásának megakadályozására.	Bonyolult a készülék, nagyon jól be-tanított kezelőszemélyzet szükséges, tűzveszélyes lehet a metil-etil-ke-ton-gőz miatt, a ^{99m}Tc -oldatban lévő szerves polimer-maradványok lehetséges zavaró hatása, amely a jelzési reakció folyamán nem-kívánatos változást idézhet elő a bio-lógiai tulajdonságokban.
Kilátások	Nem Al-oxid oszlop kifejlesztésére van szükség a generátor méretének csökkentése végett.	Bár ezt a generátorfajtát jelenleg széles körben használják, hátrányai alternatív megoldások keresésére ösztönöznek. Azt jósolják, hogy a hasadóanyag ^{99}Mo -t tartalmazó generátort az (n,γ) reakcióval előállított ^{99}Mo -t tartalmazó, továbbfejlesztett típusok fogják felváltani.	Bár kivételesen jó minőségű ^{99m}Tc előállítására alkalmas, nem használható ki teljesen, amíg a mennyiségi teljesítmény jellemzőit nem javítják. Továbbfejlesztési szükség-ség.	Korlátozottak, ha a szerves maradványok problémáját nem oldják meg.

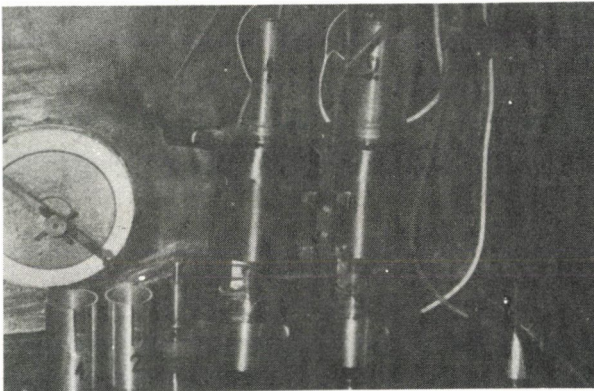
Az e követelményeket kielégítő célanyagot titánium és molibdén vegyületeiben találtuk meg. Az elválasztás hatásfoka 20-50%-ról 40-60%-ra nőtt; míg molibdéntrioxid használatánál a szublimálás hőmérséklete /780°C/ körül kell az elválasztást végrehajtani, az új célanyagnál mindössze 380°C-on.

Az új anyagra alapozott elválasztási technológiával 1976 óta látjuk el Budapest kórházait azonnal felhasználható technéciummal /10-12. ábra/.



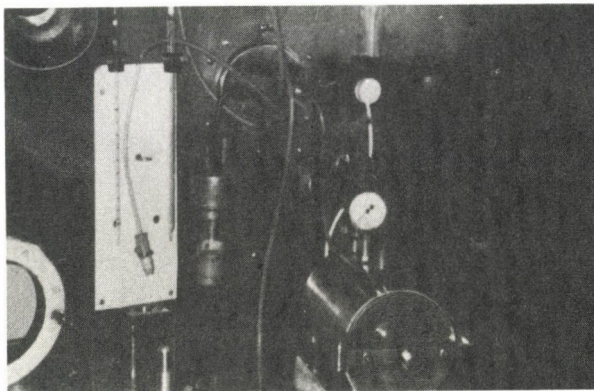
10. ábra

Az elektromos vezérlőegység
Устройство электрического управления
The electric control unit



11. ábra

A generátor
Генератор
The generator



12. ábra

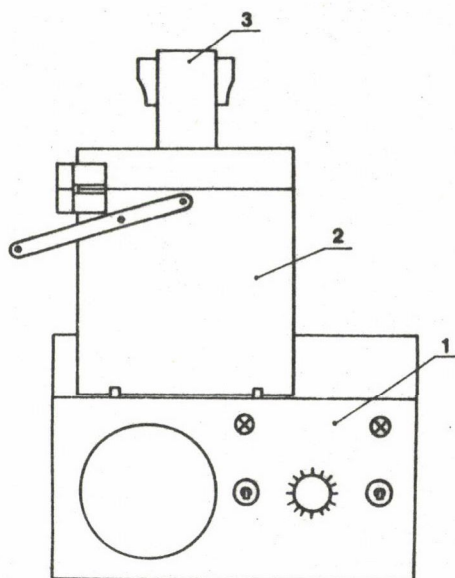
Az adagoló és sterilizáló egység
Устройство для дозирования и стерилизации
The dispensing and sterilizing unit

A termelés teljesen automatikus, a kezelőszemélyzetnek mindössze a radiometrikus ellenőrzési higitást és az adagolást kell végrehajtania, ami összesen alig egy óra, 15-20 budapesti felhasználó pedig már reggel megkaphatja a ^{99m}Tc -ot.

$2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ neutronfluens-teljesítménnyel 90 órán át végzett besugárzás révén e generátorral 100-150 GBq ^{99m}Tc állítható elő.

Két éve láttunk neki, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség koordinált kutatási programjának keretében, hogy e központi, azonnal felhasználható technéciumot adó eljárást kórházi laboratóriumok méretéhez illesszük. Célunk volt, hogy az új generátor olyan egyszerű legyen, amilyen a kromatográfiás. A szublimáció, ellentétben a kromatográfiával és az extrakcióval, kémiailag nagyon egyszerű folyamat, ennek következtében a hordozható generátornak műszakilag is sokkal egyszerűbbnek kell lennie amazoknál. A kutatás célja a legmegbízhatóbb elválasztási hozam biztosítása volt.

Szublimációs generátorunk vázlatát a 13. ábra mutatja. Az a készülék, amelyben maga az elválasztás folyik, három részből áll: a szabályzó és vezérlőegységből, a hordozható generátorból, benne a ^{99}Mo -nal /14. ábra/ és $^{99\text{m}}\text{Tc}$ gyűjtésére szolgáló, steril liofilizáló üvegből, hengeres ólomvédelemben.

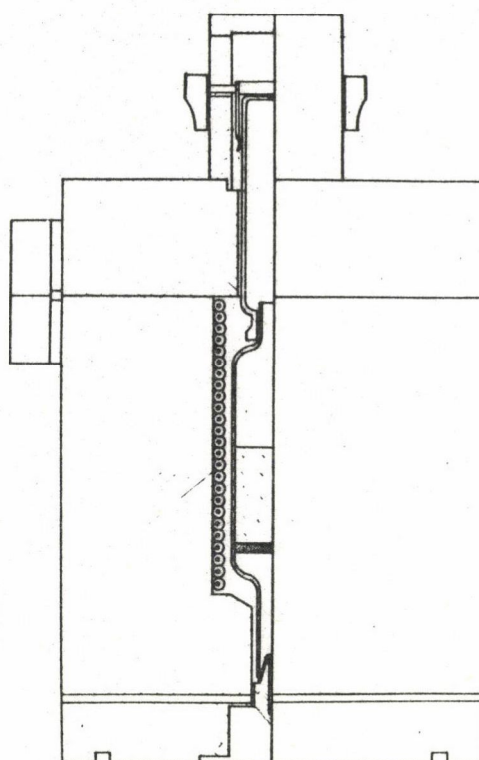


13. ábra

Szublimációs generátor kórház "azonnali" technéciummal való ellátására
1 - szabályzó és vezérlőegység; 2 - hordozható generátor; 3 - steril gyűjtő liofilizáló üveg ólomvédelemmel

Сублимационный генератор для снабжения больниц "немедленным" технецием
1 - устройство контроля и управления; 2 - переносный генератор; 3 - стерильный ампул для технеция со свинцовой защитой

Our sublimation generator for hospitals as an "instant technetium" system
1 - regulator and control unit; 2 - portable generator; 3 - sterile collector vial with lead shielding



14. ábra

A hordozható generátor
Переносный генератор
The portable generator

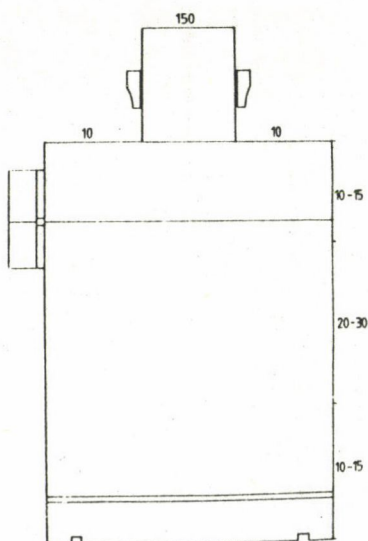
Szabályzó és vezérlőegység

Az egység a hőmérsékletet az elválasztás számára optimális hőfokon tartja, $\pm 5^\circ\text{C}$ pontossággal; kellő páratartalmu levegőáramot szolgáltat, és óraműkapcsolóval irányítja az automatikus működést. A 220 V-os hálózati feszültséget, balesetvédelmi célból, 48 V-ra redukálja.

A hordozható generátor

Az ólomvédelmen belüli fűtőtest melegíti a generátoredényben lévő ^{99m}Tc -t. Az ólomtartó fenekén vastag alumíniumlemez található, amelyben a generátor és a vezérlőegység csatlakozása foglal helyet. A generátor fedőlemezén nyílás van, amelyen át a radioaktív célanyagot tartalmazó edényt lehet beilleszteni, de ezen keresztül folyik maga a szublimálás is. A generátor felső részét ütközésig el lehet forgatni; ebben a helyzetében a gyűrű zárja a generátoredény fölötti nyílást.

Szállítás közben a középső nyílást ólomvédelem zárja. A generátor dózistérképét a 15. ábra mutatja.



15. ábra

A generátor dózistérképe mR/h-ban, 7,4 GBq ^{99}Mo esetén

Распределение доз генератора в mR/h, в случае 7,4 GBq ^{99}Mo

The dose map of the generator in mR/h with 7.4 GBq ^{99}Mo

A steril felfogó liofilizáló üveg, hengeres ólomvédelemmel

Steril liofilizáló üveget helyezünk fejjel lefelé az ólomtartóba, majd leengedjük a fedőlemez nyílásán. A generátor ezzel kész a fejesre. A fejes befejezése után az üveget felemeljük az ólomtartóban, majd, a tartót asztalra helyezve, steril gumidugóval lezárjuk, és a felső ólomvédelem ráhelyezése után steril fiziológiás oldatot fecskendezünk az üvegbe. Az oldatot felrázzuk az üvegben, aktivitását mérjük. A kívánt mértékű higitás után az injekció felhasználásra kész.

A generátorral maximálisan 30 GBq ^{99m}Tc aktivitás állítható elő. 203 fejes átlaghozama 50,25% volt. A ^{99m}Tc -oldat radioizotópos szennyezettsége minden esetben $1 \cdot 10^{-4}$ és $2 \cdot 10^{-3}$ közé esett, ^{82}Br -tartalma pedig kevesebb volt, mint $10^{-5}\%$, de más elemből sem tartalmazott $10^{-5}\%$ -nál többet. A termék $[\text{TcO}_4]$ radiokémiai tisztasága 98,1 és 99,8% közt mozgott. A vizsgált készítmények kielégítően sterilek és pirogénmentesek voltak.

A generátor továbbfejlesztése folyamatban van. Elsődleges célunk biztonságosan üzemelő, viszonylagosan állandó elválasztási hatásfokot biztosító generátor előállítás. Fontos továbbfejlesztési cél a szállítható generátor súlyának csökkentése is.

*

Összefoglalva: ezen új, szublimációs generátor bevezetésével lehetővé vált, hogy hasadvány ^{99}Mo nélkül is megfelelő minőségű $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -injekció álljon az orvosi laboratórium rendelkezésére.

*

Az új, szublimációs technéciumgenerátor és előnyei a többi típussal szemben.

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕХНЕЦИЯ

Жинка, Л.

Описание нового сублимационного генератора технеция и его преимущества перед другими типами генераторов.

PRODUCTION OF TECHNETIUM

Zsinka, L.

On a new sublimation technetium generator and its advantages over other generator types.

A TECHNÉCIUM-99_m DIAGNOSZTIKAI FELHASZNÁLÁSA

Törkő János

Az MTA Izotópinintézete, Budapest, Pf.77, 1525

A radioizotópos diagnosztika 1947-ben, a szcintillációs detektor megszerkesztésével kezdődött /Brosser-Kallman/, és a "pásztázó" /scanner/ /1951/ és a szcintillációs kamera /Anger, 1958/ kidolgozásával folytatódott. E két detektorrendszerrel lehetővé vált a szervezetbe juttatott izotóp eloszlásának képi formában való megjelenítése. A komputertechnika és a gammakamera összekapcsolása új távlatokat nyitott a nukleáris medicinában /dinamikus vizsgálatok/.

A 60-as években a ¹³¹I volt a legáltalánosabban alkalmazott izotóp a nukleáris medicinában. "Univerzális" jelzőnuklidként alkalmazták hormonok, proteinek és egyes szervekben szelektíven koncentrálnódó vagy kiválasztódó organikus vegyületek jelzésére /HSA, fibrinogén, ortojódhippurát stb./. Alkalmazása során azonban mindinkább nyilvánvalóvá vált, hogy kedvezőtlen nukleáris paraméterei /hosszu felezési idő, β-sugárzás/ in vivo alkalmazásának korlátokat szabnak.

Jelenleg a ^{99m}Tc tekinthető a humán in vivo diagnosztika ideális izotópjának, rövid felezési ideje, jó detektálhatósága és a kis dózisterhelés következtében. Másik előnye, hogy izotópgenerátorból a felhasználás helyén előállítható.

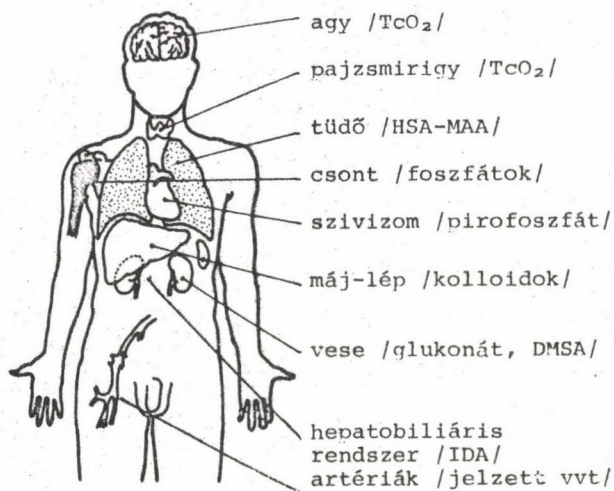
A generátorból "fejt" ^{99m}Tc pertechnetát formában - ami egyébként a legstabilabb kémiai forma - az agy és a pajzsmirigy vizsgálatára alkalmas.

A ^{99m}Tc orvosi felhasználásában 15 évvel ezelőtt új fejezet kezdődött, amikor felfedezték, hogy biológiailag aktív molekulákhoz köthető. A technéciumkémiaiban elért új eredmények alapján nyilvánvalóvá vált, hogy jelzési célra a pertechnetátot alacsonyabb oxidációs fokú kationná kell alakítani. Redukálószerként számos vegyületet próbáltak ki /vas(II)-ion, aszkorbinsav nátrium-borohidrid, ón(II)-klorid stb./. Napjainkban csaknem kizárólag az ón(II)-kloridot alkalmazzák, különféle organoszelektív vegyülettel kelatálva. E komplexek injekciókészítésre alkalmas kiszerezésben, steril formában, általában liofilizálva kerülnek forgalomba.

A ^{99m}Tc-mal való jelzést a kórházi izotóplaboratóriumban, közvetlenül a felhasználás előtt végzik el. A jelzés nagyon egyszerű: az ampullában lévő liofilizátumot steril pertechnetát-oldattal feloldják. A jelzés gyakorlatilag teljes, néhány perc alatt lejátszódik, a jelzett készítmény további kémiai tisztítást nem igényel, injektálható.

Az 1. ábra a radioizotópos technikával leggyakrabban vizsgált szerveket mutatja.

Amint már erről említés történt, az agy és a pajzsmirigy vizsgálatára a generátorból kapott pertechnetát közvetlenül, kémiai átalakítás nélkül használható.



1. ábra

A radioizotópos technikával leggyakrabban vizsgált szervek

Органы, наиболее часто изученные радиоизотопной индикацией

Human organs, examined most frequently by isotope imaging technique

a tüdő más perfúziós rendellenessége is kimutatható. A szivizom infarktus okozta károsodásának nagyságát és helyét ^{99m}Tc -pirofoszfáttal határozzák meg a folyamat akut stádiumában.

A máj szcintigráfiás vizsgálatára többféle kolloidot javasoltak, így jelzett kénkolloidot, fémszulfid-kolloidokat, amelyeket injektálás előtt készítenek el. A fitát alapú kolloid az előbbiekkal ellentétben i.v. beadás után a keringésben képződik. A képződött kolloid részecskéket a retikuloendoteliális rendszer gyorsan kiszűri, 15-30 perccel a beadás után az injektált aktivitás 80-90%-a a májban és a lépben található.

A hepatobiliáris rendszer vizsgálatára legáltalánosabban a karbamoil-etilimino-diacetsav /IDA/ származékait használják. A különböző időpontokban készített felvételek alapján számos kóros elváltozás kimutatható /kolangitisz, obstrukció stb./.

A vese leképzésére olyan ^{99m}Tc -mal jelzett ón(II)-komplexek alkalmasak, amelyek kizárólag a vesén keresztül választódnak ki, és a beadott aktivitás egy része a veseparenchimában koncentrálódik. A jelenleg alkalmazott vese-szcintigráfiás anyagok közül a jelzett dimerkapto-borostyánkősav /DMSA/ a legmegfelelőbb; kb. 50%-a koncentrálódik a vesében, a többi gyorsan kiválasztódik a vizelettel.

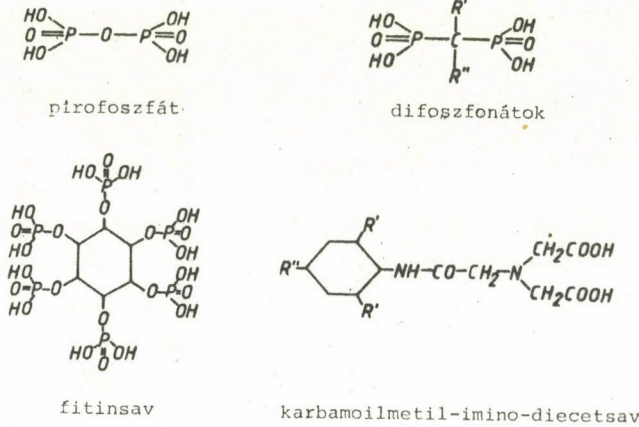
A csontrendszer vizsgálatára ^{99m}Tc -mal jelzett foszfátokat és szerves foszfonátokat alkalmaznak. Ezek beadás után a csontrendszerben, ezen belül fokozott mértékben a degeneratív elváltozás helyén dúsulnak. Ennek mechanizmusa ma még pontosan nem ismeretes, de feltehetőleg a csont hidroxipatit mátrixa felelős a dúsulásért.

A ^{99m}Tc -csontaffin anyagokkal korai stádiumban kimutatható a primer csonttumor, csontmetasztázis és egyéb elváltozás. A leggyakrabban alkalmazott készítmény a pirofoszfát, metilén-difoszfonát /MDP/ és a hidroxietilén-difoszfonát /EHDP/.

A tüdő perfúziós vizsgálatára a ^{99m}Tc -mal jelzett humán szérumalbumin makroaggregátot használják. E vizsgálatot elsősorban pulmonáris embólia gyanújakor alkalmazzák, de

A vörös vértetek in vivo jelzésére jelzetlen, "hideg" ón(II)-pirofoszfátot használnak. Ennek intravénás beadása után 1-15 perccel injektált ^{99m}Tc a vörös vértetekhez kötődik. A hővel károsított jelzett vörösvérteteket a lép szcintigráfias leképzésére használják.

A 2. ábrán néhány szervspecifikus ^{99m}Tc -mal jelezhető komplexképző látható.



2. ábra

A ^{99m}Tc -mal való jelzéshez használt komplexképzők
 Комплексообразующие соединения для метки с ^{99m}Tc
 Complex forming agents for labelling with ^{99m}Tc

Az 1. táblázatban az Izotópiintézetben kidolgozott, ^{99m}Tc -mal jelezhető gyógyszerkészítményeket foglaltuk össze.

1. táblázat

Az MTA Izotópiintézetében gyártott, ^{99m}Tc -mal jelzett radiofarmakonok előállítására szolgáló, nem-radioaktív készletek

Не-радиоактивные наборы Института изотопов ВАН для получения меченных ^{99m}Tc радиофармацевтических препаратов

Non-radioactive kits of the Institute of Isotopes for the preparation of ^{99m}Tc -labelled radio-pharmaceuticals

Név	Vegyület	Felhasználás
Phosphon	hidroxi-etilén-difoszfónát	csontszcintigráfia
Fyton	ónfitát	máj- és lépszcintigráfia
Pyron	pirofoszfát	csont, szivizom, vvt
Citon	nátriumcitrát	veseszscintigráfia
Glukon	nátriumglukonát	"
DMSA	dimerkapto-szukcinilsav	"
Techida	dietyl-karbamoilmetyl-imino-diacetsav	hepatobiliáris rendszer

Az Izotópintézetben előállított technécium-99m-mel jelzett készítmények diagnosztikai felhasználása.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНЕЦИЯ-99м В ДИАГНОСТИКЕ

Тэркэ, Я.

Краткое описание диагностического применения препаратов технеция-99м, полученных в Институте изотопов.

DIAGNOSTIC USE OF TECHNETIUM-99m

Törkö, J.

A review of the diagnostic use of technetium-99m prepartes, produced by the Institute of Isotopes.

A RADIOJÓD-TERMELÉSI TECHNOLOGIA ÉS A RADIOJÓDOZÁS ÚJ TÁVLATAI

Miller János

Az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf.77, 1525

A technécium-99m és biológiailag specifikus /szervspecifikus/ vegyületei, úgy tűnik, mindenre jók, s a többi radioizotópra már nincs is szükség. Ha ez igaz lenne, életünk is egyszerűbb lenne. A valóságban azonban ez a szinte kizárólagos technéciumuralom csak az orvosi in vivo diagnosztikában tűnik igaznak.

A technécium mellett a radiojód-izotópok jelentősége is növekszik. Ezt bizonyítja, hogy a ^{131}I és ^{125}I termelése nő, s nő a száma és jelentősége a jóddal jelzett vegyületeknek, nő a kereslet a ciklotronnal előállított ^{123}I iránt is.

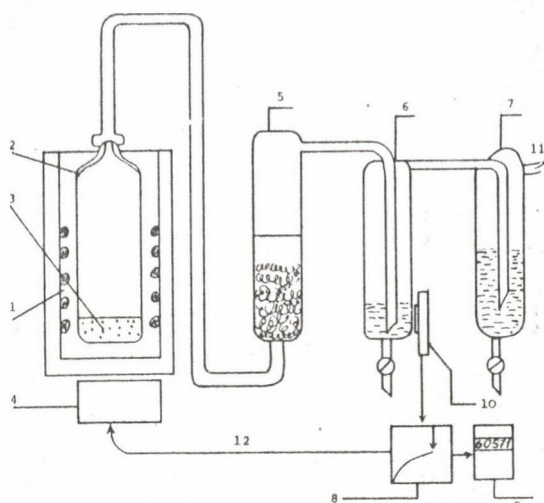
Habár a ^{135}I -ot és ^{125}I -ot már évtizedek óta termelik, és a kezdethez viszonyítva a termelési eljárások tökéletesedtek /eltekintve néhány szárazdesztillációs módszertől, amelyek ki nem elégítő eredményt szolgáltatottak/, a vizes oldatból végzett desztilláció /a "nedves" módszer/ maradt laboratóriummunka és más laboratóriumok alapmódszere is. Az utóbbi fő hátrányai kiváltképp akkor éreztették hatásukat, amikor szigorodtak a környezetet védő előírások, és a termelést növeltük.

A "nedves" módszer fő hátrányai a következők:

- a/ a folyékony és szilárd radioaktív hulladék kezelése súlyos probléma;
- b/ sokba kerül a reagens és a célanyag /a TeO_2 célanyagot csak egyszer lehet használni/;
- c/ kis radioaktív koncentrációju terméket ad;
- d/ nagy a párolgási veszteség a kívánt radioaktív koncentrációnál;
- e/ munkaerő- és munkaidő-igényes.

Ezeket a hátrányokat sikerült egy új termelési technológia kidolgozásával megszüntetni. A ^{131}I szárazdesztillációs előállításának vázlatát az 1. ábrán láthatjuk.

A TeO_2 céltárgyat kemencében megolvasztjuk /az olvadáspont 733°C /. Az olvadék agresszív, igen oxidáló anyag, ezért kell külön e célra készült szilíciumkarbid edényben megolvasztani. Fontos, hogy a TeO_2 -t megolvasszuk, de olvadáspontja fölé csak olyan kevéssel menjünk, amilyen kevéssel csak lehet. Ezzel tarthatjuk minimumon a célanyag párolgását. A kemence hőmérsékletét termosztát stabilizálja. Az olvadékból desztillálódó ^{131}I átjut az abszorbensbe, ami kénsavoldattal és finom eloszlású üveggel van töltve /ez az ún. Fenske-üveg/. A gőzzé alakult TeO_2 a kénsavoldatban marad /más, pl. szeléntartalmú szennyezőkkel együtt/, míg a ^{131}I kvantitativ átmegy a végtermékgyűjtő edénybe. Az edény hígított NaHCO_3 oldatot tartalmaz. Az alkalikus abszorbens befogja azt a ^{131}I -ot, ami véletlenül átjut a kollektoron.



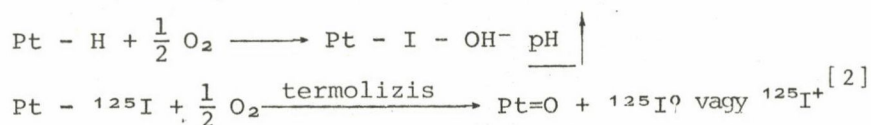
1. ábra

A ^{131}I szárazdesztillációs előállítás
 1 - kemence; 2 - szilíciumkarbid edény; 3 - besugárzott célananyag /olvadt TeO_2 /; 4 - termosztát; 5 - H_2SO_4 abszorbens; 6 - termékgyűjtő; 7 - gázabszorbens; 8 - nyomtatóíró; 9 - digitális voltmérő; 10 - mikroionizációs kamra; 11 - vákuum; 12 - automatikus visszacsatolás

Получение ^{131}I сухой дистиляцией
 1 - печь, 2 - сосуд из карбида кремния, 3 - облученная мишень, //плавленный TeO_2 /, 4 - термостат, 5 - абсорбент H_2SO_4 , 6 - собиратель продукта, 7 - абсорбент газа, 8 - печатающее устройство, 9 - цифровой измеритель напряжения, 10 - микроионизационная камера, 11 - вакуум, 12 автоматическая обратная связь

Dry distillation production of ^{131}I
 1 - furnace; 2 - silicon carbide vessel; 3 - irradiated target / TeO_2 melt/; 4 - thermostat; 5 - adsorber with H_2SO_4 ; 6 - product collector; 7 - gas absorber; 8 - recorder; 9 - digital voltmeter; 10 - microionization chamber; 11 - vacuum; 12 - automatic feedback

A platinacsoport fémjeinél megfigyelték, hogy savas oldatból a jód kötődik az előzetesen redukált platina felületére. A folyamat stabilis felületi vegyületek képződésére vezet a



képlet szerint. E jelenség gyakorlati felhasználásának gondolata Stöcklin és munkatársal⁷ közleményében látott napvilágot. Un. β -bomlás-indukált jelzési módszerük biomolekulák ^{123}I -dal és ^{125}I -dal való jelzésére már alkalmasnak bizonyult. A jelenség, bár tudományos szempontból nagyon érdekes, úgy tűnt, nem használható gyakorlati célra, mert vele nagyon nehezen lehetett jelzett vegyületet előállítani. Szilárd anyagot kellett besugárzott xenonatmosfera-ban viszonylag hosszú ideig tartani. A mi gondolatunk a következő volt: ha a

A gyűjtőedényhez mikroionizációs kamra, vonaliró és digitális voltmérő csatlakozik. Az ionizációs kamra jele kapcsolja a termosztátot a vonalirón keresztül, automatikus visszacsatolással, s így gátolja meg az oldadék túlhevítését.

Desztillálás után a TeO_2 -oldadékot kvarcedénybe töltjük, s kb 1,5-2 évi hűtés után ismét besugározzuk, mert többször is használható ^{131}I termelésére.

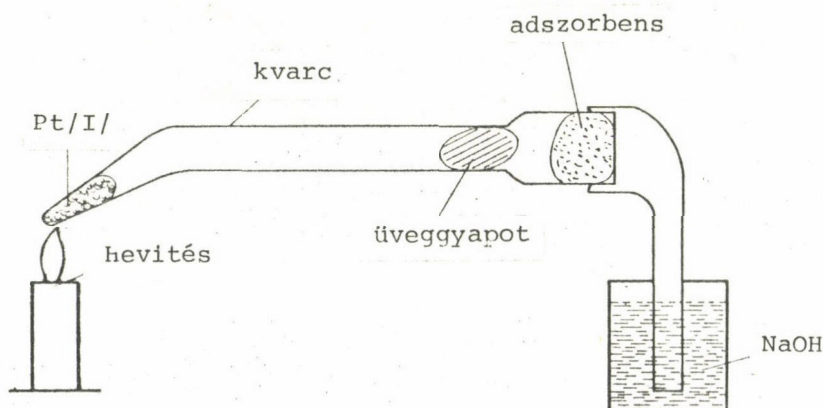
Gyakorlatilag ugyanezt az elrendezést használjuk a ^{125}I előállítására is, azzal a különbséggel, hogy ez utóbbit a besugárzó alumíniumtok belső felületéről desztilláljuk el, miután kiengedtük belőle a neutronnal besugárzott, nagy nyomású, természetes xenongázt.

Ezt a szárazdesztillációs módszert, a vázolt feldolgozási folyamaton kívül, újfajta, un. termodeszorpciós jelzésre is használhatjuk. Ez az "on line" radiojódosási módszer a következő megállapításokon nyugszik.

jelzés a visszalökődő jódszpeciesz kémiai alakjának tulajdonítható, és nem nagy visszalökődési energiájának, akkor ugyanerre az eredményre kell jutnunk, ha a felületi Pt(I) vegyületből termolizáljuk a jódot, amellett, hogy ez utóbbi egyszerű is. Várakozásunknak a kísérletek megfelelték.

A jelzéshez nem kell jódhordozó. Hordozómentes ^{125}I -dal és ^{131}I -dal egyaránt kiváló eredményt értünk el.

Amint a 2. ábra szemlélteti, a jelzést egyszerűen el lehet végezni. Az előzetesen redukált platinakormot a kvarc reaktorcső zárt, ún. "forró" végén töltjük be; a cső "hideg" végét a jelzendő vegyülettel borított üvegyapotsomóval tömjük be, majd a "forró" végét hevíteni kezdjük. A jelzést a termolízis során távozó jód végzi.



2. ábra
Jóddal való jelzés
Метка с йодом
Labelling with iodine

Kétféle jelzési módszert dolgoztunk ki:

termodeszorpció a Pt(I) felületről

I^+
vizben oldhatatlan
vegyület közvetlen jelzése

Olajsav

Prosztoglandin $\text{F}_{2\alpha}$

I^+
adszorpció
vizben oldható szervesen
són (KIO_3 , KNO_3)

Só (I^+)

↓
vizben való feloldás + HCl +
+ jelzendő vegyület

Antipirin

Inzulin

ACTH

BSP

Az első módszernél az anyag a reaktorcső "hideg" végébe tömött üveggyapoton található, s ott jelződik közvetlenül. A jelzett vegyületet az üveggyapotról a platina kiizzítása után távolítjuk el.

A másik változatnál Stöcklin és munkatársai módszerét használtuk. A vízben oldható szervesetlen kristályt (KIO_3 , KNO_3) üveggyapotra helyeztük. A kristályok adszorbeálják a jódot, és egy ideig jelzésre alkalmas alakban tartják. A jóddal bevont sót az üveggyapot felületéről a jelzendő anyag sósavas oldatával távolítjuk el. A jelzés élénk keverés mellett legfeljebb egy perc. Ezután beállíthatjuk a jelzett anyagnak legmegfelelőbb pH-t. A sósav-koncentrációnak legalább 0,01 M-nak kell lennie, máskülönben a jelzés határfoka jelentősen romlik. Ez ugyan hátránya a módszernek, de peptid és más, savas közegben stabilis vegyület jelzésénél egyenesen előny. Így pl. ACTH-t és inzulint sikerrel jelöltek radioimmunanalitikai célra e módszerrel.

Meg kell jegyeznünk, hogy KIO_3 használata nem csökkentette a radioaktív jód fajlagos aktivitását.

Mindezen megfigyeléseken túlmenően arról is megbizonyosodtunk, hogy az aluminium vagy olvadt TeO_2 felületéről desztillált jód is alkalmas ilyen jelzésre, ha tehát egy jódozandó céltárgyat helyezünk jódatomokat hordozó levegőáramba, a jóddal való jelzést termelés közben is el lehet végezni. ^{125}I -nál a jelzés egyszerű és hatékony, míg ^{131}I -nél most azon dolgozunk, hogy a párolgó TeO_2 szennyező hatását kiküszöböljük.

Reméljük, hogy e módszer használható lesz a ciklotronnal előállítható ^{123}I -nál is, ahol nagyon fontos, hogy a jelzést közvetlenül, gyorsan, nagy határfokkal hajthassuk végre, anélkül, hogy a drága célananyagból /pl. dúsított tellurból/ jelentősebb mennyiséget kellene elhasználnunk.

*

Uj, száraz desztillációs eljárás ^{131}I előállítására.

НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИОЙОДА И РАДИОЙОДИРОВАНИЯ
Миллер, Я.

Новая технология для получения ^{131}I сухой дистилляцией.

SOME NEW ASPECTS OF RADIOIODINE PRODUCTION TECHNOLOGIES AND RADIOIODINATION
Miller, J.

A novel, dry distillation technology for the production of ^{131}I .

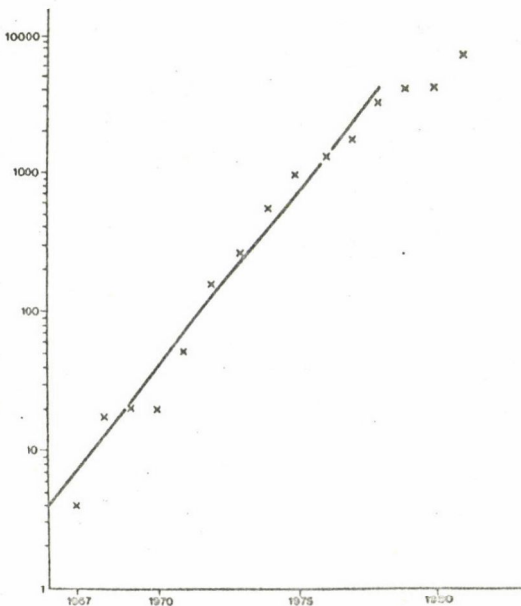
IN VITRO RADIOAKTÍV GYÓGYSZEREK ELŐÁLLÍTÁSA

Tóth Géza

Az MTA Izotópindezete, Budapest, Pf.77. 1525

Husz éve a radioaktív gyógyszerert úgy határozták meg, hogy olyan, radio-nuklidot tartalmazó szerves vagy szervetlen vegyület, amely embernek diagnosztikai vagy terápiás célú beadásra készült. Később, a radioimmunoassay és vele kapcsolatos eljárások megjelenésével, mindinkább a radioizotóppal jelzett tracers tartalmazó reagenskészletet is kezdték radiofarmakonnak nevezni. Hogy ezeket megkülönböztessék az embernek beadandó, radioizotóppal jelzett anyagoktól, "in vitro" radioaktív gyógyszernek nevezték el őket. Kidolgozásuk és előállításuk a hetvenes évek elején indult meg intézetünkben.

Az utóbbi tíz évben szinte hihetetlen mértékben nőtt az "in vitro" készítmények iránti kereslet. A magyar RIA-készletfogyasztás növekedését az 1. ábra mutatja. 1964-től 1982-ig szinte exponenciális növekedésnek lehetünk tanui. Az 1982-es 10 000-es szám azonban még mindig távol áll a telítettségtől. Az Országos Laboratóriumi Intézet becslése szerint az évtized második felében 4 500 000 RIA-meghatározást fognak végezni évente a klinikai laboratóriumokban. Ez az igény 45 000 készletet jelent, azaz az 1982-es fogyasztás 450%-át. Ez az érték összhangban van az orvosi kémiai konferenciákon elhangzottakból levonható azon következtetéssel, hogy az in vitro radiofarmakon iránti egy főre eső igény kb. 1 dollár.

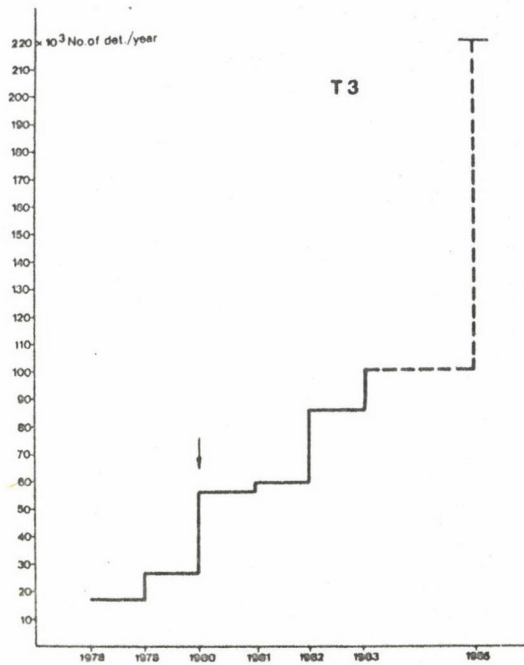


1. ábra

RIA-felhasználás Magyarországon 1964-től 1981-ig
 Число использования РИА в Венгрии от 1964 до 1981
 The RIA kit turnover in Hungary from 1964 to 1981

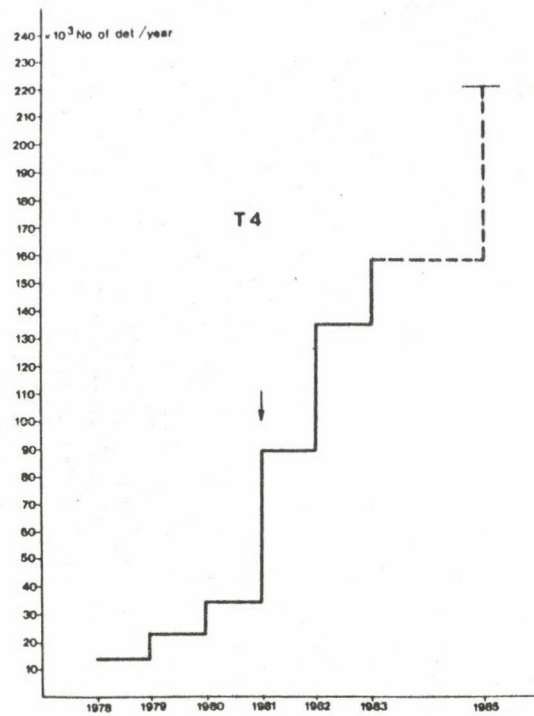
Intézetünk fejlesztési programja erőfeszítéseinket a leggyakrabban használt RIA-k kidolgozására összpontosította, azaz a trijód-tironinra /T3/ és tiroxinra /T4/. Választásunkat igazolta e RIA-k elterjedése /2-3. ábra/. Mindkét ábrán az évenkénti meghatározások száma van feltüntetve 1978-tól 1983-ig. A függőleges nyíl arra az évre mutat, amelyben a T3 RIA-készlet hazai termelése megkezdődött. A grafikonok végén levő vízszintes vonal a magyar szakértők által megjósolt telítettségi szint.

Az intézetben már kidolgozott és orvosi használatban lévő, valamint a kidolgozás alatt lévő RIA-készleteket az 1. táblázatban soroltuk fel.



2. ábra

Az évenkénti T3-meghatározások száma
 Число анализов T4 в год
 T4 determinations per year



3. ábra

Az évenkénti T4-meghatározások száma
 Число анализов T4 в год
 T4 determinations per year

1. táblázat

Az Izotópiintézetben kidolgozott, illetve kidolgozás alatt álló RIA-készletek
 РИА наборы, развитые и развиваемые в Институте изотопов
 RIA kits produced or being under development in the Institute of Isotopes

RIA-készlet	Az 1983-ban kiszállított készletek száma	A kidolgo- zás éve	Résarány a hazai RIA-készlet- forgalomban
1. ^{125}I -trijódtironin /T3/	2670	1980	20
2. ^{125}I -tiroxin /T4/	3980	1981	30
3. ^{125}I -progeszteron	240	1983	
4. ^{125}I -tromboxán B ₂	100	1982	
5. ^3H -proszttaglandin F _{2α}	410	1976	
6. ^{125}I -proszttaglandin F _{2α}	75	1979	
7. ^{125}I -6-keto-PGF _{1α}	155	1982	
8. ^{125}I -tesztoszteron	-	1984	
9. ^{125}I -ösztriol /szabad/	-	1985	
10. ^{125}I -17-β-ösztradiol	-	1985	
11. ^{125}I -TSH	-	1985	

Ahhoz, hogy megfelelő radioimmunoassayt sikerüljön kidolgozni, nagy fajlagos aktivitású és nagy kémiai tisztaságú tracerre van szükség. A RIA-készlet kidolgozásával egyidejűleg vagy már előtte néhány ^{125}I -dal jelzett tracer is előállítunk. A különféle jelzési módszerek közt esetünkben a kloramin T bizonyult a legmegbízhatóbbnak és leghatékonyabbnak. A tracer adszorpciós kromatográfiával választottuk el a jelzési reakciókeverékből Sephadex LH-20 dextrán gél és víz-etanol biner eluens felhasználásával. Az eddig kidolgozott, ^{125}I -dal jelzett tracereket a 2. táblázatban soroljuk fel.

2. táblázat

RIA-hoz kidolgozott, ^{125}I -dal jelzett tracerek

Трасеры, меченные ^{125}I к наборам РИА

^{125}I -labelled tracers produced for RIA

3,3',5-L-trijódtironin /T3/ L-tiroxin 3,3',5'-L-dijódtironin /rT3/ 3',5'-L-dijódtironin /3,3'T2/ 3',5'-dijódtironin /3,5'T2/ 3'-L-jódtironin /3'T1/
Tesztoszteron-3-/O-karboximetil/oxim-TME Progeszteron-11-szukcinil-TME Ösztriol-6-/O-karboximetil/oxim-TME 17- β -ösztradiol-/O-karboximetil/oxim-TME Kortizol-3-/O-karboximetil/oxim-TME
Proszttaglandin $\text{F}_{2\alpha}$ -TME Proszttaglandin $\text{E}_{2\alpha}$ -TME Tromboxán $\text{B}_{2\alpha}$ -TME 6-keto-proszttaglandin $\text{F}_{1\alpha}$ -TME
TME = tirozin metilészter

A RIA KÉSZLETEK KIDOLGOZÁSI TERVE

Két szempontot kell tekintetbe vennünk, ha egy RIA készletet kidolgozásra választunk ki: *milyen célra és milyen eszközökkel*. Ami az első kérdést illeti, a következő körülményeket kell mérlegelni:

- van-e a készlet alkalmazásának hagyománya, azaz használták-e már klinikai laboratóriumokban tömeges vizsgálatra, vagy csak kutatási célu felhasználásra várható? Tekintetbe kell vennünk, hogy az olyan anyagok RIA-ját, amelyekkel kutatólaboratóriumban már dolgoztak, könnyebb elterjeszteni klinikai laboratóriumokban is.
- Elősegítik-e az állami rendelkezések az illető assay elterjedést, pl. az ujszülöttkori T4- vagy TSH-szűrését, vagy pedig az izotóplaboratórium engedélyezési megszorításai nehezítik a termék elterjedését?
- Van-e olyan klinikai laboratóriumhálózat, amelyik képes az új terméknek az egész népesség vagy a többség igénye szerinti felhasználására?

Ami a b/ kérdést illeti, el kell döntenünk, hogy

- ^3H -mal vagy ^{125}I -dal jelzett tracer fogunk-e használni. Csak a hagyomány szól az előbbi mellett, mert a ^{125}I , γ -sugárzásának könnyű és olcsó detektálhatósága, valamint nagy fajlagos aktivitása révén, felülmulja a tríciumot.
- Milyen módszerrel fogják elválasztani a tracer kötött és szabad frakcióját? Az elválasztási eljárásokat három csoportra oszthatjuk:
 1. a szabad antigént a szabad tracerrel együtt távolítjuk el az inkubációs keverékből, és vagy a visszamaradó, antigénhez kötött aktivitást mérjük, vagy az eltávolított frakcióban lévő szabad aktivitást. A szabad tracer a leggyakrabban dextranszal borított aktiv-szénnel távolítjuk el.
 2. Az antitesthez kötött antigént és a tracer kicsapjuk, majd dekantálás vagy leszívás után a szabad antigénnek vagy a csapadékban lévő kötött antigénnek az aktivitását mérjük.
 3. A szilárd fázisu elválasztásnál az antitest kovalensen kötődik a műanyagcső belső falához, üveg- vagy polimer részecskékhez. Az első esetben nincs szükség centrifugálásra, mert az egyszerű dekantálással helyettesíthető.

A TIROXIN RIA-KÉSZLET KIDOLGOZÁSA

Hogy miként dolgozunk ki egy assayt, azt jól példázza a tiroxinassay /T4/. Először is ki kell számítanunk az antitest optimális koncentrációját. Erre Ekins egyenletét használjuk:

$$R^2 + R(1 + K_p + K_p^* - K_q) - K_q = 0 \quad /1/$$

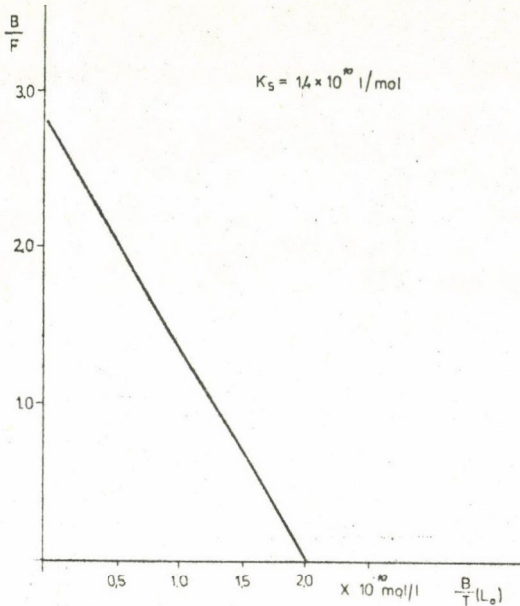
ahol $R = B/F$, p , p^* és q az inaktív T4, a tracer, illetve az antitest koncentrációja, K az alábbi komplex egyensúlyi állandója:

$$P + Q \rightleftharpoons PQ. \quad /2/$$

Ha tekintetbe vesszük, hogy a tracer fajlagos aktivitása gyakorlatilag megegyezik az elméleti maximummal, azaz $81,4 \text{ TBq/g}$, a p^* elhanyagolható. Az antitest higitását úgy határoztuk meg, hogy 33%-os tracerkötődésre vezessen a jelzetlen T4 zérus dózisánál. Ebben az esetben $B/F = 0,5$, így amikor az 1. egyenletet q -ra megoldjuk, $q = R = 0,5$ -öt kapunk, $1/K$ egységben. Így tehát

$$q = \frac{0,5}{K} \quad /3/$$

Az egyensúlyi állandó, amit gyakran affinitási állandónak is neveznek, a Scatchard-görbével közelíthető meg. Állandó mennyiségű antiszérum és tracer aliquotját mind több és több T4-gyel inkubáljuk. A kötött és a szabad arányát, vagyis R-t mérjük fel a y-tengelyre, míg az x-re a kötött T4 koncentrációját. Feltéve, hogy valamennyi kötőhely egyenértékű, a görbe lineáris, hajlásszöge pedig $-K$, míg az x-tengellyel való metszése az antitest koncentrációját adja meg /4. ábra/.



4. ábra

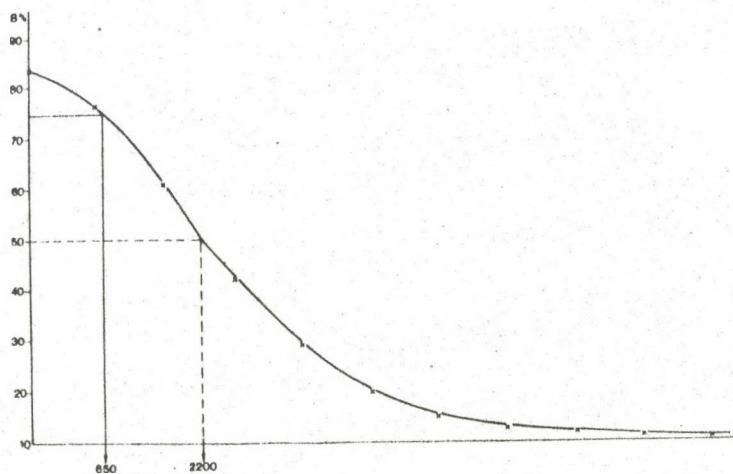
Jellegzetes Scatchard-görbe

Типичная кривая Скечарда

A typical Scatchard plot

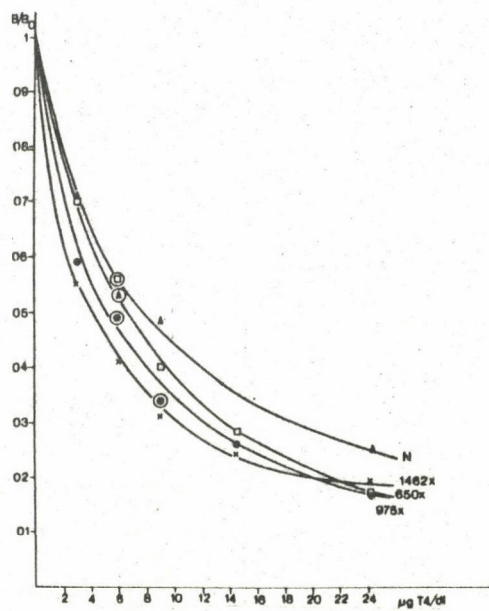
Az assay-rendszert empirikus úton is beállíthatjuk, anélkül, hogy tudnók L pontos értékét. Ezt a módszert akkor kell előnyben részesítenünk, ha a Scatchard-görbe nem lineáris, mert ez arra utal, hogy az antiszérumban több mint egy populáció antitest van jelen. Ebben az esetben az antiszérum optimális koncentrációját a titergörbe alapján lehet beállítani. E görbét úgy kapjuk, hogy a tracer állandó mennyiségét mind kevesebb és kevesebb antiszérummal inkubáljuk, és B/T értékét az antiszérum higitásának függvényében ábrázoljuk. Azt az antiszérum-higitást nevezzük titernek, amelyik egy bizonyos értékű, rendszerint 50%-os kötést ad. Jellegzetes titergörbe az 5. ábra. A szaggatott vonal azt az antiszérum-higitást mutatja, amely 50%-os tracerkötést eredményez.

A titergörbére támaszkodva állítjuk be az antiszérum koncentrációját úgy, hogy 75%-os kötést adjon, s ezt tekintjük kiinduló oldatnak, amelyből 4 vagy 5 higitássorozatot készítünk. E higitások aliquot részét állandó mennyiségű tracerrel és T4 standardokkal inkubáljuk. Az így kapott kalibrációs görbéket mutatja a 6. és 7. ábra. A paraméterek vizsgálatából, pl. a hajlásszögből, a B_0/T -ből, megkaphatjuk az optimális antiszérum-higitást.



5. ábra

A százalékos kötődés az antiszérum-hígítás függvényében
 Процентное связывание в зависимости от разбавления антисыворотки
 The percent binding as a function of the antiserum dilution

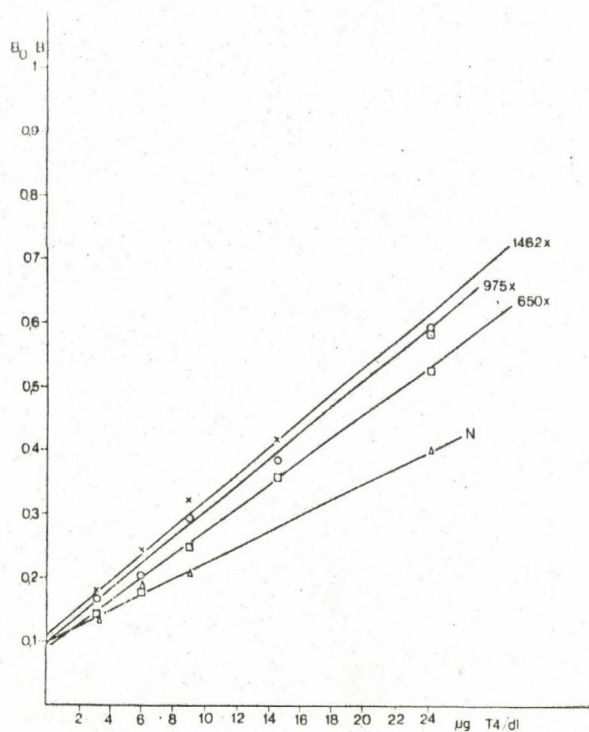


6. ábra

T4-kalibrációs görbék különböző antiszérum-hígítások mellett

Калибровочные кривые T4 при разных разбавлениях антисыворотки

T4 standard curves at different antiserum dilutions



7. ábra

A B_0/B a T4-koncentráció függvényében, különböző antiszérum-hígítások mellett

Значения B_0/B в зависимости от концентрации T4 при разных разбавлениях антисыворотки

The B_0/B as a function of the T4 concentration at different antiserum dilutions

Az Izotópintézetben előállított és kidolgozás alatti RIA-készletek.

ПОЛУЧЕНИЕ *in vitro* РАДИОФАРМАКОНОВ

Tóth, G.

RIA наборы, выпускаемые и развиваемые в Институте изотопов.

THE PRODUCTION OF *in vitro* RADIOPHARMACEUTICALS

Tóth, G.

RIA kits, produced and under development in the Institute of Isotopes.

JELZETT SZERVES VEGYÜLETEK ELŐÁLLÍTÁSA

Bursics László

Az MTA Izotópinintézete, Budapest, Pf.77. 1525

Intézetünk szerves kémiai osztályát 1959-ben hozták létre, hogy felhasználóinkat, orvosi, biológiai intézeteket, gyógyszer- és növényvédőszer-gyárat radioizotóppal jelzett szerves vegyületekkel lássa el. Néhány év múlva már megkezdtek termékeink exportját, elsősorban a KGST és kisebb mértékben nyugati országokba is.

Feladatunk: szén-14-gyel, tríciummal és foszfor-32-vel jelzett szerves vegyületek előállítása hazai és külföldi megrendelőink számára. Napjainkban több, mint száz szén-14-gyel és tríciummal jelzett vegyületet, valamint 11 foszfor-32-vel jelzett nukleotidot készítünk.

Az 1. táblázatban szén-14-gyel jelzett vegyületeinket tüntetjük fel. Ebből kitűnik, hogy nagyszámu aminosavat, pirimidin- és purinbázist készítünk. Kulcsvegyületnek azokat az anyagokat nevezzük, amelyeket rendszerint nagy mennyiségben állítunk elő, és szükség szerint tárolunk, hogy a radioszintézisben más vegyületeket készítsünk belőlük. Külön oszlopban szerepelnek speciális gyógyszer-, peszticid- és egyéb készítményeink. A szén-14-gyel jelzett vegyületek esetében a kiindulási anyag mindig bárium-karbonát- ^{14}C .

A 2. táblázat áttekintést ad triciált készítményeinkről, amelyek között néhány fontos aminosav, a tríciumnak a szerves vegyületekbe való speciális beépítését szolgáló triciáló szer és egyéb vegyület szerepel. Külön figyelmet érdemelnek proszttaglandin-készítményeink, amelyek nagy fajlagos aktivitással, rendkívül tiszta formában készülnek.

Triciált termékeinket általában kémiai szintézissel állítjuk elő, olyan prekursor molekulákból, amelyek vagy szén-szén kettőskötést, vagy szén-halogén kötést tartalmaznak.

Esetenként ezeket a prekursor molekulákat is magunk szintetizáljuk. Némelykor fém-tritidekkel végzett redukción is alkalmazunk a tríciumatomnak a szerves molekulába való bevitelére. A klasszikusan alkalmazott hidrogén-trícium kicserélődési reakciókat ma már nem használjuk jelzésre, mivel az elérhető fajlagos aktivitás nagyon kicsi, továbbá a trícium helye bizonytalan a jelzett molekulában. A triciált proszttaglandinok előállítására kémiai szintézis és enzimatiszikus módszereket használunk.

A 3. táblázatban a foszfor-32-vel jelzett nukleotidok találhatóak, amelyeket ugyancsak nagy fajlagos aktivitással és minden esetben enzimreakciók alkalmazásával állítunk elő.

1. táblázat

¹⁴C-nel jelzett vegyületekМеченные ¹⁴C соединения¹⁴C-labelled compounds

Kulcsvegyület	Aminosav	Különleges vegyület; peszticid, gyógyszer, egyéb
ecetsav-1-	alanin-1-	3-aminotriazol-5-
ecetsav-2-	alanin-2-	pentaklórfenol/gyűrű/-
hangyasav-	arginin-1- .HCl	klór-kolinklorid-metil-
guanidin.HCl-	aszparaginsav-1-	kardizon
tiokarbamid-	aszparaginsav-2-	metilánara
karbamid-	glutaminsav-1-	vinkamin
nátrium-cianid-	glutaminsav-5-	karbokain
kálium-cianid-	glicin-1-	lidokain
metil-jodid	glicin-2-	markain
<u>Pirimidinek, purinok</u>	hippursav-1-	witawax
adenin-2-	hippursav-2-	thiodan
adenin-8-	leucin-1-	karbofuran
8-azaguanin-2-	metionin-s-metil-	neromid
6-azauracil-2-	ornitin-1- .HCl	benzol/gyűrű/
5-bróm-uracil-2-	3-fenilalanin-1-	benzoesav-7-
guanin-2-	3-fenilalanin-2-	vajsav-1-
hipoxantin-8-	3-fenilalanin-3-	dietyl-pirokarbonát
6-merkaptopurin-8-	szerin-1-	malonsav-karboxil-
6-azauracil-2-	treonin-1-	malonsav-metilén-
5-nitro-uracil-2-	triptofán-1-	propionsav-1-
orotsav-2-	tirozin-1-	tioszemikarbazid-
orotsav-6-	tirozin-2-	bróm-ecetsav-1-
2-tiotimin-2-	dijódtirozin-1-	bróm-ecetsav-2-
2-tiouracil-2-	dijódtirozin-2-	bróm-acetamid-1-
timin-2-	tiroxin-1-	jód-acetamid-1-
uracil-2-	tiroxin-2-	
hugysav-8-	valin-1-	
xantin-8-	valin-2-	

2. táblázat

Tritiummal jelzett vegyületek

Меченные тритием соединения

Tritium labelled compounds

Triciálószer	Egyéb vegyület	Prosztaglandin és prekursor
dimetil-szulfát-metil-	ecetsav-2-	arachidonsav-5,6,8,9,11,12,14,15-
metiljodid-	ecetsavanhidrid-2-	ejkozatriénsav-8,9,11,12,14,15-
nátrium-bórtritid	ciklohexan-	prosztaglandin E ₂ -5,6,8,11,12,14,15-
kalcium-bórtritid	dulcitol-1-	prosztaglandin F _{2α} -5,6,8,11,12,14,15-
lítium-aluminium-tritid	mannitol-1-	prosztaglandin A ₂ -5,6,8,11,14,15-
lítium-bórtritid	szukcinsav-2,3	prosztaglandin D ₂ -5,6,8,9,11,12,14,15-
<u>Aminosav</u>	toluol-metil-	6-keto-prosztaglandin F _{1α} -5,8,9,11,12,14,15-
alanin-2,3-	metanol	tromboxán B ₂ -5,6,8,9,11,12,14,15-
diamino-vajsav-3-	koleszterol-7-	prosztaglandin E ₁ -8,11,12,14,15-
hippursav-2-	kortikoszteron-1,2-	prosztaglandin F _{1α} -8,11,12,14,15-
leucin-4,5	pregneneolon-16-	prosztaglandin A ₁ -8,11,14,15-
lizin-6-	adenin-2,8-	
metionin-s-metil-	timin-metil-	
ornitin-4-	uracil-5-	
fenilalanin-2,3-	inulin-metoxi-	
tirozin-2,3-	vinpocetin-3-	
tirozin/gyűrű/-3,5-	vinpocetin-11-	
tiroxin-2,3-	uxepam-	
valin-2,3-	EPTC-	
	benzil-penicillin-	

3. táblázat

 ^{32}P -ral jelzett vegyületekМеченные ^{32}P соединения ^{32}P -labelled compounds

adenozin 5'-/ γ - ^{32}P /trifoszfát	ATP
guanozin 5'-/ γ - ^{32}P /trifoszfát	GTP
adenozin 5'-/ α - ^{32}P /trifoszfát	ATP
guanozin 5'-/ α - ^{32}P /trifoszfát	GTP
citidin 5'-/ α - ^{32}P /trifoszfát	CTP
uridin 5'-/ α - ^{32}P /trifoszfát	UTP
dezoxiadenozin 5'-/ α - ^{32}P /trifoszfát	dATP
dezoxiguanozin 5'-/ α - ^{32}P /trifoszfát	dGTP
dezoxicitidin 5'-/ α - ^{32}P /trifoszfát	dCTP
timidin 5'-/ α - ^{32}P /trifoszfát	dTTP
/5'- ^{32}P /-citidin-3'-5'-difoszfát	pCp

*

Az Izotópintézetben előállított jelzett szerves vegyületek.

ПОЛУЧЕНИЕ МЕЧЕНЫХ ОГРАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Буршич, Л.

Органические меченые соединения, изготавливаемые и развиваемые в Институте изотопов.

THE PRODUCTION OF LABELLED ORGANIC COMPOUNDS

Bursics, L.

The present and future spectrum of organic compounds of the Institute of Isotopes.

RADIOAKTIV GYÓGYSZEREK MINŐSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE

Szarvas Tibor

Az MTA Izotópinintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

BEVEZETÉS

Minőségellenőrző osztályunkat a hatvanas években hozták létre a célból, hogy az intézetben előállított valamennyi in vivo és in vitro radiofarmaceutikumot ellenőrizze.

A nemzetközileg elfogadott nézetekkel megegyezően az volt alap gondolatunk, hogy minden egyes készítménynek külön minőségellenőrzési rendszerének kell lennie. Ez jelentheti minden egyes szállítmány teljes analitikai ellenőrzését, de jelentheti bizonyos paraméterek folyamatos ellenőrzését is, függetlenül a konkrét szállítmányoktól. Ez utóbbit mindig ki kell egészíteni az egyes szállítmányok alkalmi ellenőrzésével.

A jól megszervezett termelőrendszerrel teljes joggal elfogadható az a gyakorlat, hogy a radiógyógyszereket még a minőségellenőrzés eredményének ismerete előtt szállítják ki a felhasználónak. Némelyik vizsgálat még befejeződhet, mielőtt a termék eljut a felhasználóhoz, mások, így pl. a sterilizálás vizsgálata, csak a módszer ellenőrzésére alkalmasak. Az ilyen ellenőrzési rendszer jól működő nyilvántartást tételez fel, amely révén a termék visszaszerezhető a felhasználótól.

A minőségellenőrzés éppoly fontos a nyers- vagy kiinduló anyagoknál, csomagoló anyagoknál, mint a végterméknél, és a jó műszerezettség és képzett személyzetet mulik. Aligha kell bizonygatnunk, hogy a radioaktív gyógyszer jó minősége elsőrendű fontosságú a nukleáris medicinában. A jó minőség egyszersmind egyenletes minőséget is jelent a szabványokhoz mérve. A termelési folyamatban ennek fontos záloga a dolgozó, az előfeltételek, a berendezés, a nyilvántartás, az eljárások és a minőségvizsgálati intézkedések. A jó minőség biztosítása mindezen intézkedések összessége.

A minőséget osztályunkon a következő folyamatban ellenőrizzük:

1. alapanyag-ellenőrzés
2. mintavétel
3. a fajlagos aktivitás mérése
4. a radioizotópos tisztaság vizsgálata
5. a radiokémiai tisztaság vizsgálata
6. a kémiai tisztaság vizsgálata
7. a fizikai kémiai tulajdonságok vizsgálata
8. a mikrobiológiai vizsgálat /sterilitás, pirogenitás/
9. kisállatos ellenőrzés
10. az in vitro készítmények ellenőrzése / RIA készletek/
11. Nyilvántartás

AZ ALAPANYAG-ELLENŐRZÉS

Besugárzás előtt és a további lépések előtt listát készítünk a nyersanyagokról, akár aktívak, akár nem, beleértve a csomagoló anyagokat is. Ez tartalmazza a beérkezett anyag nevét, szállitmányszámát, a mintavétel és vizsgálat számát és az aláírt elfogadási, illetve elvetési nyilatkozatot.

MINTAVÉTEL

Ugy végezzük, hogy jellemző legyen arra az anyagra, amelyből vesszük, a magát a mintavételt leírt utmutató szerint hajtjuk végre, amely előírja a módszert és műszert, a veendő mennyiséget és az esetleg szükséges különleges elővigyázatot. A rendszerint vett minták száma ugyan változhat, de mindenképp elegendőnek kell lennie esetleges újabb vizsgálatához.

A RADIOIZOTÓPOS TISZTASÁG VIZSGÁLATA

A tisztaság fogalma, radiogyógyszereknél, komplex fogalom. Legalább három oldalról kell vizsgálni:

- a/ radioizotópos tisztaság,
- b/ radiokémiai tisztaság,
- c/ kémiai tisztaság.

Általában a radioizotópos tisztaságot úgy határozzák meg, hogy a teljes radioaktivitás azon hányada, amely a feltüntetett radioizotópok alakjában van jelen.

Külön figyelemet kell szentelni annak az esetnek, ha rövid felezési idejű készítményben hosszú felezési idejű tisztátalanság van jelen. Ha a tisztátalanságnak egyéb nem kívánatos tulajdonságai is vannak, pl. kemény sugárzás, feldusulása egy bizonyos szervben, vagy biológiai felezési ideje hosszú, akkor káros hatása messze meghaladhatja az anyakészítményét. A szokványos fizikai módszerek, mint a gamma-spektrometria stb. gyakran kudarcot vallanak az ilyen kevés, de nagyon jelentős hatású radioizotópos tisztátalanság felderítésében, emiatt két oldalról kell közelítenünk a probléma megoldásához:

1. kémiai elválasztást végezhetünk az analitikai mintával, miután, ha szükséges, "hordozó" elemeket adtunk hozzá, s az egyes frakciókat fizikai úton vizsgáljuk;
2. a többségben lévő nuklidot hagyjuk lebomlani, s a maradék hosszú felezési idejű szennyezését vizsgáljuk.

A második eljárás a dolog lényegéből adódóan utólagos.

Rendszerint azonban béta- és gamma-sugárzó szennyezéssel állunk szemben, hasadás révén kapott anyagoknál pedig alfa-sugárzókkal is találkozhatunk.

A műszereket gyakran kell kalibrálnunk referenciaforrással, s hosszú felezési idejű standarddal naponta kell ellenőriznünk.

A RADIOKÉMIAI TISZTASÁG VIZSGÁLATA

A kellő színvonal biztosításához több módszert kell használnunk, köztük papír- és vékonyréteg-kromatográfiát, kis és nagy feszültségű elektroforézist és oszlopkromatográfiát. A tulnyomásos vékonyréteg-kromatográfia és a nagy teljesítőképességű folyadékkromatográfia viszonylag új eljárásait is alkalmazzuk, kivált radioaktív vegyületek elemzésére.

Az egyes radioaktív gyógyszerekhez kiválasztott módszert a szakirodalomra és saját tapasztalatainkra alapozzuk. A kromatográfiával vagy elektroforézissel elválasztott szennyezés mennyiségi meghatározására és az adatok értékelésére többféle eljárást használunk, többek között számítógépet is.

A KÉMIAI TISZTASÁG VIZSGÁLATA

Jól ismert tény, hogy a jelzetlen szennyezés eltorzítja a kísérleti eredményt, s főszerepet játszhat a radiációs bomlás gyorsításában. UV, infravörös spektrometriát, vékonyréteg-, folyadék- és papirkromatográfiát, tulnyomásos és nagy teljesítőképességű kromatográfiát is használunk a tisztaság meghatározására.

A FIZIKAI KÉMIAI TULAJDONSÁGOK VIZSGÁLATA

A pH meghatározása gyakran jelenthet problémát, mivel a puffer nélküli oldat titrálásos meghatározást igényel vagy egyszerű potenciometrikus mérést.

Az injekciót a részecsketartalom szempontjából is meg kell vizsgálni. A szuszpenzióban vagy kolloidoldatban levő részecskék számának és méretének meghatározásához mikroszkópra és regisztrálóra, pl. fényképezőgépre van szükség, hogy így a számlálást és mérést a képen végezhessük el. A kolloidrészecske méretét membránszűrős eljárással becsülhetjük meg.

MIKROBIOLÓGIAI VIZSGÁLAT /STERILITÁS, PIROGENITÁS/

Radioaktív anyagban levő mikrobás szennyezést általában inkubálással határozhatunk meg a legkönnyebben, amikor is a mintát két közegben inkubáljuk: az egyik a baktérium, a másik a gomba meghatározására szolgál. Néhány radiogyógyszer felezési ideje azonban olyan rövid, hogy még a sterilitás és pirogenitás vizsgálati eredményének ismerete előtt kell kiszállítanunk. Ilyen esetben a laboratóriumnak a lehető leghamarabb meg kell kezdenie a sterilitás vizsgálatát. A minőségellenőrzésre különös felelősséget ró az ilyen ter-

mék sterilizálási folyamatának ellenőrzése minden elérhető eszközzel, beleértve a sterilizátorok gondos és gyakori kalibrálását és a sterilizálás hatékonyságát jelző biológiai és kémiai indikátorok használatát.

A pirogenitás csak akkor okoz nehézséget, ha nagy adagot akarnak beadni a betegnek, vagy ha különleges bevitelhez, pl. intratekális injekcióhoz kell folyamodniok. A pirogéneket szinte lehetetlen eltávolítani a termékből, emiatt pirogénmentes alapanyagot kell használni, és meg kell gátolni, hogy a baktériumok elszaporodhassanak a feldolgozás során. A pirogenitást a Magyar Gyógyszerkönyv szerint nyulon kell vizsgálni; a radioaktív gyógyszer intravénás beadását követő hőmérsékletnövekedést határozzák meg. Radiógyógyszerek-nél nem mindig áll rendelkezésre a vizsgálatához szükséges térfogatu minta, s emiatt el kell térni a gyógyszerkönyv előírta mennyiségtől. Az Izotópintézetnek jelenleg nincs állatállománya e próba elvégzésére, ezért egy klinikai laboratóriummal végeztetjük el.

KIS ÁLLATOKON VÉGZETT VIZSGÁLAT

Egyes esetekben a ^{99m}Tc -mal jelzett radiofarmakon szerveseloszlását kis állatokon is megvizsgáljuk.

AZ IN VITRO RADIOAKTIV GYÓGYSZEREK /RIA KÉSZLETEK/ ELLENŐRZÉSE

A RIA készletek komponenseit minden gyártási sorozatnál megvizsgáljuk. Szállítás előtt kalibrációs görbét veszünk fel minden készletnél a teljes folyamatra. Vizsgáljuk a tracer fajlagos aktivitását és radiokémiai tisztaságát, a $\%B_0$ -ot, az 50%-os B/B_0 -t, a nem specifikus kötést minden vizsgálatnál. A paraméterek kiértékelésére számítógépes programokat használunk.

NYILVÁNTARTÁS

A minőséget garantáló rendszerhez elengedhetetlen a nyilvántartás. Minden anyagot a felelős személy datálja, és hitelesíti. Nyilvántartásuk összesítő anyagból és az egyes termékekről vezetett nyilvántartásokból áll.

* * *

Néhány szót műszereinkről. Öt laboratóriumunkban három spektrométer, két mini-számítógép, egy folyadékszintillációs spektrométer, három ionizációs kamrás elektrométer, két vékonyréteg- és papirkromatogram scanner, OPTLC és HPLC berendezések, UV spektrométer, nagy és kis feszültségű elektroforetikus berendezés és más, szokványos laboratóriumi berendezés található.

Módszereink továbbfejlesztésén folyamatosan dolgozunk. Eredményeinkről publikációink tanuskodnak.

A minőségellenőrzés elvei és gyakorlata az Izotópinstitutumban.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАДИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ
Сарваш, Т.

Основы и выполнение контроля качества в Институте изотопов.

QUALITY CONTROL OF RADIOPHARMACEUTICALS
Szarvas, T.

Principles and practice of quality control in the Institute of Isotopes.

AZ ORSZÁGOS RÖNTGEN- ÉS SUGÁRFIZIKAI INTÉZET VII. IZOTÓPDIAGNOSZTIKAI SZEMINÁRIUMÁN ELHANGZOTT ELŐADÁSOK

I. BEVEZETÉS

1983. november 13-16 között került sor az ORSI VII. Izotópdiaosztikai Szemináriumára. Alapvető célja az izotópdiaosztikában pályakezdő orvos és nem orvos diplomások ismereteinek gyarapítása volt. Átfogó jellegű referátumok hangzottak el, amelyek az alapvető diagnosztikai eljárásokat ismertették. Közzétételük, úgy gondoljuk, a hazai izotópdiaosztika javára válik. Tankönyv hiányában az előadások tézisszerű összefoglalói, reméljük, jól használható kompendiumot nyújtanak az izotópdiaosztikában dolgozó kollégáinknak.

Dr. Szilvási István
az ORSI izotópdiaosztikai
munkacsoportjának titkára

II. RADIOIMMUNO-ELJÁRÁSOK MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

Mohari Katalin

A RIA-k mérési megbízhatóságát a biometria módszereivel vizsgálják. Ezek kevés kivétellel megegyeznek a biológiában és kémiában alkalmazott matematikai módszerekkel. Szükséges azonban áttekinteni azokat a módszereket, amelyek speciálisan e vizsgálatokra jellemzőek.

A mérés megbízhatóságát a következő paraméterekkel jellemezhetjük:

- a pontosság,
- a torzítás,
- a kimutathatóság határa,
- az interassay és az interlaborassay reprodukálhatósága.

A mérés *pontosága* a véletlen hiba okozta eltérés nagyságát fejezi ki. A kalibrációs görbe jellegéből adódóan a mérés pontossága jelentősen változik a koncentrációval, ezért csak a mérési tartomány legalább 3 pontján végzett, párhuzamos mérés adhat megfelelő felvilágosítást.

Gyakorlatban a V_k értékkel fejezzük ki a RIA-eljárások pontosságát. A V_k értéknek a koncentráció függvényében való ábrázolásával kapjuk a precíziós profilt.

A *torzítás* a rendszeres hiba nagyságát és irányát fejezi ki. Ehhez nagy pontosságú standard készítményekre van szükség, amelyek mérési sorozata alapján

állapíthatjuk meg a rendellenes hiba nagyságát, a

$$d = \bar{x} - A$$

összefüggés alapján, ahol \bar{x} - a mérések átlaga, A - a standard készítmény.

A kimutathatóság határa a "vak" B_0 / minta válaszpáramétereinek kétszeres szórásához tartozó dózisérték.

Ha a vak minta válaszpáramétere B_0 , szórása S_{B_0} , akkor a B/B_0

$$\frac{B}{B_0} = \frac{B_0 - 2S_{B_0}}{B_0}$$

Ennek logit transzformációját helyettesítjük be a kalibrációs egyenletbe, és az így számított dózisérték a kimutathatóság határa.

A következőkben a különböző mérési sorozatok közötti hibákkal foglalkozunk.

Az *intra*labor-*intra*assay ugyanazon laboratóriumon belül, ugyanazon módszer reprodukálhatósága, amelynek V_k %-a 1-5% lehet.

Az *inter*labor-*intra*assay a különböző laboratóriumokban ugyanazon módszerrel elérhető reprodukálhatóság; variációs koefficiense 5-10% között lehet.

Az *inter*labor-*inter*assay különböző laboratóriumok különböző módszerekkel meghatározott mérési eredményeinek összehasonlítása. A reprodukálhatóság ebben az esetben a legrosszabb: 20%, de 60% is lehet.

Az *inter*labor-*inter*assay reprodukálhatóságánál a módszerek és laboratóriumon belüli /pl. pipettázásból, higitásból, műszerezettségéből fakadó/ hibák összegeződnek. Manuális módszernél nagyobb, automatikus módszernél kisebb a variációs koefficiens %.

A RIA minőségellenőrzésének két fő csoportja van:

- a/ laboratóriumon belüli: pontosság, reprodukálható torzítás, accuracy
- b/ laboratóriumok közötti: a referencialaboratóriumok ugyanazt a vizsgálati anyagot küldik szét a vizsgálatban részt vevő laboratóriumoknak, és az eredményt központilag értékelik, vizsgálják a mért értékek szórását, variációs koefficiensét, torzítását.

III. A PAJZSMIRIGY IZOTÓPVIZSGÁLATA

Földes János

A thyreoidea hormonképzéséhez jódot használ fel, és a mirigy a jódanycserében központi helyet foglal el. Ez adta meg az elméleti alapját annak, hogy a radiojódot felhasználjuk a thyreoidea működési állapotának a vizsgálatára. Sokfajta radioizotóp-felhasználáson alapuló módszert írtak le. Ezeket

ma két nagy csoportba osztjuk:

1. a radioizotópot a betegnek beadják, és a vizsgálatot ezt követően végzik;
2. nyomjelzett anyagokkal in vitro végzik a pajzsmirigy működésének a vizsgálatát.

1. IN VIVO VIZSGÁLATOK

Az in vivo pajzsmirigyműködés-vizsgálatok közül legáltalánosabban a pajzsmirigy radiojód-felvételén alapuló próba terjedt el. A radiojód alkalmazásakor abból a feltételezésből indulnak ki, hogy ez a szervezetben az inaktív jóddal/ ^{127}I / lényegében azonos módon viselkedik. A vizsgálat azon alapul, hogy a pajzsmirigy különböző működési állapotaiban a thyreoidea a radioizotópot eltérő módon veszi fel, alakítja át hormonjóddá, illetve dobja ki a keringésbe.

A pajzsmirigy radiojód-felvételének a vizsgálatához többnyire a ^{131}I -ot használják fel. A pajzsmirigy százalékos radiojód-felvételét célszerű az izotóp beadása után több időpontban /2, 6, 24 és 48 óra múlva/ meghatározni. Az így kapott jódtárolási görbe felvilágosítást nyújt a jódfelvétel gyorsaságáról, mértékéről, a hormonjódleadás sebességéről. Hyperthyreosisban többnyire gyorsult és nagy a pajzsmirigy radiojód-felvétele, hypothyreosisban ennek az ellentéte észlelhető. A hormonkidobás sebességének a növekedését észleljük a pajzsmirigy fokozott működésekor, illetve azokban az állapotokban, amikor a thyreoidea jódtere beszűkül /pl. pajzsmirigyműtét vagy radiojódterápia utáni állapot/.

A pajzsmirigy százalékos radiojód-felvételét számos körülmény befolyásolja: megnövekedett jódbevitel esetén csökken, jódszegénységben viszont megnő.

Az in vitro tesztek mindinkább kiszorítják a pajzsmirigy radiojód-felvételén alapuló vizsgálatot. Az utóbbi időben e vizsgálat bizonyos mértékig mégis reneszanszát éli, mivel alkalmas lehet a hyperthyreosis szindróma okainak az elkülönítésére.

Az in vivo pajzsmirigyműködés-vizsgálatok - bizonyos terheléses eljárásokat alkalmazva - alkalmasak lehetnek a thyreoidea egyes funkciózavarainak a kimutatására. Ilyen terheléses vizsgálat a perklorátpróba /pajzsmirigy peroxidáze enzimizavar kimutatására/, a trijódthyronin-visszaszorításos teszt /hyperthyreosis és vegetatív dystonia elkülönítésére/ és a TRH-terheléses vizsgálat /primer és szekunder hypothyreosis elkülönítésére/.

A radiojód-tárolási görbe vizsgálatával gyakran egyidejűleg elvégzik a plazma radioaktivitás-mérésén alapuló vizsgálatát is, a hormonelválasztás megítélésére. E teszt a hyperthyreosis kimutatására alkalmasabb, mint a

hypothyreosis diagnosztizálására, és a vizsgálatot ugyanazon tényezők befolyásolják, mint amelyeket a pajzsmirigy százalékos radiojód-felvételénél említettünk.

1.1. Pajzsmirigy-szcintigráfia

A betegek ^{99m}Tc -et /pertechnetát/, ^{131}I -et vagy ^{125}I -et kapnak, és a pajzsmirigy feltérképezését mind mozgódetektoros szcintigráfias készülékkel /scanner/, mind állófejes kamerával elvégezhetjük. A szcintigráfias vizsgálat a pajzsmirigy helyzetéről, alakjáról, nagyságáról, a benne tapintható göbök működésállapotáról, az esetleges fejlődési rendellenességekről, ectopiás pajzsmirigyszövet jelenlétéről ad felvilágosítást. Segítségével közeli-tő pontossággal meghatározhatjuk a pajzsmirigy tömegét.

A szcintigráfias vizsgálattal már 1-2 cm átmérőjű göb is kimutathatóvá válik. A vizsgálat klinikai jelentőségét éppen ez adja meg. A fokozott izotópdúsítású göbök autonóm adenómára jellemzők. A csökkent radiojód felvételt mutató u.n. "hideg" göböknek 5-7%-ában malignus elfajulás észlelhető. Hideg göböket okozhatnak azonban egyéb elváltozások is /pl. ciszta, gyulladás, vérzés stb./, melyek felderítésében és a tumortól való elkülönítésében nagy segítséget nyújt a pajzsmirigy vékonytü-biopsziás és ultrahangos vizsgálata.

2. IN VITRO VIZSGÁLATOK

Az elmúlt években mindinkább tért hódítanak az in vitro tesztek. Előnyük:

- a/ a betegeknek nem kell izotópot adni, s így nem okoznak sugárterhelést;
- b/ segítségükkel a szérumban közvetlenül kimutathatók a pajzsmirigy-hormonok;
- c/ megelőző jódos kezelés a vizsgálati eredményt nem befolyásolja.

Az in vitro tesztek közül először a *thyroxinkötő fehérje* /TBG/ *kötőkapa-citásán* alapuló próbát irták le, amely csak közvetve ad felvilágosítást a pajzsmirigy működési állapotáról. A vizsgálat végzésekor közvetett módon a TBG szabad hormonkötő kapacitását határozzuk meg. E vizsgálatnak ma már több módosított formája ismert, e módszerek elvi alapja azonban azonos. E vizsgálatokat együttesen *T3-felvételi próbáknak* /T3U = T3 uptake/ nevezhetjük. A vizsgálat eredményére azonban a szérumban pajzsmirigyhormon-tartalmán kívül egyéb kórokok és gyógyszerek is hatnak, így az eredmény értékelésekor nagy óvatosság szükséges. A vizsgálati eredményt leggyakrabban a thyroxinkötő fehérjében bekövetkező elváltozások befolyásolják, ezek száma pedig nem csekély. A radioizotóp-alkalmazáson alapuló in vitro hormonmeghatározásokat az u.n. *telítési* analizisek sorába tartozó módszerekkel /RIA, kompetitív fehérje-kötési reakció/ végezzük el.

A szérum *összes T4-tartalma* egészségeseken kb. 70-160 nmol/l között ingadozik, ennek értéke hyperthyreosisban nagyobb, hypothyreosisban viszont kisebb. A vizsgálat alapfeltétele a szérum normális T4-kötő képessége. Néha normális lehet a szérum T4-tartalma, a beteg mégis hyperthyreosisos. Ilyenkor a pajzsmirigyben csak az egyik hormon, a T3 képződik a normálisnál nagyobb mértékben /u.n. trijódthyronin-toxikózis/.

A szérumban az *összes-T4-tartalomnak* kevesebb, mint 0,03%-a van "szabad" állapotban, a többi fehérjéhez kötve kering. Élettani jelentősége éppen a "szabad" T4-nek van, mennyiségét a szérumban a TBG-koncentráció változása sem befolyásolja. Ez adja a szérum "szabad-T4" tartalma meghatározásának nagy klinikai jelentőségét. Egyéb módszereket is kidolgoztak, amelyeknek az eredménye a szérum "szabad-T4"-tartalmának a jó jelzője. Ezek közül legegyszerűbb a "szabad T4"-index kiszámítása. Ehhez a szérum egész-T4 tartalmát és a T3U-vizsgálatot el kell végezni, és a két vizsgálati eredmény szorzata teszi lehetővé a "szabad T4"-index kiszámítását. Hasonlóképpen a szérum "szabad-T4" tartalmának a jelzője az u.n. "effective thyroxine rate" /ETR/. E teszteket elsősorban akkor alkalmazzuk, amikor a szérum pajzsmirigyhormon-tartalma vizsgálatának az eredményét a TBG-koncentráció befolyásolja.

Az utóbbi időben tért hódít a szérum 3,5,3'-T3-tartalmának a meghatározása. Sajnos e vizsgálat eredményére is kihat a TBG-ben bekövetkezett változás. Akut, illetve idült megbetegedésekben csökkenhet a szövetekben a T4 deiodálódása T3-má, és ennek a következménye a szérum T3-tartalmának a csökkenése lehet, noha a beteg euthyreosisos /u.n. alacsony T3-szindróma/. A szérum T3-vizsgálatának jelentőségét az adja meg, hogy segítségével felderíthető a trijódthyronin-toxikózis. A szérum "szabad"-T3 vizsgálata jelenleg van elterjedőben, gyakorlati alkalmazásának a körvonalazása kialakulóban van. RIA módszerrel kimutatható a szérum *reverz-T3* tartalma is. Az alacsony T3-szindrómára jellemző körképekben a szövetekben a T4 deiodálódása rT3 irányában tolódik el, és a szérumban a rT3-tartalom megnövekszik.

A szérum *thyroxinkötő globulin-/TBG/-tartalmában* bekövetkező változás megváltoztathatja a szérum *összes T4 és T3 tartalma* vizsgálatának eredményét, ezért néha érdemes meghatározni a szérumban RIA segítségével a TBG abszolút mennyiségét.

Az utóbbi évek vizsgálatai során kiderült, hogy a *thyreoglobulin* kis mennyiségben egészségesek pajzsmirigyéből is kiáramlik. A szérum thyreoglobulin-tartalma meghatározásának a jelentősége abban rejlik, hogy totális strumektómiát után a pajzsmirigy malignóma jódaavid metasztázisainak a kifejlődésekor a szérum thyreoglobulin-tartalma megnövekszik.

A szérum TSH-tartalmát hypothyreosis gyanúja esetén határozzák meg RIA módszerrel. Amennyiben a hypothyreosist maga a pajzsmirigy megbetegedése idézi elő /primer hypothyreosis/, a szérum TSH-tartalma nagyobb, mint 5,0 mE/l. Szekunder hypothyreosis esetén azonban a szérum TSH-tartalma normális maradhat,

vagy annál kisebb. A szérumban TSH-tartalmának a vizsgálata alkalmas primer hypothyreosisos betegekben a substitúciós pajzsmirigyhormon-kezelés eredményének a megítélésére is.

A szérumban TSH meghatározását gyakran kombináljuk a TRH-terheléses vizsgálattal. Ez utóbbit 200 µg i.v. beadott TRH-val végezzük el. Hatására egészségesen átmenetileg megnövekszik a szérumban TSH-tartalma. Ez a reakció primer hypothyreosisban fokozott, viszont szekunder hypothyreosisban, illetve hyperthyreosisban a TRH-ra adott TSH-válasz elmarad.

A klinikai gyakorlatban milyen pajzsmirigyfunkciós próbák alkalmasak a hyper-, illetve hypothyreosis kimutatására?

Hyperthyreosis gyanúja esetén alapvizsgálatként a szérumban T4 és "T3U" vizsgálat szerepel, és ezekből kiszámítható a "szabad-T4" index. Egyidejűleg magas T4- és T3U vizsgálat szerepel, és ezekből kiszámítható a "szabad-T4" index. Egyidejűleg magas T4- és T3U-vizsgálati eredmény hyperthyreosisra utal. Amennyiben a szérumban T4-tartalmát nagynak találjuk, a T3U próba eredménye viszont a normálnál kisebb, felvetődik a szérumban TBG-tartalmának a megváltozásával járó kórkép lehetősége. Ilyenkor érdemes meghatározni a szérumban "szabad"-T4-vagy TBG-tartalmát, illetve elvégezni az ETR-vizsgálatot. Amennyiben hyperthyreosis gyanúja esetén a szérumban T4-tartalmát normálisnak találjuk, a T3-toxikózis felderítésére meghatározzuk a szérumban T3-tartalmát, továbbá elvégezhetjük a TRH-terhelést, esetleg T3-suppressios próbát. Itt kell megemlíteni azt, hogy ha a beteg klinikailag euthyreosisos, viszont a vizsgálati leletek hyperthyreosisra utalnak, szintén a TRH-terhelés elvégzése ajánlott. A golyva típusának a vizsgálatára szcintigráfiát végzünk.

Hypothyreosis gyanújakor az alapvizsgálat szintén a T4- és T3U-meghatározás, ezen tesztek alacsony értéke hypothyreosisra utal. Euthyreosisos klinikai állapot és kicsiny szérumban T4-tartalom esetén érdemes meghatározni a szérumban T3- illetve TSH-tartalmát. Amennyiben a beteg hypothyreosisra gyanús, viszont a szérumban T4-tartalmát normálisnak találjuk, indokolt a szérumban TSH-tartalmának a meghatározása: magas TSH-érték primer hypothyreosisra utal; normális TSH-tartalom esetén viszont, szekunder hypothyreosis kimutatására, elvégezzük a TRH-terhelés vizsgálatát.

A leirtak alapján megállapíthatjuk, hogy gyakran szorulunk egyidejűleg többfajta vizsgálat elvégzésére. A klinikai kép értékeléséről azonban sohasem feledkezzünk meg.

Klinikai gyakorlatban alkalmazott in vitro pajzsmirigyfunktíós vizsgálatok értékei egészséges egyéneknél

Thyroxin /T4/	70 - 160 nmol/l
Trijódthyronin /T3/	1,2 - 3,1 nmol/l
"szabad"-thyroxin	9,7 - 24,0 pmol/l
T3-felvételi próba /T3U/	0,85-1,15
Reverz trijódthyronin /rT3/	0,23-0,46 nmol/l
Thyroxinkötő globulin /TBG/	10 - 25 mg/l
Thyreoglobulin	2 - 20 µg/l
TSH	<1,25- 5,0 mE/l
TRH-terhelés: ΔTSH	5 - 25 ml/l

IV. EKG-VAL KAPUZOTT NUKLEÁRIS KARDIOLÓGIAI ELJÁRÁSOK

Csernay László

1. BEVEZETÉS

A szív üregrendszerében lévő vérmennyiség periódikus dinamikus változását a klasszikus statikus vérpoolszcintigráfia nem képes nyomonkövetni. A módszer csak a maximális szívetület ábrázolására alkalmas.

A nukleáris kardiológia dinamikus adatfelvételi technikáinak célja, hogy a folyamatosan változó térfogat-, áramlás- /és nyomás-/ viszonyokról információt szolgáltatasson.

A first passage módszer radioaktív bólus centrális áthaladását követi nyomon, az ún. ekvilibrumtechnika a jelölő anyag teljes elkeveredése után a szív üregrendszerének dinamikus változásáról szolgáltat adatokat.

1.1. EKG-val kapuzott, ekvilibrumban végzett nukleáris kardiológiai vizsgálatok elméleti alapjai

A szív üregrendszerének periódikus alakváltozását képsorozattal ábrázoljuk.

A teljes vértérfogatban egyenletesen elkeveredett radioaktív izotóp viszonylag kis radioaktív koncentrációja következtében egyetlen szívciklus adatai elfogadható statisztikájú képsorozat előállítására nem elegendők.

A szívciklus kezdetét és végét az EKG R-hullámával azonosítjuk, majd sok /több száz/, közel azonos hosszúságú szívciklus azonos fázisú adatait összegezzük /EKG-kapuzás/.

1.2. Farmakonok

In vivo vagy in vitro, ^{99m}Tc -mal jelölt vörös vértestek, humán szérumalbumin.

1.3. Lehetséges adatfelvételi technikák

Frame-módu adatgyűjtés: a képsorozat folyamatosan, az adatgyűjtés alatt készül.

List-módu adatgyűjtés /SEGAMS/: a list-módban tárolt impulzuskoordináták képpé rendezése a felvétel befejezése után történik, a feldolgozandó szivciklusok hossza utólag szabadon választható.

Hibrid adatgyűjtés

1.4. Eltérő hosszúságu vagy a választott képszámmal nem osztható időtartamu ciklusok kezelése

Középről, előlről vagy hátulról kapuzás.

2. ADATGYŰJTÉSI ELJÁRÁS A BALKAMRAI EJEKCIÓS FRAKCIÓ MEGHATÁROZÁSÁRA ÉS A BALKAMRAFAL MOZGÁSKÉPESSÉGÉNEK ANALIZISÉRE

5-600 MBq ^{99m}Tc -mal jelölt vvt-k

Tc-kollimátor

Felvételi irányok: LAO-30/-15/, AP,
LAO-70 /RAO-30/

Irányonként legalább 3 cserélhető lemez

/3x2,5 Mbyte: 3.770 000 imp./

Középről kapuzással, 10%-os ablakkal 16-képes képsorozatok

3. A BALKAMRA GLOBÁLIS EJEKCIÓS FRAKCIÓJÁNAK SZÁMITÁSA

Az ejekciós frakció a kamrai teljesítmény fontos mérőszáma. Megmutatja, hogy a balkamra diasztolés vértartalmának hány százalékát képes a keringésbe továbbítani.

Egyszerűsített formula: $EF = \frac{ED-ES}{ED-BG}$,

ahol

ED = a végdiasztolés kamravetület aktivitása,

ES = a végszisztolés kamravetület aktivitása,

BG = a háttéraktivitás.

A meghatározás menete: csak LAO-30-ból!

3.1. 1 ROI-s technika:

- a végdiasztolés kamrai vetület meghatározása:
végdiasztolés részösszegkép vagy paraméteres képek alapján, vagy automatikusan;
- háttér kijelölése a laterális kamrafal mellett a csucsig terjedően két cella szélességben, esetleges zavaró aktivitások /lép/ kihagyásával;

- háttéraktivitással korrigált kamrai volumengörbe előállítása, a balkamrai ejekciós frakció számítása.

3.2. 2 ROI-s technika /pontosabb/

az előbbieken kívül:

- a kamra végszisztolés aktivitásának meghatározása megfelelően kijelölt végszisztolés ROI-ból /szisztolében a kamra a diasztolés ROI-ból ki-mozdulhat, vagy más, nagy vértartalmu képletek kerülhetnek a diasztolés vetületre/.

Parciális ejekciós frakció: a balkamra tetszőleges szegmensében is számítható ejekciós frakció.

Jelentősége: regionális iszkémia, mozgászavar felismerése.

4. A BALKAMRAFAL MOZGÁSKÉPESSÉGÉNEK ANALIZISE HUOKSZERŰ VETÍTÉSSEL

A balkamrafal szegmensbeosztása lehetővé teszi a lokalizációt.

Ciklikusan, kétszer háromdimenzionálisan simított, expandált, adjungált képsorozat hurokszerű vetítése jó lehetőséget biztosít normokinetikus, enyhén vagy súlyosan hipokinetikus, akinetikus vagy paradox pulzációju kamrafalszegmensek felismerésére.

5. FUNKCIONÁLIS PARAMÉTEREK KÉPI ÁBRÁZOLÁSA

/paraméteres képek/

Ha egy dinamikus vizsgálat valamennyi képpontján bizonyos, a teljes időfolyamatot jellemző paramétereket kiszámítunk, és azokat a megfelelő képpontokban, abszolút értékük függvényében, különféle színekkel ábrázoljuk, paraméteres képeket kapunk. A képeken tehát a színek nem radioaktivitás-, hanem paraméterértékeket jelentenek. A nukleáris kardiológiában legelterjedtebb paraméteres képek az amplitúdó-és fázisképek.

Előállításuk: képcellánként generált volumengörbék Fourier-analízisével.

Amplitúdókép: az un. alapfrekvencia amplitúdója,

Fáziskép: az un. alapfrekvencia fázisértéke.

Alkalmazási területek:

- végdiasztolés kamravetület meghatározása.
- regionális mozgászavarok analízise,
- diszkinetikus kamrafalrészletek azonosítása /balkamrai aneurizmák/,
- ingerületvezetési zavar vizsgálata.

6. TERHELÉSES VIZSGÁLATOK

A balkamrai ejekciós frakció terhelésre egészséges egyéneknél nő, iszkémiás szivbetegségben vagy a sziv un. szisztolés rezervének kimerülésekor változatlan, vagy csökken.

Vizsgáló módszer: alapfelvétel a nyugalmi balkamrai ejekciós frakció meghatározására, ezt követően azonos geometriával ergometriás terhelés közben végzünk adatgyűjtést.

7. AZ EKG-VAL KAPUZOTT, EKVILIBRIUMBAN VÉGZETT VIZSGÁLATOK INDIKÁCIÓI

- iszkémiás szivbetegség, elsősorban lezajlott miokardiális infarktus, balkamrai aneurizma gyanuja,
- műtét előtti, majd azt követő ellenőrző vizsgálatok,
- a balkamrai ejekciós frakció változásával járó szivbetegségek /kardio-miopátiák/.

V. A SZÍVIZOM-PERFÚZIÓ VIZSGÁLATA

Csernay László

1. BEVEZETÉS

A normofunkciós szivizom képi ábrázolására a 60-as évek elejétől különféle radioaktív izotópokkal tettek kísérleteket. A képalkotási, szervmegoszlási, sugárterhelési problémák a módszerek elterjedését sokáig gátolták. A ^{201}Tl bevezetésével 1973 óta azonban közel optimális tulajdonságu farmakon áll rendelkezésre. Ma a ^{201}Tl -mal végzett szivizom-szcintigráfiás vizsgálat az élő miokardium ábrázolásának általánosan elfogadott módszere.

1.1. A ^{201}Tl fizikai tulajdonságai

Gamma sugárzási energia: 167 keV /10%/, 135 keV /3%/, 69-83 keV / ^{201}Hg karakterisztikus sugárzása/

Felezési idő: 73 óra

Sugárterhelés: 65 Gy/MBq egésztest

1.2. A ^{201}Tl biokinetikája

K-analóg: passzív diffúzió /hasonló ionátmérő/;
 aktiv transzport;
 korai eloszlás az első áthaladáskor;
 folyamatos újraeloszlás;
 miokardium vértérfogat extrakardiális szervek

2. NYUGALMI ^{201}Tl -SZCINTIGRÁFIA

2.1. Indikáció

Miokardiális infarktus igazolása, lokalizálása, kiterjedésének becslése,
 intrakardiális tumor gyanuja

2.2. A vizsgálat lefolyása

éhgymor

74 MBq ^{201}Tl intravénásan

a vizsgálat megkezdéséig a beteg lehetőleg mozogjon,
felvételek kezdete a beadás után legalább 10 perccel,
Tc-kollimátor, a szivizom vetületében mért 1000-1500 imp/cm²
felvételi irány: AP, LAO-45, LAO-70

2.3. A felvételek értékelése

- környezetükhöz képest abszolút vagy relatív mértékben csökkent perfu-
zióju kamrafalrészletek azonosítása;
- szegmensbeosztás
- fiziológiásan csökkent perfu-zióju területek:
jobbkamra, szivcsucs, bázis, szeptum
Ok: kisebb izomtömeg
- számítógépes értékelési lehetőségek:
matematikai képfeldolgozás, aktivitásprofilok, EKG-kapu-
zás, 7 pinhole kollimátor
/előnyök vitatottak/

3. TERHELÉSES ^{201}Tl -VIZSGÁLAT

3.1. Célja: Terhelésre haemodinamikailag hatásossá váló koronária-
szűkületek okozta tranziens iszkémia kimutatása

3.2. A beteg előkészítése

Éhgymor; antianginás szerek; koronáriumtágítók szedésé-
nek felfüggesztése; vénás kanül behelyezése

3.3. A vizsgálat

- lépcsőzetes terhelés az előre meghatározott terhelt-
ségi szint eléréséig /kardiológus jelenléte/;
- a terhelés vége előtt 30 mp-cel $^{201}\text{TlCl}$ beadása
kanülon át;
- a terhelés után azonnal felvételek készítése legalább
3 irányból;
- redisztribúciós felvételek azonos felvételi irányokból
/2/-4-/6/ órás

3.4. A felvételek értékelése

- a/ közvetlenül az analóg képekről: kis elváltozások, több ér betegsége,
relatív redisztribúció megítélése nehéz;
- b/ számítógépes értékelés: előfeldolgozás, a balkamra kijelölése, aktivi-
tásprofilok, kimosási faktor számítása, 90%-ot meghaladó
szenzitivitás-és specificitás-értékek.

VI. A NUKLEÁRIS KARDIOLÓGIA HAGYOMÁNYOS ELJÁRÁSAI

Istvánffy Mária

A keringésvizsgálati laboratóriumok számos, hagyományos módszert alkalmaznak a centrális és perifériás áramlás-, térfogat-viszonyok meghatározására.

Dinamikus és statikus vizsgálati módszerekkel az aktuális kardiopulmonalis, funkcionális állapot megítélésére alkalmas informatív paraméterek nyerhetők. A kapott adatok változása értékelhető fizikai terheléses próbák kapcsán, mérhető gyógyszeradagolás közvetlen és késői hatása, és a tartós terápiás eredmény is.

1. KVANTITATIV RADIOKARDIOGRÁFIA

Az izotóp-radiokardiogram /RKG/ a centrális keringési szakaszon áthaladó, a vizsgálat idején az érpályában maradó radioaktív indikátor ^{131}I -HSA, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ HSA/ aktivitásváltozásának grafikusán ábrázolt képe.

A térfogatdimenziót a dilúciós elv alapján mért, a beadott radioaktivitás és az egyenletes elkeveredés után mért vérminta radioaktivitásának aránya alapján mért és meghatározott *aktuálisan keringő vérmennyiség* adja.

A radiokardiogrammal jó pontossággal határozható meg a szív perctérfogata /liter/min/ és az azonos időben rögzített BKG-val a verőtérfogat /ml/ is.

A normálisnak tekinthető értékek:

perctérfogat-index: $3,7 \text{ liter/min/m}^2 \pm 0,3$

verőtérfogat-index: $45 \text{ ml/m}^2 \pm 5$

A "mért" keringő vérmennyiség eltérése az adott egyén testsúly, testmagasság, életkor szerinti un. "kell" értékétől, hemodinamikai eltérésre, a keringési egyensúly kompenzatorikus mechanizmusokkal való fenntartására utalhat.

A keringő vérmennyiség és a perctérfogat hányadosát az un. Wollheim-indexet használják a centrális hemodinamika kompenzációs fokának mutatójaként. 0,5-1,1 hányadosérték a keringés egyensúlyát, 1,1-nél nagyobb hányados kompenzatorikus hypervolaemiát vagy a keringés elégtelenségét jelezheti.

A RKG görbe két csúcsa, a *dextogram* és a *laevogram* hulláma egymáshoz képest a tüdőkeringés szerint tolódik el. A szívfrekvenciában kifejezett átlagos tüdő-áthaladási idő /MPTT = mean pulmonary transit time/ megnyulása a balkamrai végdiasztolés nyomásnövekedés korai és érzékeny mutatója. Normális értéke $6,2 \pm 0,8$ szív ciklus ideje. A RKG laevogram fázisának relatív aktivitáscsökkenése, a szív ciklus időegységének megfelelően, a kamrai ürülés ütemét jelzi. Ennek alapján megközelítő pontossággal becsülhető a bal kamrai ejekciós frakció /EF/.

Radiociklográfia

Az aktivitás kiegyenlődésének időszakában, EKG vezetőgöribével együtt a kamrai telődés és ürülés aktivitásváltozása, a *radiociklogram* /RCG/ értékelésével is vizsgálható az EF, valamint változása is, ergometriás terheléskor, gyógyszer hatására.

2. VELESZÜLETETT SZIVBETEGSÉGEK NUKLEÁRIS DIAGNOSZTIKÁJA

Intrakardiális *bal-jobb shunt* kimutatása vagy kizárása, nagyságának meghatározása Q_p/Q_s arány, = pulmonális áramlás - szisztémás áramlás viszonya/ jól vizsgálható a radionuklidos angiokardiográfia "first pass" módszerével. Alkalmos a módszer v. cava anomalia, pulmonalis atresia stb. kimutatására is.

1. A pulmonális áramlási görbe maximális aktivitási értékének viszonya fordított aránnyal, a kimosási szakasz azonos időbeni aktivitásához (C_2/C_1) nagyobb, mint 0,35, bal-jobb shunt valószínű.

2. A pulmonális áramlási és a balkamrai áramlási görbék értékének különbsége /ROI-technika, γ -függvény vagy monoexponenciális illesztési módszerek/, $Q_p/Q_s = 1,2:1, -3:1$,

3. $C^{15}O_2$ inhalációs módszer

Jobb-bal shunt kimutatási lehetősége:

- Radionuklid angiokardiográfia, /ROI-technika/, korai áramlási aktivitás a bal szivfélben;
- ^{99m}Tc -HSA makroaggregátum vagy mikroszféra /30-50 μ szemcseátmérő/ i.v. adása esetén kimutatható nagyvérköri aktivitás /multifokális A-V pulmonális fistulák, palliatív műtéti shuntök vezetőképességének megállapítására/.

VII. A KOLLOID-MÁJSZCINTIGRÁFIA

Szilvási István

A radioaktív kolloidokkal végzett statikus májszcintigráfia az egyik leggyakoribb, legerősebb, legrégebben alkalmazott szcintigráfias eljárás. A jelölt kolloidot az RHS /retikulo-hisztiociter szisztéma/ sejtjei fagocitálják. Ezen sejtek 85-90%-a a májban található, így a kolloidszcintigráfia kapcsán a máj vizsgálható.

A májban lévő RHS sejtek /Kupffer-sejtek/ az opsonizált kolloidokat - amennyiben a sejtek vérellátása és sejtfunkciója jó - fagocitálják. A gyakorlatban a ^{99m}Tc -mal jelölt kénkolloid, illetve fitát terjedt el /Fyton/.

1. MÓDSZERTAN

120-200 MBq aktivitás intravénás adása után 15-20 perccel, szcintillációs kamerával, 3000 ID előválasztással analóg felvételeket készítünk. /Ki-

vánatos lenne a nagy látómezejű kamera./

A kollimátor nagy felbontóképességű legyen.

Standard irányokból készített felvételeken a máj nagysága, alakja, helyzete és aktivitáseloszlása vizsgálendő. A szokásos vetületek: A, RAO, R és P. Aktiv vagy inaktív markerekkel /a bordaív mentén, illetve a tapintható elváltozásnak megfelelően/ segítjük a méret, a helyzet meghatározását, valamint a tapintható elváltozás hepaticus - extrahepaticus eredetének eldöntését.

Álló és fekvő helyzetben egyaránt készíthető felvétel. A testhelyzet változása gyakran alaki, nagyságbeli változással jár együtt. Szükség lehet légzésvisszatartásban, illetve különböző légzési fázisban készített felvételekre, melyek a bordaív okozta benyomat tisztázása mellett a térfoglaló folyamatok pontosabb jellemzését, jobb felismerhetőségét segíthetik.

2. A NORMÁLIS MÁJ

A normális máj legtöbbször háromszögletű vetületi képet ad az anterior felvételen. Az alaki variációk száma jelentős. A máj nagysága a testmagassággal változik, ennek ismerete lényeges. Mindenképpen kórosnak tartandó, ha a máj legnagyobb hosszanti átmérője 17 cm-nél nagyobb. A normális máj aktivitáseloszlása homogén. Fitáttal készített felvételeken a lép aktivitásfelvétele csekély, ezért az anterior irányú felvételen a lép alig, vagy nem ábrázolódik.

Az interpretáció nehézségei

A legfontosabb korlátozó tényezők *biológiai* természetűek. Ezek: az alaki variációk nagy száma, a fiziológiásan is előforduló csökkent aktivitású területek, fiziológiás vagy kóros külső képletek okozta benyomatok. A máj a légzéssel összefüggő mozgást végez. A megállapított térfoglaló folyamat biológiai természete a statikus májscintigráfia alapján nem állapítható meg.

Mütermékek: fémtárgyak , mamma okozta abszorpció, a gyomor-béltraktusban lévő bárium kontrasztanyag, a máj elé vetülő belek.

Mindezek alapján 1,5 cm-nél kisebb intrahepaticus térfoglaló folyamat nem mutatható ki. A jobb lebeny belsejében, normális májnagyság esetén, ép májszöveten belül elhelyezkedő 3 cm nagyságú térfoglaló folyamat még felderítetlen maradhat.

3. A KÓROS MÁJSCINTIGRAM

A *májparenchyma* betegségei szcintigráfiával észlelhető elváltozásokkal járnak. Ezek: hepatomegalia, a bal lebeny relatív megnagyobbodása, az aktivitáseloszlás inhomogenitása, a lép megnagyobbodása, a lép és a csontok RES elemeinek fokozott aktivitásfelvétele. Ez utóbbi a portoszisztémás sőtörlődést jelzi. A diffúz májparenchyma betegségének megállapításában a májscintigráfia találati biztonsága kb. 60-70%-os.

A máj *térfoglaló folyamatai* aktivitáskiesés formájában jelentkeznek. Lehetnek szoliterék és multiplexek.

A szcintigráfias kép alapján a térfoglaló folyamat természete nem állapítható meg. A módszer érzékenysége 90% körüli. A kimutathatóság határa 1,5 - 2 cm.

Nehéz az inhomogén aktivitáseloszlás értelmezése. Törekedni kell az állapot pozitív lelet arányának csökkentésére. Az egyes malignus tumorok májmetasztázisai különböző szcintigráfias képet adnak.

/A kolorektális karcinómák metastázisai nagyok, a mamma, bronchus karcinóma apró göccs májmetasztázissal jár/.

4. A MÁJSZCINTIGRÁFIA INDIKÁCIÓI

Mint a legtöbb diagnosztikus eljárást, a májszcintigráfiát is kóros folyamat detektálására, a terápia követésére, bizonyos veszélyeztetett beteganyag szűrésére és speciális célokra alkalmazhatjuk.

Parenchymás májbetegség vizsgálatában a májszcintigráfia csak kiegészítő jelentőségű vizsgálat. Nem alkalmas az etiológia /biopszia!/, a májbetegség aktivitásának /enzimdiagnosztika!/ megállapítására. Alkalmas a portoszisztémás söntölődés felderítésével a parenchymás májbetegség stádiumbeosztására és a kórlefolys követésére, valamint a májcirrózis talaján kialakult primer hepatocelluláris májrák felismerésére.

Malignus betegségek

- A primer májrák detektálása. Gyakran többgócú! /⁶⁷Ga-citrát-szcintigráfia kiegészítheti/.
- Metasztázisok keresése. Klinikai gyanu esetén mindig, a kolorektális, vese-, bronchus- és makkakarcinómák esetén staging keretében.
- Limfómákban a máj érintettségének vizsgálatára.
- Jobb felhasban tapintható tumor vizsgálatára.

Abszcesszusok

- Májtályog és jobboldali szubfrenikus tályog gyanujában /ez utóbbi esetben tüdőszcintigráfiával kombinálva/. /⁶⁷Ga-citrát-szcintigráfia!/.
- Máj traumás sérülése
- Terápia követésére. Malignus betegségben /irradiáció, citosztatikum/, májtályog esetén.
- Célzott májbiopszia előtt a folyamat lokalizálására /ultraszonográfia, CT hiányában/.

5. A MÁJSCINTIGRÁFIA LELETE

A *leírásban* szerepeljen a máj nagysága /cm-ben/, az aktivitáseloszlás homogén vagy inhomogén volta, az esetleges aktivitáskiesések száma, helyzete, mérete, a lép nagysága, aktivitásfelvételének mértéke és a látható csontterület esetleg fokozott aktivitásfelvétele.

A *véleményben* a feltett kérdésre kell válaszolni. Nem egyértelmű kép esetében fel kell sorolni a leggyakoribb szóhajóhető elváltozásokat. Gyakran csak valószínűségi adatokat /alapos gyanu, nagyon valószínű, valószínűtlen stb./ közölhetünk. Utalni kell a módszer korlátaira is /a klinikus partnerek tájékozottságától függően/. Tegyük javaslatot esetleg szükséges kontroll vizsgálatra, ultrasonográfiára.

A kolloid-májscintigráfiát általában *egyéb képalkotó* eljárásokkal kombináltan alkalmazzuk. Elsősorban az *ultrasonográfia* a részben kompetitív, részben komplementer "partner" vizsgálómódszer.

VIII. A KOLESZCINTIGRÁFIA

Szilvási István

A ^{99m}Tc -mal jelölhető, gyors hepatobiliáris ürítésű un. koleszcintigráfias /vagy hepatobiliáris/ radiofarmakonok előállítása a 70-es évek második felétől új izotópdiaosztikus módszer, a koleszcintigráfia bevezetését tette lehetővé.

1. A LEGELTERJEDTEBB KOLESZCINTIGRÁFIÁS RADIOFARMAKONOK

Ezek a fenilkarbamoil-iminodiacetátok, az un. IDA származékok. A rutin diagnosztikára közülük legmegfelelőbb a dietil származék, a HIDA. Ez a vegyület megközelíti az ideális hepatobiliáris radiofarmakon tulajdonságait: májspecifitás, csekély renális exkréció, gyors intrahepatikus áthaladás, az enterohepatikus cirkuláció hiánya, in vitro és in vivo stabilitás.

A radiofarmakon az un. carrier-medialt organikus anion transzport utján választódik ki az epébe. Emiatt a bilirubin és a kolegráfias radiofarmakonok kompetitív módon gátolják a kiválasztódását. Ezért jelentős sárgaságban a HIDA-val végzett koleszcintigráfia diagnosztikus értéke korlátozott. A radiofarmakon biodisztribúciója és strukturája közötti összefüggés ismerete alapján újabb speciális célokra megfelelő radiofarmakonok előállítása várható.

2. A HIDA HUMÁN FARMAKOKINETIKÁJA

Normális máj- és epeműködés esetén a szcintillációs kamerával készített felvételeken néhány percen belül a máj intenzíven ábrázolódik, a hepatokoledohusz /esetleg a hepatikusok is/ a 10. perc körül - a radiofarmakon nagy

biliáris koncentrációja miatt - ábrázolódnak, a 20-30. perctől az epehólyag telődése és a radiofarmakon fokozatos bélbekerülése látható.

A koleszcintigráfia alkalmas a máj epeelválasztó tevékenységének és az epeelfolyás dinamikájának vizsgálatára. A klinikumban elsősorban az epeelfolyás akadályozottságának és egyéb rendellenességeinek diagnosztizálására alkalmazzuk.

3. A VIZSGÁLAT MÓDSZERE

Az éhgyomorra lévő beteg 120 - 200 MBq^{99m}Tc-HIDA-t kap iv. Sárga betegnek 200 - 400 MBq-t adunk. Szcintillációs kamerával analóg sorozatfelvételeket készítünk az iv. beadást követő 5., 10., 30. és 60. percben, anterior felvételi irányból. Szükség esetén, egyes képletek jobb ábrázolására, ferde felvételi irányokat alkalmazhatunk, tulleponált felvételeket készíthetünk, illetve későbbi felvételekre /2, 4 esetleg 24 órás/ is szükség lehet. A sorozatfelvételek összehasonlíthatóságát az azonos felvételi körülmények /expoziációs idő, megvilágítás/ biztosítják. Rutinszerűen a 10. percben, 3000 ID előválasztással készült felvétel a referenciakép.

A számítógépes támogatással végzett vizsgálatra /különbféle indexszámok, idő-aktivitásgörbék, parametrikus képek/ csak speciális esetben /koleciszta-kontrakció, diszkinézisek, gyógyszerhatás vizsgálata/ van szükség. A gyakorlatban a szív vérpool, a máj széli része, a koledohusz, az epehólyag és a duodenum idő-aktivitásgörbéit elemezzük.

4. A KOLESZCINTIGRÁFIA LEGGYAKORIBB INDIKÁCIÓI

- a/ Akut kolecisztitisz klinikai gyanuja: a cisztikus vezeték átjárhatóságának, illetve elzártságának megállapításával az akut kolecisztitisz diagnózisa kizárható, illetve megerősíthető.
- b/ Biliodigestív anasztomózisok átjárhatóságának vizsgálata, belső epesipolyok kimutatására.
- c/ Az epeelfolyás akadályozottságának kimutatása
- f/ - ha az ultrasonoqráfia, illetve röntgenkolegráfia eredménye nem egyértelmű;
 - kolecisztektómia utáni panaszok diagnosztikája /szfinkter szklerózis?/;
 - sárgaságban az ultrasonoqráfia eredménytelensége, bizonytalan vagy kétséges lelete esetén;
 - a neonatalis sárgaság differenciáldiagnosztikája /biliáris atrézia kizárására/;
 - teljes obstrukció igazolása, ha ez egyéb módszerekkel nem egyértelmű.

A módszer az epeelfolyási akadály etiológiájának megállapítására nem alkalmas.

- d/ Az epeutakon végzett műtét, az endoszkópos szfinkterotomia eredményességének megállapítása.
- e/ Az epeuti és epehólyag-diszkinézis vizsgálata farmakodinámiás vizsgálattal. /Számítógépes támogatással, idő-aktivitásgörbék készítésével gyógyszerhatás objektív vizsgálata lehetséges./
- f/ A kolloid-májszcintigráfián észlelt aktivitáskiesés epeuti - epehólyag - eredetének megállapítása.
- g/ Epés reflux /gastro-duodenális, nyelőcsőműtétek utáni/ kimutatása.

Ikteruszos betegen - leggyakrabban biliodigestív anasztomózisok átjárhatóságának vizsgálatára, belső epesipoly kimutatására - a nagyobb hepatrópiájú para-butil-IDA-t, diizopropil-IDA-t /Hepatology/ használjuk.

5. A KOLESZCINTIGRÁFIÁS VIZSGÁLAT LELETE

A leírásban állást kell foglalni a máj aktivitástranszportjáról, az epeutak aktivitáskiürülésének üteméről, az epehólyag telődéséről. Esetleges májnagyobbodás térfoglaló folyamatra utaló aktivitáskiesés, az epeutak alaki eltérései, duodenogasztrikus reflux megemlítendő.

A véleményben a feltett kérdésre /epeelfolyási akadályozottság?, epehólyag-telődés? stb./ kell válaszolni.

6. A KOLESZCINTIGRÁFIA HELYE A MÁJ- ÉS EPEBETEGSÉGEK KÓRISMÉZÉSÉBEN

A koleszcintigráfiát a betegellátásban, egyéb radiológiai képalkotó eljárásokkal együtt, ún. *diagnosztikus taktikák* keretében alkalmazzuk. E taktikák az egyes módszerek racionális alkalmazási sorrendjét tartalmazzák a különféle diagnosztikus kérdések /epekö, akut kolecisztitisz, sárgaság, diszkinézis stb./ eldöntésére. A koleszcintigráfia helyét elsősorban funkcionális jellege határozza meg, az epeelválasztás és epeelfolyás dinamikájáról tájékoztat, kiegészíti az elsősorban morfológiai-anatómiai információkat adó egyéb radiológiai /röntgenkolegráfia, ultrasonográfia, CT stb./ eljárásokat.

IX. A TÜDŐ IZOTÓPOS VIZSGÁLATA

Hernády Tibor

A tüdő izotópos vizsgálatában képalkotó módszereket és funkcionális eljárásokat alkalmazunk. A képalkotáson alapuló metodikákat két csoportra osztjuk: *perfúziós tüdőszcintigráfia*ra és *ventillációs tüdőszcintigráfia*ra. A funkcionális eljárásokat összefoglaló néven *radiospirometriának* nevezzük. A legkorszerűbb berendezések alkalmazásánál a képalkotó és a funkcionális eljárások közötti határ elmosódik, és morfológiai és funkcionális információk egyidejű felvételével végezzük a vizsgálatot.

1. PERFUZIÓS TÜDŐSZCINTIGRÁFIA

A vizsgálat lényege, hogy technéciummal jelzett, erre a célra preparált humán albumin szemcséket intravénásan fecskendezünk be. A szemcsék a vérárammal érik el a tüdőt, innen adódik a perfuziós szcintigráfia elnevezés.

Az albumin szemcsék az előállítás módjától függően lehetnek gömb alakúak, ezeket mikroszférának, vagy szabálytalan alakúak, ezeket makroaggregátumnak nevezzük. Miután a tüdőkapillárisok átmérője $7\ \mu\text{m}$, ennél nagyobb szemcséket kell alkalmaznunk, hogy a radioaktív anyag a tüdőben mikroembolizáció révén felhalmozódjék. $100\ \mu\text{m}$ -nél nagyobb szemcsék alkalmazása nem kívánatos, hiszen ezek már centrálisabban elhelyezkedő nagyobb arteriolákat zárnak el, és ezzel akadályozhatják a tüdőkeringést. Perfuziós tüdőszcintigráfia céljára alkalmas készítményekben a szemcsék átmérője $20\text{--}50\ \mu\text{m}$ között mozog. Egy vizsgálathoz legfeljebb félmillió szemcsét szabad befecskendezni. Megfelelő készítmények esetén már $100\ 000$ szemcsével végrehajtható a vizsgálat; a beadható összes albuminmennyiség nem lehet több mint $1\ \text{mg}$.

A perfuziós tüdőszcintigráfias vizsgálatnál tehát radioaktív részecskékkel mesterséges mikroembolizációt hozunk létre. A vizsgálat, szabályszerű végrehajtása esetén, a betegnek semmiféle szubjektív kellemetlenséget nem okoz, mellékhatással, illetve szövődménnyel nem jár. Kontraindikált azonban a perfuziós tüdőszcintigráfia súlyos kisvérköri elégtelenség esetén, nagyfokú cianózis mellett. Számos kísérlettel egyértelműen bizonyították, hogy a háton fekvő betegnek beadott radioaktív szemcsék a szivben a vérrel egyenletesen elkeverednek, és a perfuziós tüdőszcintigráfias képről a véreloszlást olvashatjuk le. A perfuziós szcintigram az egyes tüdőrészek aktivitásarányát tekintve megbízható, és kvantitativ is értékelhető, de semmilyen információt nem ad a kisvérköri volumen mértékéről. A perfuziós tüdőszcintigráfias képet spasmodusok, illetve egyéb funkcionális komponensek is befolyásolhatják.

A vizsgálat nagymértékben szenzitív, de egyáltalában nem specifikus. Minden tüdőkeringést akadályozó tényező aktivitáscsökkenés vagy kiesés formájában jelentkezik a szcintigramon. Ebből következik, hogy adott kórképre jellegzetes direkt perfuziós tüdőszcintigráfias tünet nincs. *A perfuziós tüdőszcintigráfia kizárólag röntgenfelvétellel együtt értékelhető.* A röntgenképen látható elváltozás és a perfuziós tüdőszcintigráfia közötti különbség a diagnosztikus szempontból értékes információ. Nincs specifikus diagnosztikus értéke annak a perfuziókiesésnek, amelyik helyzet és nagyság tekintetében egybeesik egy röntgenképen látható beszűrődéssel. Döntő diagnosztikus értéke van a szcintigráfiának akkor, ha lokális perfuziós zavart tár fel olyan tüdőrészen, ahol a röntgenképen semmilyen ezt megmagyarázó kóros elváltozás nem látható. A tüdőszcintigráfia legfontosabb indikációja a pulmonális embólia kimutatása. Ezen kívül igen hasznos eszköz tüdősebészeti beavatkozás megtervezéséhez. Alkalmas a centrális tüdőtumor kimutatására, és indikált minden

olyan esetben, amikor a regionális tüdőperfúzió vizsgálata a diagnózis felállításában, illetve a kórkép követésében értékes adat lehet.

2. VENTILLÁCIÓS TÜDŐSZCINTIGRÁFIA

Radioaktív nemesgáz vagy aeroszol belélegzésével szcintigráfiával ábrázolni tudjuk a gázcsereben részt vevő tüdőrészeket. Ezt az eljárást más néven *inhalációs tüdőszcintigráfiának* is nevezzük. A ventillációt szcintigramon úgy is megjeleníthetjük, hogy i.v. injekció formájában, fiziológiás sóoldatban fizikálisan oldott nemesgázt fecskendezünk be. A nemesgáz a tüdőalveolusokban a folyadékfázisból közel 100%-ban a gázfázisba diffundál, így sorozatfelvételi technikával tulajdonképpen kombinált vizsgálatot is végezhetünk. A beáramlási fázisban az aktivitáseloszlás a perfúziót, a kilégzési fázisban a ventillációs viszonyokat jeleníti meg. A ventillációs tüdőszcintigráfia az intrapulmonális gázcsere zavaránál, elsősorban az obstruktív tüdőbetegségek vizsgálatában használatos. Alkalmos a terápiás beavatkozás eredményének lemérésére is. Igen sokan a perfúziós és a ventillációs tüdőszcintigráfia együttes alkalmazását javasolják a pulmonális embóliák kimutatására. Az embóliára karakterisztikus lokális perfúziós zavart az egyéb kóros elváltozásoktól ezekben az intézetekben a ventillációs kép alapján különítik el. A hazai gyakorlatban, de számos helyen külföldön is, erre a szummációs röntgenfelvételt veszik igénybe. Nyilvánvaló, hogy a bonyolultabb felszerelést és különleges sugárvédelmi felkészültséget igénylő ventillációs tüdőszcintigráfia közel sem tudott olyan mértékben elterjedni, mint az egyszerűbb és ugyancsak informatív perfúziós rendszer. A röntgenkép és a perfúziós szcintigram együttes elemzésével közel ugyanolyan diagnosztikus pontosságot lehet elérni az embóliák diagnosztikájában, mintha perfúziós és ventillációs szcintigráfiát alkalmaztunk volna. A jelenlegi hazai álláspont az, hogy a ventillációs módszerek bevezetése elsősorban a pulmonológiai centrumokkal együttműködő izotóposztályoknak ajánlható. Az egyéb egészségügyi intézményekben dolgozó laboratóriumokban a perfúziós tüdőszcintigráfia és röntgenkép egybevetésén alapuló módszerrel végzett diagnosztikai munka az ésszerűbb.

3. RADIOSPIROMETRIA

Spirométerből nemesgázt belélegezve a gázcsere kvantitatív adatait az aktivitásméréssel közvetlenül meghatározhatjuk.

Az évek folyamán sok olyan többdetektoros berendezést konstruáltak, melyek speciális kollimátorokkal az egyes tüdőrészek légzésfunkciós vizsgálatát tették lehetővé. A gammakamera - számítógép-rendszerek elterjedésével azonban a regionális perfúzió és ventilláció, valamint a tüdő egyes részein mérhető ventilláció-perfúzió hányados meghatározása teljesen új technikai alapokra került. A legelterjedtebb és legegyszerűbb komplex kameravizsgálat

metodikája - leegyszerűsítve - a következő: a beteg a gammakamera előtt ül, zárt rendszerű spirométerből lélegzik. Intravénás injekció formájában ^{133}Xe -t vagy egyéb radioaktív nemesgázt fecskendeznek be a cubitalis vénába. Ez az első kisvérköri cirkulációval eléri a tüdőt, a beteg az alveolusokba diffundált nemesgázt a spirométerbe kilégzi. A xenon és levegő egyenletes elkeveredése után a beteget maximális belégzésre, majd teljes kilégzésre szólítják fel. Ujabb maximális belégzés után a zárt légzési kört megnyitják, és a beteg a szabadba, illetve elnyelő közegre kilégzi a tüdejében lévő nemesgázt. A teljes vizsgálati programot a számítógép memoriájába rögzítik. Kiértékeléskor perfuziót megjelenítő tüdőszcintigramot a tüdőbeli gázterek aktivitását ábrázoló ventillációs tüdőszcintigramot lehet megjeleníteni, a spirometriás értékeket /totálkapacitás, residuális volumen stb./ ki lehet számítani, és a megfelelő adatok összerendezésével kinyomtatható a *regionális ventillációs-perfuzió-hányados* is.

Természetesen a nukleáris pulmonológiában is, mint minden más izotópdiagnosztikai szakterületen, számos speciális, egyes intézetek célzott vizsgálati, illetve kutatási programját szolgáló módszert dolgoztak ki, ezek ismertetése a szakorvosi előkészítés kereteit meghaladja.

X. A VESE IZOTÓPOS VIZSGÁLATA

Hernády Tibor

A vese radioizotópos vizsgálatát metodikai szempontból három csoportra osztjuk fel:

1. radiofarmakológia, vagy más néven izotópnefrográfia, radionefrográfia;
2. szcintigráfia;
3. izotópos clearance módszerek.

1. AZ IZOTÓPNEFROGRÁFIA

Az izotópdiagnosztika egyik klasszikus vizsgálóeljárása; a ^{131}I -dal jelzett orto-jód-hippursav /Hippurán/ intrarenális transzportjának időbeli nyomonkövetésén alapul. A vesére megfelelő kollimátorral ellátott szcintillációs detektort irányítunk, és az intravénásan beadott radioaktív anyag beáramlását, koncentrálódását, illetve kiürülését vonaliróval regisztráljuk.

A Hippurán normális veseműködés esetén 80%-ban a tubulus rendszerben secernálódik, 20%-ban a glomerulusokban filtrálódik. A Hippurán beadását követően az aktivitás az idő függvényében jellegzetes háromfázisú görbét ad. A görbe első fázisa meredeken emelkedik, az injekció beadása utáni 30-60. másodpercig tart. A második szakasz az első fázistól általában jól elhatárolódik, kevésbé meredek, lineáris jellegű. A második fázis végét a görbén élesen

elhatárolódó maximum, az ún. "kulminációs pont" jelzi, mely normális esetben a vizsgálat 5. perce előtt jelentkezik. A kulminációs ponttól kezdve a görbe exponenciális jellegű kiürülési szakaszba megy át. Normális veseműködés esetén ez a harmadik szakasz a 20. percben eléri legalacsonyabb pontját, a vizsgálat tehát 20 percig tart.

A Hippurán-halmozás, illetve -kiürülés alapvetően három részfunkció eredőjeként jön létre:

1. a beáramlás a vesék vérellátásának függvénye,
2. a dusulás a szekréciós tevékenységgel arányos,
3. a kiürülés a vizeletelfolyást jelzi.

Ezen az alapon kezdetben a nefrográfias görbe egyes szakaszait igen kategórikusan "átáramlási", "szekréciós" és "elfolyási" fázisnak nevezték. A valóságban azonban a három részfunkció az egyes görbeszakaszok elemzésével *izoláltan nem vizsgálható*. Bármelyik működés zavaráról is legyen szó, a nefrográfias görbe mindhárom fázisa torzul, a normálistól eltérő lefutásu nefrogramot kapunk. A jellegzetes patológiás görbék az alábbi típusokba sorolhatók be:

a/ *elhúzódó intrarenális Hippurán-transzport*: a görbe mindhárom fázisa elhúzódó jellegű, a fázishatárok elmosódnak, a második szakasz laposabb, a kulminációs pont hátraható, a harmadik fázis exponenciális jellege megszűnik, a csökkenés üteme lassul, és a harmadik szakasz kiegyenesedik - linearizálódik.

b/ *Akkumulációs típusu nefrogram*: az első és a második fázis a normálisnál kevésbé meredek, a görbe a vizsgálat 20 perce alatt állandó emelkedést mutat, kulminációs pont, illetve kiürülés nem regisztrálható.

c/ *Isostenuriás típusu nefrogram*: a görbe a beadás után az izotóp elkeveredési idejét követően vízszintesre fordul, és az alapvonallal párhuzamosan fut.

d/ *Nefrektómiás típusu nefrogram*: a szöveti háttérgörbének megfelelő görbe, az elkeveredést jelző, meredeken emelkedő első szakasz után exponenciális jellegű, csökkenő tendenciát mutat. Az elhúzódó intrarenális Hippurán-transzport görbét a veseparenchymát károsító folyamatoknál látjuk, illetve legtöbbször ez a görbetípus jelzi a vesék vérellátási zavarát is.

Akkumulációs típusu nefrogramot kapunk pangás esetén akkor, ha az elfolyási akadály ellenére a vese még szekrécióra képes. Lezárt vese, teljes szekréciós gátlás esetén természetesen nem akkumulációs, hanem nefrektómiás típusu nefrogramot kapunk. Kétoldali isostenuriás nefrogram a klinikai isostenuria jele. Természetesen a görbék finomabb, részletesebb elemzésével további információk is nyerhetők. A nefrogram megfelelő értékeléséhez az élettani, illetve kórtani ismeretek állandó szem előtt tartására és nagy ta-

pasztalatra van szükség. A nefrográfia igen szenzitív, veszélytelen, szűrő jelleggel is alkalmazható vizsgálóeljárás. Legfőbb indikációs köre az egyoldali funkciózavar, az elfolyási akadály, vérellátási zavar kimutatása. Hátránya, hogy kevésbé specifikus, valamint téves negatív leletet ad minden olyan esetben, amikor fennáll ugyan valamilyen kóros elváltozás vagy folyamat, de ez funkcionálisan kompenzálva van.

2. A SZCINTIGRÁFIA

A vesék képalkotáson alapuló izotópos vizsgálatánál mind a statikus, mind a dinamikus vizsgálati módszert igénybe vesszük. *Statikus veseszczintigráfiánál* ma kizárólag tubulussejtekhez kötődő, technéciummal jelzett komplex vegyületeket adunk be. A régebben használt, radioaktív higannyal jelzett készítmények nem alkalmazhatók. A korszerű vizsgálati elveknek megfelelően a statikus veseszczintigráfiás vizsgálatot gammakamerával kell végezni. Kényszerhelyzetben, kamera hiányában vagy üzemképtelensége esetén, scanner szczintigrammot is készíthetünk, azonban ez, a diagnosztikai információ mennyiség szempontjából, nem éri el a kameraszczintigram értékét. A statikus veseszczintigráfiával a működő veseállományt tudjuk megjeleníteni. Ebből az alapvető tényből következnek a vizsgálat előnyei és hátrányai. A vesék morfológiai viszonyainak, illetve anatómiai szerkezetének vizsgálatában a statikus veseszczintigráfiával szemben az ultrahang, a klasszikus röntgen, a CT és az angiográfiás eljárások állnak előtérben. Amikor a diagnosztikai kérdések eldöntésében a szczintigráfiát vesszük igénybe, elsősorban az a célunk, hogy a működő veseállományt lokalizáljuk adott vesén belül, vagy a működésbeli oldalkülönbséget jelenítsük meg. Ritkábban kerül sor az egyéb képalkotó eszközök birtokában arra, hogy intrarenális térszükítő folyamat kimutatására, illetve lokalizálására alkalmazzuk. A kellően, illetve kevésbé jól funkcionáló területek ábrázolásában a szczintigráfia a korszerű diagnosztika szuverén eszköze. Funkciót sem a klasszikus röntgenmódszerek, sem az ultrahang, sem a CT közvetlen módon nem tudnak megjeleníteni. Az elmondottakból következik a statikus veseszczintigráfia hátránya is: a jól működő vese nagy aktivitással, éles konturral ábrázolódik. A tubuláris rendszer funkciójának beszűkülésével azonban egyre romlanak a vese szczintigráfiás leképezésének lehetőségei. A sérült, károsodott tubuláris rendszer a vizsgálati anyagot egyre kevésbé dúsítja, így rossz vesefunkció esetén a szczintigram egyre kevésbé értékelhető morfológiai szempontból. Mindezek alapján tehát a statikus szczintigráfiát elsősorban már ismert elváltozásoknál, a működőképes veseparenchyma lokalizálására vesszük igénybe. Indokolt továbbá a vizsgálat minden olyan esetben, amikor az egyéb képalkotó eljárásokkal a morfológiai viszonyokat egyértelműen tisztázni nem lehetett, és várható, hogy a szczintigráfia újabb adatokkal közelebb visz a diagnózishoz.

A *dinamikus funkcionális szcintigráfia* a vesék izotópos vizsgálatának legelterjedtebb és leginformatívabb módszere. Általában ^{131}I -Hippurán beadásával végezzük. A Hippurán dinamikájának megfelelően 20 perces vizsgálatról van szó. A klinikai gyakorlatban tipikus vizsgálati programnál négy sorozatfelvételt készítünk: 0-3, 3-6, 6-9, 17-20 perces időközökben.

A funkcionális szcintigráfia ismert metodikája szerint számítógéppel, 20 másodperces frame-sorozat rögzítésével, a teljes információtartalmat felvesszük. A kiértékelő rendszer képernyőjén vagy az integrálkép, vagy a sorozatfelvételek alapján kiválasztott frame-csoport képszerű megjelenítése alapján ROI-kat veszünk fel, és ezekről hisztogramokat készítünk, melyek lényegében izotópnefrogramnak, illetve radiorenogramnak felelnek meg. A görbék kvantitatív elemzését a számítógépbe beépített program alapján végezzük el. A dinamikus funkcionális szcintigráfia, melyet hazánkban több helyen kamerarenogramnak neveznek, lényegesen informatívabb vizsgálat, mint a klasszikus detektoros nefrográfia. A sorozatfelvételek és a görbék együttes elemzése ugyanis a gócos és a diffúz elváltozások elkülönítését teszi lehetővé, elhúzódó transzport vagy akkumuláció esetén differenciálhatunk a parenchymás és az üregrendszeri retenció között. Ezen kívül maga a nefrográfia, ROI alapján felvéve és számítógéppel kombinálva /háttérlevonás/, vagy vér-clearance görbével való korrekció és simítás/ után, lényegesen pontosabb értékelést tesz lehetővé, mint a detektoros módszer. A dinamikus funkcionális vizsgálatot igen széles indikációs körben alkalmazzuk mind felnőtt betegeknél, mind a gyermekgyógyászatban. Valójában minden működészavarral járó kórképben indikált a vizsgálat. A nefrográfiánál felsorolt kórképeken kívül is kiemelendő az eljárás szerepe az átültetett vese vizsgálatában.

A vesék vérellátási zavarának a kimutatására a gyors dinamikus szcintigráfias eljárást, a radioizotópos angiográfiát alkalmazzuk. Ez a sorozatfelvételi technikán alapszik. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetát vagy albumin bolusszerű beadásával ugyanis a sorozatszscintigramokon igen jó kontraszttal lehet ábrázolni az aorta abdominalist és a normális esetben egyidőben, azonos intenzitással telődő veséket. A beáramlás sebességének mérését a számítógépes elemzés teszi lehetővé. Az eljárást renovascularis hypertonia gyanújakor, traumák után, arteria renalis embolia esetén, illetve az átültetett vese keringési zavarainak kimutatására igen jó hatásfokkal lehet alkalmazni, mint olyan eljárást, mely pontosítja az angiográfia indikációját. Az angiográfiát természetesen az izotópos keringésvizsgálat nem helyettesíti.

3. CLEARANCE-MÓDSZEREK

A radioaktív izotóppal jelzett glomeruláris, illetve tubuláris clearance-anyagokkal viszonylag egyszerűen, megbízhatóan meg tudjuk mérni, illetve ki tudjuk számítani a clearance-értéket. Igen nagy előnye e metodikáknak, megbíz-

hatóságuk mellett, az is, hogy a pontatlan és legalábbis kényelmetlenséggel, illetve nem jelentéktelen munkaráfördítással járó vizeletgyűjtést feleslegessé teszik. Mégis, mindezek ellenére, a radioizotóp-készítmények alkalmazásával együtt járó technikai igények, illetve a sugárvédelmi rendelkezések miatt hazánkban széles körben elterjedni nem tudtak.

Az izotópos clearance-eljárások legértékesebb és számos országban alkalmazott módszere az "oldallocalizált" Hippurán clearance-metodika. Ennek lényege az, hogy a két vesére irányított detektoron kívül a testnek a veseműködés szempontjából indifferens részére /szív/ a vesék aktivitásától jól árnyékolt detektort irányítanak. A Hippurán i.v. beadásával, a nefrográfiás metodikához hasonlóan, analóg mérőberendezés segítségével három görbét; két nefrogramot és egy clearance görbét vesznek fel. A Hippurán clearance értékét a szivtájrról detektált görbéből legtöbbször számítógéppel határozzák meg. A nefrogramok megfelelő számítógépprogram segítségével lehetővé teszik, hogy a jobb és a bal vese funkcionális kapacitását pontosan, számértékben adjuk meg. A módszert hazánkban egyáltalában nem alkalmazzák, a viszonylag költséges eszközök miatt.

A vizeletkiválasztó és -elvezető rendszer kóros elváltozásainak diagnosztikájában természetesen a fentiekén kívül még számos speciális izotópmódszert alkalmaznak. Így az ureterek dinamikájának vizsgálatától a hólyagretenciómérésig, a vese gyulladásos elváltozásának ^{67}Ga -citrátos vizsgálatán át egy sor olyan eljárást ismerünk, mellyel adott esetben értékes diagnosztikai információt kaphatunk. Részletesebb tárgyalásuk e tanfolyamnak már nem célja, az átlagos szakorvosi ismereteken túl, speciális szakmai feladatot jelentenek.

XI. A CSONT-IZÜLETI SZCINTIGRÁFIA

Rajtár Mária

A vázrendszer radioizotópos leképezése jelenleg a legfrekvenciáltabban végzett vizsgálóeljárások egyike az izotópdiaosztikai laboratóriumokban.

A módszer előnye a szenzitivitás /korai diagnózist tesz lehetővé/, és hogy viszonylag kis sugárterheléssel az egész vázrendszer leképezhető.

Hátránya, hogy aspecifikus, és ez differenciáldiagnosztikai nehézséget, interpretációs problémát okozhat.

Csontszcintigráfiára ^{85}Sr , $^{87\text{m}}\text{Sr}$, ^{18}F , ^{67}Ga , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -foszfátvegyületeket, ízületi csontszcintigráfiára ^{131}I -HSA, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HSA, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetát, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -foszfátvegyületeket alkalmaznak.

A SZCINTIGRAM ÉRTÉKELÉSE

Az egészséges csont szcintigramja

- A vállizületet alkotó csontok kör alakú inaktív területet fognak közre,
- a hosszú csöves csontok minimális aktivitással ábrázolódnak,
- minimális hólyagaktivitás a kismedencében,
- a L-gerinc felvételen a vesék ábrázolódnak.

Kóros csontszcintigram: körülírt /fokális/ radiofarmakonhalmozódás, illetve aktivitásdefektus.

Kóros ízületi szcintigram

- Szimmetrikus ízületek összehasonlításakor oldaldifferencia észlelhető,
- az ízület és csont aktivitásának aránya meghaladja a csont és a lágyrész aktivitásának arányát.

A csontszcintigráfia indikációi

- Korrekt stádiumbeosztás általában csontmetasztázissal járó malignus betegségekben /staging/;
- felderített csontmetasztázisok számának, elhelyezkedésének meghatározása és követése a terápia tervezése és eredményességének lemérése céljából;
- osteomyelitis korai felismerése;
- a szérum megnövekedett alkalikus és savanyu foszfatáze aktivitása okának felderítése;
- ismert csontfolyamat monoosztotikus és poliosztotikus voltának tisztázása;
- a csontszövet élő voltának megállapítása trófiás zavarok esetén.

Az ízületi csontszcintigráfia indikációi

- Izületi fájdalom /gyulladás/ objektív vizsgálása;
- ismert ízületi folyamat kiterjedésének felderítése;
- ismert ízületi folyamat stádiumának megállapítása, aktivitásváltozásának nyomonkövetése /az alkalmazott terápia eredményességének lemérése/;
- a röntgenvizsgálat számára "néma" ízületek vizsgálata /pl. sacroileitis/.

Patológias többletaktivitást okozó gyakoribb körképek

- Trauma - fraktúra,
- gyulladás,
- primer, szekunder tumor,
- metabolikus csontbetegségek,
- arthritis,
- egyéb /vaszkuláris folyamat, granuloma stb./.

Patológias csökkent aktivitású területet létrehozó körképek

- Irradiáció okozta érobliteráció,
- agresszív tumornövekedés,
- Paget-kór legvégső stádiuma,
- avaszkuláris nekrozis,
- szoliter plazmocitoma.

A csontszcintigram megítélését zavaró többletaktivitás oka

1/ Fiziológias

- lezáratlan epifizisfugák,
- vállizületi oldaldifferencia /gyakrabban használt felső végtag/,
- a gerinc görbülete miatt a detektortól való távolság nem azonos.

2. Trauma /iatrogén/

/osteotomia, amputáció, csonttranszplantáció, csontvelő-biopszia/

3. Extraossealis

- kalcifikáció okozta dusulás

/myositis ossificans, haematoma, zsirnecrosis, synovitis és bursitis, vascularis kalcifikáció, szív-, agy-, lépinfarktus, bordaporc-kalcifikáció/

- nem kalcifikáció okozta dusulás

/pajzsmirigy-, gégeporc-ábrázolódás, hydronephrosis, hydroureter, hólyag-aktivitás/

Speciális eset: un. "super scan" /téves negatív interpretáció veszélye/

ADHAT-E A CSONT-IZÜLETI SZCINTIGRAM SPECIFIKUS DIAGNÓZIST?

- Ha a klinikus ezt igényli,
- ha elegendő adat /anamnézis, betegvizsgálat, Rtg-, laborlelet/ áll rendelkezésre,
- ha vizsgálatot értékelő orvos jártassága ezt lehetővé teszi: igen, /sőt, törekedni kell erre!/

E követelmények hiánya esetén a csont-izületi szcintigramot értékelő orvos csak alternatívákat vethet fel, melyek más vizsgálómódszerek segítségével támaszthatók alá, vagy vethetők el /specifikus diagnózis ebben az esetben nem adható/.

Igen fontos, hogy a vizsgálatot értékelő orvos tisztában legyen a módszer lehetőségeivel és korlátaival egyaránt.

KÖNYVISMERTETÉS

Iodine-129: Evaluation of Releases from Nuclear Power Generation, NCRP Report No. 71, Bethesda, 1983, 74 o.

Az atomreaktorok a maghasadás során a ^{131}I -ével közel azonos mennyiségű ^{129}I keletkezik. Hosszu felezési ideje miatt / $1,7 \cdot 10^7$ év/ - a relative kis aktivitás ellenére is - számottevő globális szennyező. Valószínűleg ez vezette az NCRP szerkesztőit, hogy ezzel a reporttal hasznos segítséget nyújtsanak a környezet radioaktív szennyezettségével foglalkozóknak.

A kiadvány első része a természetes és mesterséges forrásokkal, valamint a termonukleáris fegyverkísérletekből és a nukleáris létesítményekből a környezetbe kerülő ^{129}I mennyiségével foglalkozik. Különösen figyelemre méltó a környezeti ^{129}I -készlet előrejelzése 2000-ig és a készlet megoszlása a környezet egyes közegeiben.

A második rész részletes dozimetriai megfontolásokat tartalmaz. Több modellt ismertet a pajzsmirigyterhelés becslésére, amelynek fő forrása a táplálékláncban felgyűlt ^{129}I . Bár a jelenlegi koncentrációkból számolt egyedi pajzsmirigy dózis elhanyagolható, az előrejelzés alapján becsült kollektív dózisegységérték-lekötés már figyelemre méltó.

A report harmadik része rövid áttekintést nyújt a nukleáris létesítményekben alkalmazott radioaktívjód-ellenőrzési módszerekről, a légnemű hulladékban lévő jód megkötéséről, valamint a ^{129}I analitikai és mérési módszereiről.

A report végén nagyszámu hivatkozás található.

Golder Ferenc

Az MTA Izotópintézete

307 024

W-

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

27. ÉVFOLYAM 4. SZÁM (1984)

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓPINTÉZETE



Felelős szerkesztő: Veres Árpád

Kiadja az MTA Izotópintézete
Felelős kiadó: Veres Árpád igazgató

Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézete házi sokszorosítójában.
Felelős vezető: Tőreki Béláné

1985. január 20.

Törzsszám: KFKI-85-95

Terjeszti a Magyar Posta.

*

A szerkesztőbizottság:

Bába Miklós, Csirik János,
Fehér László, Földes János,
Gróz Péter, Hernády Tibor,
Illy József, Kocsár László,
Lengyel Tamás, Márton József,
Máté Ferenc, Medveczky László,
Sirokmán Ferenc

A szerkesztőség címe:
Az MTA Izotópintézete,
Budapest, Pf. 77, 1525

*

Terjeszti a Magyar Posta.

Előfizethető minden
kézbesítő postahivatalnál, a
Posta hírlapüzleteiben és a
Posta Központi Hírlapirodájánál /KHI/, Budapest V., József
nádor tér 1, 1900, közvetlenül
vagy postautalványon, valamint
átutalással a KHI 215-96162
pénzforgalmi jelzőszámra.

Előfizetési díj egy évre 320 Ft.
Egyes szám ára 80 Ft.

Megjelenik évente négyszer.

IZOTÓRTECHNIKA

27. ÉVFOLYAM

1984

4. SZÁM

TARTALOM

- Nagy hepatotrópiájú radiofarmakkal (^{99m}Tc -p-butyl-IDA) végzett
koleszcintigráfia
Szilvási I., Bohár L., Bor K., Kopcsányi Zs. 207
Холесцинтиграфия с помощью радиофармакона (^{99m}Tc -п-бутил-ИДА)
с высокой гепатотропией
Cholescintigraphy with High Hepatotropic ^{99m}Tc -p-butyl-IDA
- A koleszcintigráfia jelentősége az intrahepatikus térfoglaló
folyamatok kórismézésében
Szilvási I., Kopcsányi Zs., Pastinszky I., Bodor E-né, Bohár L. ... 214
Значение холесцинтиграфии в диагностике междупеченных объем-
охватывающих процессов
The Significance of Cholescintigraphy in the Diagnosis of
Intrahepatic Space-occupying Processes
- A k_0 -standardizálási módszer alkalmazása mezőgazdasági minták
reaktorneutron-aktivációs analitikai elemzésénél
András L., Kőrösi F., Pátzay Gy. 220
Применение k_0 -стандартизационного метода в активационном
анализе сельскохозяйственных проб
Application of k_0 -standardization Method in Neutron
Activation Analysis of Agricultural Samples
- A májfunkció altatás hatására bekövetkező változásának izotópos
vizsgálata kisállatokon
Le Qui Cuong, Spett B., Szilvási I., Kiss B., Jakab T. 234
Изучение влияния наркоза на функцию печени радиоактивным
изотопом
An Isotopic Study of Liver Function after Narcosis
- Kvaterner benzotriazol származékok növényi metabolizmusa
Klivényi G., Szarvas T., Márton J. 243
Метаболизм в растениях четвертичных производных
бензотриазолия
Plant Metabolism of Quaternary Benzo-triazolium Derivatives

IZOTÓPOK DIAGNOSZTIKUS ALKALMAZÁSÁNAK SUGÁREGÉSZSÉGÜGYI KÉRDÉSEI
A KORSZERŰ SUGÁRVÉDELEM TÜKRÉBEN
Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoportjának és
a Magyar Orvosi Nukleáris Társaság Méréstechnikai Munkacsoportjának
tudományos ülése, Budapest, 1984. november 10.

Radioaktív izotópok orvosi alkalmazásának etikai kérdései Sztanyik B.L.	253
Вопросы этики в медицинском применении радиоактивных изотопов Ethical Problems in the Medical Use of Radioactive Isotopes	
A foglalkozási sugárterhelés országos ellenőrzésének működési alapelvei és a radionuklidok egészségügyi alkalmazásával járó sugárterhelés Szojtör I., Thék Gy., Sztanyik B.L.	262
Принципы организации национального контроля профессиональной нагрузки от излучения и нагрузка от медицинского применения радионуклидов Organizational Principles of the National Supervision of Occupational Exposure and the Exposure from the Medical Use of Radionuclides	
A nukleáris orvosi gyakorlatban használt aktivitásmérők metrológiai ellenőrzése ^{99m}Tc és ^{57}Co radioaktív hiteles anyagmintával Szőrényi Á., Vágvölgyi J.	275
Метрологическое испытание радионуклидных калибраторов, исполь- зованных в ядерной медицине радиоактивными стандартными образ- цами ^{99m}Tc и ^{57}Co Metrological Supervision of Radionuclide Calibrators Used in Nuclear Medical Practice, with Radioactive Standard Samples of ^{99m}Tc and ^{57}Co	
RENDEZVÉNY	
Radioaktív gyógyszerek és jelzett vegyületek. Nemzetközi Konferencia, Tokió, 1984. október 22-26 /Jánoki Gy./	280
KÖNYVISMERTETÉS	
M.Argentini: Labelling with Iodine. A Review of the Literature /1982/ Swiss Federal Institute for Reactor Research Wuerenlingen, Div. IP. 5303, Switzerland /Jánoki Gy./	281
HIREK	282

NAGY HEPATOTRÓPIÁJÚ RADIOFARMAKONNAL (^{99m}Tc -p-BUTIL-IDA) VÉGZETT KOLESZCINTIGRÁFIA

Szilvási István, Bohár László, Bor Katalin és Kopcsányi Zsuzsanna

Az Orvostovábbképző Intézet Röntgenológiai Intézete, Budapest, Pf. 112, 1389

/Érkezett 1984. május 15-én/

A ^{99m}Tc -mal jelölhető, gyors hepatobiliáris klirenszű radiofarmakonok, a koleszcintigráfiás vagy hepatobiliáris radiofarmakonok előállítása új diagnosztikus eljárás, a *koleszcintigráfia* bevezetését tette lehetővé a máj és epeutak megbetegedéseinek vizsgálatában¹. E radiofarmakonok közül legelterjedtebbek az acetanilido-imino-diacetát /IDA/ derivátumai. A rutin diagnosztika céljára a legmegfelelőbb a dietilszármazék /HIDA, EHIDA/. A módszert, számos indikációs területe mellett, a sárgaság differenciáldiagnosztikájában is alkalmazzák. Gyors intrahepatikus áthaladása nagy biliáris koncentrációt biztosít, így alkalmas az epeutak megjelenítésére emelkedett szérumbilirubinszint mellett is, amikor röntgen kontrasztanyagokkal - a rossz kiválasztás miatt - az epeutak nem ábrázolhatók. A szérumbilirubinszint emelkedésével azonban - kompetíció miatt - a radiofarmakon mind nagyobb része a veséken át választódik ki, ezért a módszer diagnosztikus értéke $100 \mu\text{mol/l}$ szérumbilirubinkoncentráció felett korlátozott^{2,3}. Ujabb, nagyobb hepatotropiájú radiofarmakonok magasabb szérumbilirubinszint mellett is alkalmasak az epeutak ábrázolására. Közülük a para-butyl-acetanilido-imino-diacetát • /p-b-IDA/ terjedt el⁴⁻⁶.

Munkánk célja az volt, hogy megvizsgáljuk a ^{99m}Tc -p-b-IDA koleszcintigráfia diagnosztikus értékét és helyét az epebetegségek diagnosztikájában.

BETEGANYAG ÉS MÓDSZER

Összesen 51 elzáródásos ikteruszban szenvedő beteget vizsgáltunk. Diagnózisukat az 1. táblázatban foglaltuk össze. A sárgaság elzáródásos eredetét és okát valamennyi esetben ERCP, illetve PTC igazolta. 38 esetben műtét történt. Valamennyi beteg hasi ultrahangvizsgálatát is elvégeztük, Brüel-Kjaer gray-scale compound készülékkel. A para-butyl-IDA vizsgálatot a következő módon végeztük: az éhgyomorral levő beteg $200 - 400 \text{ MBq } ^{99m}\text{Tc}$ -p-b-IDA-t kapott iv. /TCK-15-S, CIS International/. MB 9100-as szcintillációs kamerával és MB 9101 adatfeldolgozóval /Gamma Művek/ polaroid felvételeket készítettünk a májtájékról a radiofarmakon beadását követő 30., 60., 90. és 120. percben, azonos expozíciós feltételek /megvilágítási idő, oszcilloszkópernyő-megvilágítás/ mellett. A szcintifotó-sorozaton értékeltük a máj radiofarmakon-felvételét, az aktivitás megjelenését a vesében, az epeutakban, a vékony-

bélben. Szükség esetén később /4, 8, esetleg 24 óra múlva/ is készítettünk felvételt.

1. táblázat

A beteganyag

Состав больных

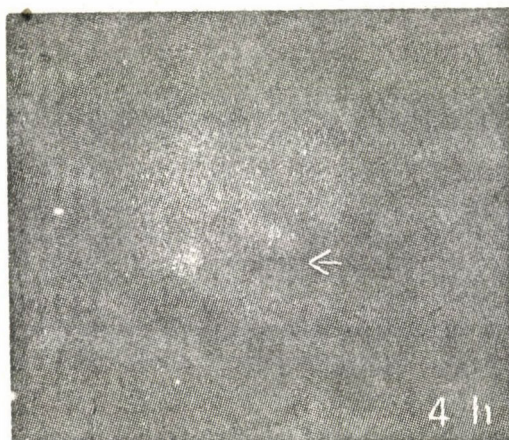
Patient material

diagnózis	betegszám
Koledoholitiázis	23
Pankreáštumor	12
Szfinkter szklerózis	7
Posztoperatív epeutszűkület	6
Biliodigestív anasztomózis	3
Összesen	51

Normális májműködés és epeelfolyás esetén /a dietil-IDA-val ellentétben/ a hepatokoledohusz-vezeték alig ábrázolódik, a kisebb epeutak egyáltalán nem láthatók.

Az epeelfolyás akadályozottsága esetén, az akadály helyének és fokának megfelelően, az aktivitás kiürülése elhúzódik, az epeutak intenzíven ábrázolódnak.

EREDMÉNYEK



1. ábra

Dg.: Carcinoma pancreatis. Obstrukciós ikterus /Se-bi: 220 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ /. A 4. órában készült felvételen epeelfolyási akadályozottság látható a nyíljal jelölt helyen.

Рак поджелудочной железы. Механический иктерус /Се-би: 220 $\mu\text{мол.л}^{-1}$ /. На снимке, сделанной в 4. часу стрелка показывает облитерацию точки желчи.

Dg.: Pancreatic carcinoma. Bile flow obstruction. Scintiphoto at the 4th hour. Se-bi: 220 $\mu\text{mol.l}^{-1}$

Az 51 obstrukciós ikterusban szenvedő beteg közül 36-nál állapítottuk meg p-b-IDA koleszcintigráfiával az epeuti elfolyási akadályozottságot. Ennek helyét is meghatároztuk /1. ábra/. 15 betegnél az epeelfolyási akadályozottságot a módszerrel nem sikerült kimutatnunk. A betegeket szérumbilirubinszintjük alapján csoportosítva, a p-b-IDA koleszcintigráfia és az ultrahangvizsgálat eredményét a 2. táblázatban tüntettük fel.

Valamennyi olyan betegnél, akiknek átjárható cisztikus vezetéke volt, az epehólyag telődött /2. ábra/. 7 esetben az 1 órás felvételen ábrázolódtott az epehólyag, 14 esetben csak jelentősen megkésve láttuk telődését. 6 hasnyálmirigy-tumoros betegünknek teljes epeuti elzáródása volt; ez minden esetben megállá-

pítható volt a p-b-IDA szcintigráfiával. 3 beteg sárgaságát beszűkült biliodigestív anasztomózis okozta, közülük 2 esetben a p-b-IDA-szcintigráfia kimutatta az anasztomózis szűkületét /3. ábra/.

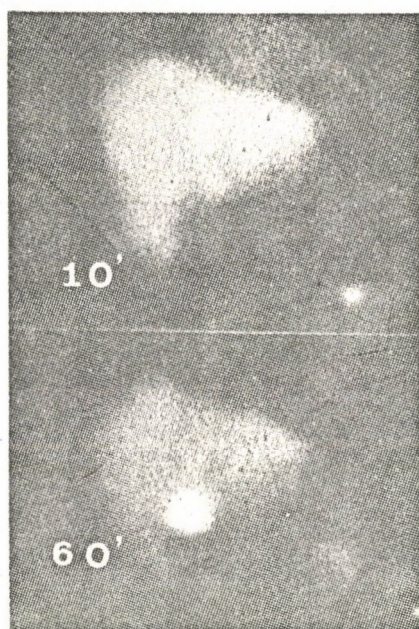
2. táblázat

Eredmények

Результаты

Results

szérumbilirubin	betegszám	helyes pozitív lelet	
		PBIDA-val	ultrahanggal
100 $\mu\text{mol/l}$	18	11	15
100 - 200 $\mu\text{mol/l}$	12	9	11
200 $\mu\text{mol/l}$	21	16	20
Összesen	51	36	46

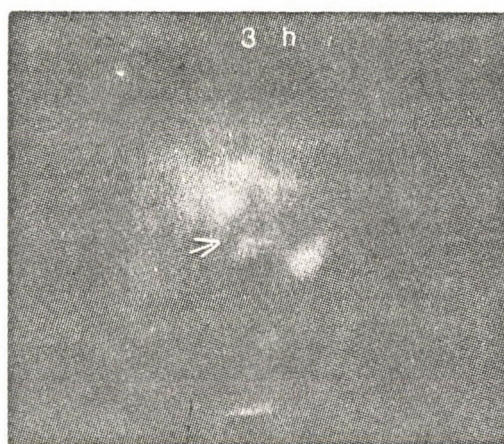


2. ábra

Az epehólyag telődése p-b-IDA-val kifejezett sárgaságban is kimutatható. Se-bi: $160 \mu\text{mol.l}^{-1}$

Наполнение желчного пузыря п-б-ИДА изображается и в случае выраженной желтухи. Се-би: $160 \mu\text{mol.l}^{-1}$

Good visualization of the gallbladder in marked jaundice. Se-bi: $160 \mu\text{mol.l}^{-1}$



3. ábra

Beszűkült hepatiko-jejunosztomia. Epeelfolyási akadályozottság a hepatikus villa tájékán Znyíl/

Суженная гепатико-иеjunостомия. Облитерация у течки в области гепатикуса /стрелка/

Stenotised hepatico-jejunosotomy. Obstruction of the biliary flow /arrow/

MEGBESZÉLÉS

A sárgaság differenciáldiagnosztikájában az elzáródásos eredet megállapítása vagy kizárása a beteg sorsa, a terápiás tennivalók szempontjából sorsdöntő jelentőségű. A diagnosztikus

módszerek fejlődése - elsősorban az ultrahangvizsgálat és a PTC terjedése - e téren lényeges előrehaladást jelentett.

A nukleáris medicina módszerei közül a koleszcintigráfia segíthet a sárgaság differenciáldiagnosztikájában. A legelterjedtebb diétis-származék

/HIDA, EHIDA/ korlátozott értékű, mert a szérumbilirubin kompetitív gátló hatása folytán a radiofarmakon egy része - a bilirubinszint emelkedésével mind nagyobb része - a veséken át választódik ki. Az intenzív radiofarmakológiai kutatás nagyobb hepatotrópiájú, igen magas szérumbilirubinszint mellett is a májon át kiválasztódó hepatobiliáris radiofarmakonok előállításához vezetett^{4, 7}. Közülük a p-b-IDA /PBIDA, BIDA/ terjedt el. Normális szérumbilirubinszint mellett a veséken át kiválasztódó mennyiség a beadott mennyiség 2%-ánál kisebb. Igen nagyfokú hiperbilirubinemia /300 - 400 $\mu\text{mol/l}$ / esetén is a renális kiválasztás 20% alatt marad⁶. Biliáris koncentrációja kisebb, mint a dietilszarmazéké, ennek megfelelően, normális májműködés és epeelfolyás esetén, az epeutak nem, vagy csak alig jeleníthetők meg^{8, 9}.

Eredményeink alapján úgy látjuk, hogy *jelentős sárgaságban is alkalmas* az epeuti obstrukció kimutatására. Mérsékelt fokú sárgaságban a módszer érzékenysége nem kielégítő, enyhe epeelfolyási akadályozottságot esetleg nem mutat ki. Ennek oka az, hogy a p-b-IDA hepatocelluláris transzportja lassú. Jelentős fokú sárgaságban az elzáródásos eredet kimutathatóságának esélye nő. A p-b-IDA jól kiegészíti a szérumbilirubinszint mérsékeltebb /100 $\mu\text{mol/l}$ alatti/ emelkedésében megbízható HIDA koleszcintigráfiát. Magasabb szint esetén az elzáródás kimutatásának esélye HIDA-val csökken, 170 - 200 $\mu\text{mol/l}$ feletti szint esetén az elfolyási akadályozottság kimutatása csak kivételesen sikerül^{2, 3, 10}.

A PBIDA-koleszcintigráfia az elzáródás tényének megállapítása mellett közelítőleg tájékoztat az elzáródás helyéről is, így hozzájárulhat a végleges diagnózishoz vezető, invazív-eszközös /ERCP, PTC/ beavatkozás megválasztásához.

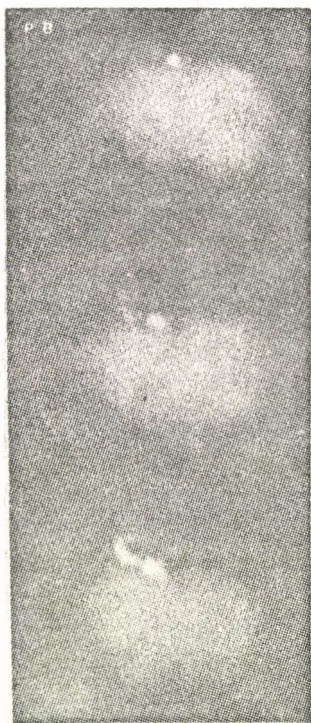
A p-b-IDA-KOLESZCINTIGRÁFIA INDIKÁCIÓI

Annak ellenére, hogy nagy hepatotrópiája révén kifejezett ikteruszban is alkalmas az epeelfolyási akadályozottság megjelenítésére, az ikterusz obstrukciós eredetének kimutatására, helyének közelítő meghatározására, a módszer véleményünk szerint a sárgaság differenciáldiagnosztikájában csak másodlagos jelentőségű. PBIDA-val kapott eredményeinket az ultrasonográfia eredményével egybevetve megállapítható, hogy egyetlen olyan betegünk sem volt, akiknél kizárólag a PBIDA-koleszcintigráfia állapította volna meg az ikterusz elzáródásos eredetét. Ugyanakkor 10 betegben a PBIDA-koleszcintigráfia nem, az ultrahangvizsgálat viszont kimutatta az elzáródásos eredetét. Az ultrasonográfia gyorsabb, egyszerűbb, sugárterhelése nincs, és gyakran az elzáródás okáról /kő, tumor/ is tájékoztat, ezért a koleszcintigráfia az ikterusz differenciáldiagnosztikájában csak az ultrasonográfia esetleges eredménytelensége esetén indikált.

A nagy hepatotrópiájú radiofarmakkal végzett kolezcintigráfia diagnosztikai jelentőségét vizsgálataink alapján a következőkben foglalhatjuk össze:

a/ jelentős fokú ikteruszban is alkalmas a cisztikus vezeték átjárhatóságának megállapítására, ezért sárga betegben is jól használható az *akut kolelcisztitisz gyanújának* megerősítésére, illetve a diagnózis kizárására. /Ismert, hogy átjárható cisztikus vezeték, azaz az epehólyag telődése esetén az akut kolelcisztitisz diagnózisa gyakorlatilag kizárható⁵.

A p-b-IDA viszonylag lassu hepatocelluláris transzportja előnyös a krónikus kolelcisztitisz vizsgálatában. A gyors hepatocelluláris áthaladásu HIDA-val nem telődő epehólyagok egy része p-b-IDA-val feltelődhet. Ennek az a magyarázata, hogy a beteg epehólyag-telődése általában elhuzódó és csökkent intenzitású. Ha a radiofarmakon gyorsan áthalad a májon és az epeutakon, a beteg epehólyag számára esetleg nem áll elegendő idő rendelkezésre, átjárható cisztikus vezeték ellenére sem telődik fel. P-b-IDA-val ilyen esetekben epehólyag-telődést észlelhetünk, ezért akut kolelcisztitisz gyanúja esetén *nem ikteruszos* betegben is p-b-IDA-kolezcintigráfia elvégzését javasoljuk.



4. ábra

Epesipoly a pleurális ürbe. Jól ábrázolódik a dréncső.

Фистула желчи в плевральном пространстве. Хорошо изображается дренаж.

Biliary fistula into the pleural cavity. Visualization of the drain

b/ A módszer jelentős ikteruszban is alkalmas a *biliodigestív anasztomózisok* átjárhatóságának vizsgálatára. A különféle anasztomózisok szükülete májkárosodáshoz és sárgasághoz vezethet. Az anasztomózisok átjárhatósága kolegráfiával, ultrasonográfiával nem vizsgálható. A szükület megállapítása, az esetleg szükséges sebészi korrekciós beavatkozás indikálása kolezcintigráfiával lehetséges.

c/ A fentiek érvényesek a *belső epesipolyok* kimutatására is. Ez kolezcintigráfiával, sárgaságban p-b-IDA-kolezcintigráfiával, noninvasív uton, megbízhatóan lehetséges /4. ábra/.

d/ Járulékos jellegű információt ad a p-b-IDA az epeutakban lévő elzáródás *helyének* közeli meghatározására is, így az ikterusz okának megállapításában, a következő diagnosztikus eljárás megválasztásában /ERCP vagy PTC/ segítséget nyújthat.

e/ Végül az *ultrahangvizsgálat eredménytelensége* esetén, *invasív eljárások* alkalmazása előtt, p-b-IDA-vizsgálat igazolhatja az *elzáródásos* jellegét.

Az irodalom adatai alapján sikerrel használható a módszer a májtranszplantáción átesett beteg vizsgálatában és az ujszülöttkori sárgaság differenciáldiagnosztikájában is.

IRODALOM

1. E. Harvey, M.D. Loberg, M. Cooper, Tc-99m-HIDA: A New Radiopharmaceutical for Hepato-biliary Imaging, J.Nucl.Med. 16 /1975/ 533
2. S. Pauwels, Diethyl-IDA: A Promising Hepatobiliary Radiopharmaceutical, J.Nucl.Med. 18 /1977/ 1141
3. I. Ryan, M. Cooper, M.D. Loberg, Technetium-99m-labelled N-/2,6-Dimethyl-phenylcarbamoylmethyl/ Iminodiacetic Acid /Tc-99m HIDA/: A New Radiopharmaceutical for Hepatobiliary Imaging Studies, J.Nucl.Med. 18 /1977/ 995
4. G. Subramanian, et al., The Influence of Structural Changes on Biodistribution of ^{99m}Tc-Labelled N-Substituted IDA Derivatives, J.Nucl.Med. 18 /1977/ 624
5. H.S. Weissman, et al., Rapid and Accurate Diagnosis of Acute Cholecystitis with ^{99m}Tc-HIDA Cholescintigraphy, Amer. J.Roentgenol. 132 /1979/ 523
6. B.W. Wistow, G. Subramanian, G.M. Gagne, Experimental and Clinical Trials of New ^{99m}Tc-Labelled Hepatobiliary Agents, Radiology 128 /1978/ 793
7. A.R. Fritsberg, W.C. Klingensmith III. Quest for the Perfect Hepatobiliary Radiopharmaceutical, J.Nucl.Med. 23 /1982/ 543
8. P.H. Cox, The Comparative Pharmacology of Technetium IDA Derivates, In: P.H. Cox: Progress in Radiopharmacology. Elsevier/North-Holland, 1979, 153
9. J. Mahlstedt, K. Joseph, Neue Iminodiazetessigsäure - /IDA/ - Derivate zur hepatobiliären Funktionsszintigraphie /HBFS/, NUC compact 10 /1979/ 147
10. M.D. Loberg, et al., Development of New Radiopharmaceuticals Based on N-Substitution of Iminodiacetic Acid, J.Nucl.Med. 17 /1976/ 633

*

51 elzáródásos sárgaságban szenvedő beteg ^{99m}Tc-para-butyl-IDA koleszcintigráfias vizsgálata 36 esetben mutatta ki a sárgaság elzáródásos jellegét. Elsősorban a jelentős sárgasággal járó esetekben volt eredménye.

A módszer alkalmas az elzáródás helyének közelítő meghatározására is. Bár tisztázhatja az ikteruszt, a radiológiai módszerek közül az ultrahangvizsgálat alkalmazandó elsőként, mivel megbízhatóbb, egyszerűbb, gyorsabb, és nem jár a beteg sugárterhelésével. A p-b-IDA koleszcintigráfia diagnosztikus jelentősége abban van, hogy kifejezett sárgaság esetén is alkalmas a cisztikus vezeték átjárhatóságának vizsgálatára, így az akut kolecisztitisz gyanújának elvetésére, illetve megerősítésére. Eredményesen alkalmazható anasztomózisok átjárhatóságának vizsgálatára, belső epesipoly kimutatására.

ХОЛЕСЦИНТИГРАФИЯ С ПОМОЩЬЮ РАДИОФАРМАКОНА ^{99m}Tc-п-бутил-ИДА С ВЫСОКОЙ ГЕПАТОТРОПИЕЙ

Силваши, И., Бохар, Л., Бор, К., Копчаньи, Ж.

Изучение холесцинтиграфией 51 больного с обструктивной желтухи показало обструктивный характер желтухи в 36 случаях. Методика оказалась очень полезной при значительной желтухи, и имеет возможности и в приблизительной локализации обструкций.

Хотя холесцинтиграфия показывает характер обструкции, это ультразвук в арсенале радиологических методов которому надо обратиться в первую очередь потому, что ультразвук является более надежным, быстрым и простым, и нагрузку от излучения больному не оказывает. Диагностическое значение холесцинтиграфии с п-б-ИДА состоит в том, что она пригодна для изучения переходимости цистичного протока в случае выразительной желтухи, таким образом для подтверждения или исключения острого воспаления желчного пузыря. Холесцинтиграфию можно успешно использовать для изучения переходимости билеодигестивного анастомоза, для показывания желчных фистул.

CHOLESCINTIGRAPHY WITH HIGH HEPATOTROPIC ^{99m}Tc -p-BUTYL-IDA
Szilvási, I., Bohár, L., Bor, K., Kopcsányi, Zs.

In a series of 51 patients with known biliary flow obstruction cholescintigraphy with ^{99m}Tc -p-butyl-IDA and ultrasonography were performed. Cholescintigraphy was successful in identifying obstruction in 36 cases. This method can localize bile flow obstruction. In patients with jaundice ultrasonography is the first recommended radiological technique but in equivocal cases cholescintigraphy with radiopharmaceuticals of strong hepatotropy /e.g. ^{99m}Tc -p-b-IDA/ is useful in diagnosing biliary obstruction. Cholescintigraphy is able to demonstrate patency of cystic duct and biliodigestive anastomosis and to diagnose biliary fistulas.

SYMOLYT

VIVÖ AMFOLIT



1121 BUDAPEST, Konkoly Thege Miklós u. 29/33.
☒ 1525 BUDAPEST, Pf.: 77
Telefon: 695 076
Telex: 22 5360

A KOLESZCINTIGRÁFIA JELENTŐSÉGE AZ INTRAHEPATIKUS TÉRFOGLALÓ FOLYAMATOK KÓRISMÉZÉSÉBEN

Szilvási István, Kopcsányi Zsuzsanna, Pastinszky István, Bodor Elekné, Bohár László

Orvostovábbképző Intézet, Röntgenológiai Intézet, Budapest, Pf.112, 1389

/Érkezett 1984. május 15-én/

A kolloid-májszcintigramon észlelt aktivitáskiesés interpretálása a nukleáris medicina mindennapos dilemmája. Elsősorban a szoliter aktivitáskiesés értelmezése problematikus^{1,2}. Az epehólyag, illetve a nagy epeutak tájékán észlelt aktivitáskiesés láttán gondolnunk kell arra, hogy azt megnagyobbodott vagy atipikus elhelyezkedésű koleciszta, illetve tágult epeut is okozhatja^{3,4}. Ennek igazolása vagy kizárása a beteg számára döntő jelentőségű. A kérdés eldöntésére alkalmasnak látszanak a koleszcintigráfiás radiofarmakonok⁵⁻⁸. E munkánk célja az volt, hogy megvizsgáljuk a koleszcintigráfia diagnosztikus értékét az intrahepatikus térfoglaló folyamatok elkülönítő kórismézésében. A szcintigráfiát MB 9100 típusu szcintillációs gammakamerával és MB 9101 típusu adatfeldolgozóval végeztük.

BETEGANYAG ÉS VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

107 olyan beteget vizsgáltunk, akiknél kolloid-májszcintigráfiával az epehólyag vagy a nagy epeutak várt vetületében szoliter aktivitáskiesést észleltünk. A kolloid-májszcintigráfiát 120-200 MBq ^{99m}Tc-Fyttonal /MTA Izotóipintézet/, a koleszcintigráfiát egy-két nappal később, 120-200 MBq ^{99m}Tc-Techidával /MTA Izotóipintézet/ végeztük. A májszcintigráfia során 5 felvételt /A, P, R, RAO, LAO/ készítettünk, a koleszcintigráfiát pedig a hagyományos módon, sorozatfelvételekkel végeztük. A koleszcintigráfia 5-10. percében, az un. parenchimas fázisban, a jobb képi megjelenítés céljából több irányú /A, RAO, LAO/ felvételek is készültek. Valamennyi betegnél ultrahangvizsgálatot is végeztünk Brüel-Kjaer gyártmányú "compound"-berendezéssel. A részletes kivizsgálás valamennyi betegünkönél egyértelműen tisztázta a májszcintigramon észlelt aktivitáskiesés eredetét. Beteganyagunk összetételét az 1. táblázatban tüntettük fel.

1. táblázat

A beteganyag összetétele

Состав больных

Patient material

Az aktivitáskiesés helye a kolloid-májszcintigramon	betegek száma
az epehólyag várt vetülete	63
a lebenyközti határ	29
a máj centrális része	15
Összesen:	107

EREDMÉNYEK

Eredményeinket a 2. táblázatban foglaltuk össze. A kolloid-májszcintigramon látható epehólyagtáji aktivitáskiesést mind a 63 betegünkönél jól fel lehetett ismerni a koleszcintigráfia korai, parenkimás fázisában is. E 63 beteg közül 52-nél az aktivitáskiesés feltelődött /átlagosan a 15. perctől kezdődően/, így igazoltuk, hogy azt epehólyag-benyomat okozta /1. ábra/. Öt betegnél az epehólyag nem az aktivitáskiesés helyén ábrázolódott, és később kiderült, hogy ezekben az esetekben malignus folyamat /solitaer metastasis/ hozta létre. Hat betegünkönél az epehólyag nem telődött fel /egynek akut, ötnek krónikus kolecisztitisze volt/, így a májszcintigráfiás elváltozás eredetét a koleszcintigráfia nem tudta eldönteni /2. ábra/.

2. táblázat

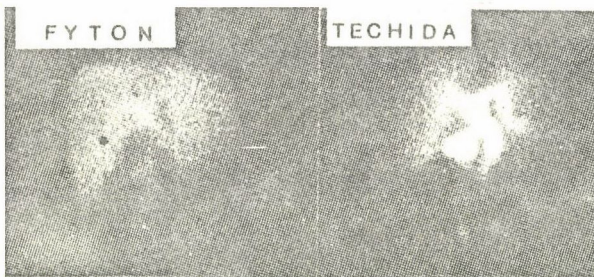
A vizsgálat eredménye

Результаты

Results

Az aktivitáskiesés helye a kolloid-májszcintigramon	a betegek száma	Koleszcintigráfiával az aktivitáskiesés helye		
		epehólyag	nem epehólyag	nem dönthető el
az epehólyag várt vetülete	63	52	5	6
a lebenyközti határ	29	epeut	nem epeut	nem dönthető el
a máj centrális része	15	10	16	3
		epeut	nem epeut	nem dönthető el
		10	5	0

29 betegnél az aktivitáskiesést a hepato-koledohusz várt vetületében észleltük, csikyszerű formában. Közülük 10 betegben ez epeuti eredetűnek bizonyult /3. ábra/. E 10 betegnek jelentős epeelfolyási akadályozottsága, ikterusza volt, koledohuszuk és az intrahepatikus epeutak ultrahanggal tágabbnak látszottak, így az "epeuti



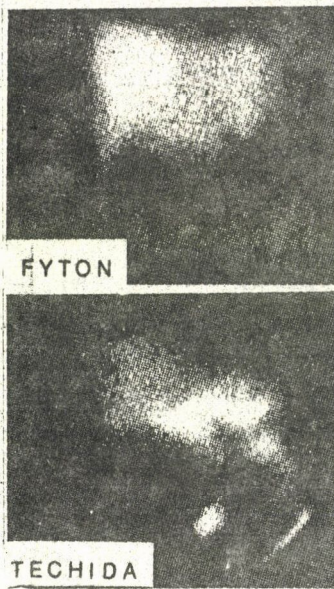
1. ábra

Atipikus helyű koleciszta

Жельчный пузырь в атипичном положении

Intrahepatic gallbladder

eredet biztosra volt vehető", a koleszcintigráfia többletinformációt lényegében nem nyújtott. Három betegnél - mindegyiknek 180 $\mu\text{mol/l}$ feletti szérumbilirubinszintje volt - a lelassult hepatocelluláris transzport mellett az epeutak nem ábrázolódtak, így az aktivitáskiesés epeuti eredetét eldönteni nem tudtuk. 16 esetben a hepato-koledohusz



2. ábra

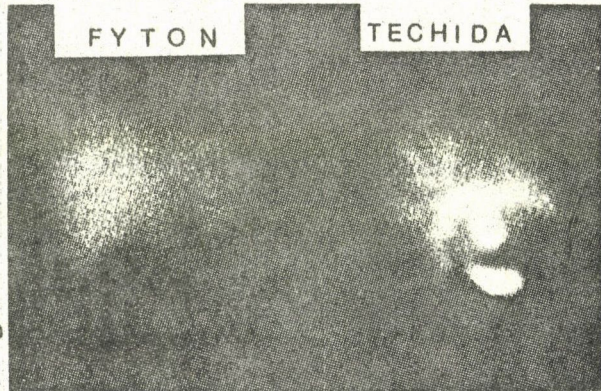
Hydrops cholecystae. Jelentős nagyságu, ivelt szélű benyomat a máj jobb lebenyének caudalis részén. Nem telődő koleciszta, mediális irányba eltolódott ductus choledochus

Гидропс желчного пузыря. Значительная вмятина с дугообразной кромкой на каудальной части правой доли печени. Не заполняемая колециста, смещанный в медиальном направлении провод холедоха

Hydrops of the gallbladder. Nonvisualization on cholescintigraphy, common bile duct displaced

nem a májzcintigramon észlelt aktivitáskiesés helyén ábrázolódt. Ezeknél a betegeknél egyéb vizsgálati leletek sem utaltak epeelfolyási akadályozottságra - az aktivitáskiesést a lebenyközti határ kifejezett volta, anatómiai variáció okozta.

15 esetben láttunk körülírt, centrális aktivitáskiesést a májzcintigramon. Közülük 10 betegnél ez epeutként "feltelődött" igazolva az epeuti eredetet /4. ábra/. Valamennyi beteg-

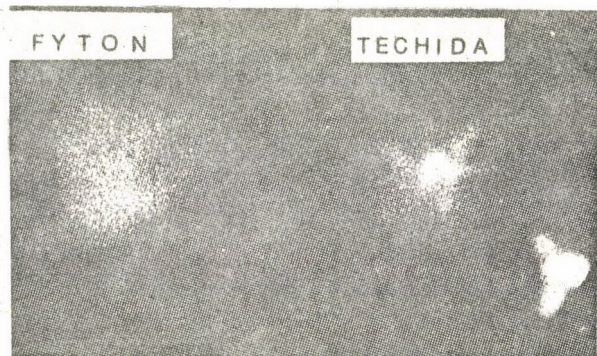


3. ábra

Pancreas tumor okozta jelentős epeelfolyási akadályozottság. A tágult hepatokoledochusz a májzcintigramon aktivitáskiesést okoz.

Значительная задержка течения желчи от опухоли панкреаса. Сниженная активность на скинтиграме печени из-за расширения гепатохоледоха

Carcinoma pancreatis. Bile flow obstruction. Dilated common bile duct



4. ábra

A tágult hepaticus vezeték /a d. hepaticus posztoperatív stenosisa/ centrális aktivitáskiesést okoz a májzcintigramon

Расширенный гепатический провод /постоперативный стеноз гепатического провода/ изображается центральным снижением активности на скинтиграмме печени.

Stenosis of the left hepatic duct

nél a bal hepaticus vetületében láttuk az aktivitáskiesést, amit epeelfolyási akadályozottság okozott. Öt betegnél a centrális aktivitáskiesés nem telődött fel. Közülük egynek pankreászfej-karcinómája, négynek májmetasztázisa volt. Három betegben a térfoglaló folyamat epeelfolyási akadályozottsággal járt.

MEGBESZÉLÉS

A kolloid-májszcintigráfia egyik legfontosabb indikációja az intrahepaticus térfoglaló folyamatok keresése. A módszer érzékenysége nagy, összefoglaló tanulmányok szerint 85-90%-os, ugyanakkor fajlagossága csekély, azaz a térfoglaló folyamat eredetét, biológiai természetét megállapítani nem képes^{1,2,9}. Elsősorban a solitaer intrahepaticus aktivitáskiesés értelmezése problematikus. Ciszta, tályog, jó és rosszindulatú, elsődleges és áttéti daganat megegyező szcintigráfias eltérést hoz létre. Az epehólyag, illetve a nagy epeutak tájékán észlelt aktivitáskiesés interpretálását a koleszcintigráfia hatékonyan segítheti, mert alkalmas annak epehólyag-epeuti eredetét bizonyítani, vagy kizárni^{6,8,10,11}. Az általunk ismert irodalomban csak néhány közlemény^{6,8,12,13} foglalkozik a kolloid-májszcintigráfia és a koleszcintigráfia kombinált alkalmazásával. E közlemények a metastázisok koleszcintigráfias jeleit írják le^{14,15}, megállapítva, hogy az intrahepaticus térfoglaló folyamatok koleszcintigráfiával gyakran detektálhatók. Véleményünk szerint - annak ellenére, hogy a térfoglaló folyamatok valóban gyakran észlelhetők koleszcintigráfiával is - a kolloid-májszcintigráfia nem helyettesíthető koleszcintigráfiával az intrahepaticus térszükítő folyamatok vizsgálatában. Ezen elváltozások koleszcintigráfias jelei másodlagos jelentőségűek, csak kiegészítik az egyéb eljárások /ultraszonográfia, CT, kolloid-májszcintigráfia/ adatait.

Az epehólyag és az epeutak tájékán észlelt aktivitáskiesés koleszcintigráfias elkülönítő kórismézésére szisztematikus vizsgálatot végeztünk. Ilyen jellegű munkáról közlemény eddig nem jelent meg. Eredményeink alapján a ^{99m}Tc-Techida koleszcintigráfia alkalmas az epehólyag és az epeutak várt vetületében észlelt májszcintigráfias aktivitáskiesés epehólyag-epeuti eredetének igazolására, vagy kizárására.

Egyszerű, gyors vizsgálat. Természetesen nem minden epehólyagtáji aktivitáskiesés koleszcintigráfias differenciálása indokolt, csak a nagy, az atipikus aktivitáskiesés esetében tartjuk elvégzendőnek.

A hepato-koledohuszvárt vetületében látott aktivitáskiesés koleszcintigráfias vizsgálata véleményünk szerint nem indokolt, hiszen ha azt tág epeut hozza létre, a betegnek jelentős epeelfolyási akadályozottsága van, rendszerint ikteruszos. Ezeknél a betegeknel az első radiológiai vizsgálatként indokolt ultraszonográfia megállapítja az epeuttágulatot.

A centrális elhelyezkedésű, körülírt aktivitáskiesés koleszcintigráfiás vizsgálatát fontosnak tartjuk, mert egyértelműen eldöntheti annak epeuti eredetét. Ha azt egyéb térfoglaló folyamat okozza, a koleszcintigráfiával megállapítható, hogy együtt jár-e epeelfolyási akadályozottsággal.

IRODALOM

1. Z.D. Grossman, et al., Radionuclide Imaging, Computed Tomography and Gray-Scale Ultrasonography of the Liver: A Comparative Study, *J.Nucl.Med.* 18 /1977/ 327
2. H.S. Weissmann, et al., Cholescintigraphy, Ultrasonography and Computerized Tomography in the Evaluation of Biliary Tract Disorders, *Sem.Nucl. Med.* 9 /1979/ 22
3. L.L. Heck, A. Gottschalk, The Appearance of Intrahepatic Biliary Duct Dilatation on the Liver Scan, *Nucl.Med.* 99 /1971/ 135
4. R.R. McClelland, Focal Porta Hepatis Scintiscan Defects: What Is Their Significance?, *J.Nucl.Med.* 16 /1975/ 1007
5. E. Harvey, et al., Tc-99m-HIDA: A New Radiopharmaceutical for Hepatobiliary Imaging, *J.Nucl.Med.* 16 /1975/ 533
6. W.C. Klingensmith, et al., Bile Leak into a Hepatic Abscess in a Liver Transplant: Demonstration with ^{99m}Tc -Diethyl Imino-diacetic Acid, *Am.J. Roentgenol.* 131 /1978/ 889
7. M. Loberg, et al., Development of New Radiopharmaceuticals Based on N-substitution of Iminodiacetic Acid, *J.Nucl.Med.* 17 /1976/ 633
8. B.K. Rao, et al., Evaluation of Focal Defects of ^{99m}Tc Sulphur Colloid Scans with New Hepatobiliary Agents, *Radiology* 136 /1980/ 497
9. U. Büll, et al., Diagnostik intrahepatischer Raumforderungen, *Dtsch. med. Wsch* 107 /1982/ 263
10. L. Lamki, A Dichotomy in Hepatic Uptake of ^{99m}Tc -IDA and ^{99m}Tc -colloid, *Sem.Nucl.Med.* 12 /1982/ 92
11. P.T. Makler jr., et al., Unusual Appearance of a Highly Vascular Lesion on Tc-99m DISIDA Hepatobiliary Scintigraphy, *Clin.Nucl.Med.* 8 /1983/ 483
12. J.M. Becker, P. Fogel, Early Multiprojectional Hepatic Imaging in Tc-99m PIPIDA Cholescintigraphy, *J.Nucl.Med.* 22 /1981/ 290
13. M.L. Brown, et al., The Hepatic Parenchymal Image in Hepatobiliary Scintigraphy, *J.Nucl.Med.* 21 /1980/ P17
14. S.A. Pedersen, et al., Hepatobiliary Scintigraphy with ^{99m}Tc -HIDA and ^{99m}Tc -Sulphur Colloid. Comparison of the Abilities to Demonstrate Biliary Construction and Hepatic Metastases, *Eur. J.Nucl.Med.* 5 /1980/ 305
15. P.J. Schulze, et al., Liver Imaging and Detection of Liver Metastases with ^{99m}Tc -HIDA, *Nucl.Med.* 20 /1981/ 214

*

A kolloid májzcintigráfiával észlelt epehólyag-, illetve nagy epeuttájéki aktivitáskiesés differenciálása céljából 107 betegen koleszcintigráfiát végeztünk. 63 betegnek az epehólyagtájon, 29-nek a lebenyközi határon, 15-nek pedig a máj központi részén volt körülírt szoliter aktivitáskiesése. A nagy-, illetve atipusos epehólyagtáji, valamint a máj központi részén észlelt aktivitáskiesés differenciálásában a koleszcintigráfia hasznosnak bizonyult.

ЗНАЧЕНИЕ ХОЛЕСЦИНТИГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ МЕЖДУПЕЧЕННЫХ ОБЪЕМОХВАТЫВАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

Силваши, И., Копчаньи, Ж., Паштински, И., Бодор, Э-не, Бохар, Л.

Для различения выпадок активности в области желчной пузыри, больших желчных путей, обнаруженных коллоидной скintиграфией печени была проведена холесцинтиграфия у 107 больных. Наблюдалась солитерная выпадка активности у 63 больного в области желчной пузыри, у 29 больных на междудольной границе, у 15 больных в центральной области печени. Результаты подчеркивают полезность холесцинтиграфии в дифференциальной диагностике выпадок в больших и нетипичных желчных путей, а также в центральной части печени.

THE SIGNIFICANCE OF CHOLESCINTIGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF INTRAHEPATIC SPACE-OCCUPYING PROCESSES

Szilvási, I., Kopcsányi, Zs., Pastinszky, I., Bodor, E-né, Bohár, L.

Liver choleoscintigraphy with ^{99m}Tc -TECHIDA was performed on 107 patients having space-occupying lesions to differentiate activity decrease observed by colloid liver scintigraphy. In 63 patients the gallbladder region, in 29 patients the interlobar area, in 15 patients the central region of the liver was indicated. Choleoscintigraphy proved to be a simple, useful method for the differential diagnosis of space-occupying lesions of the gallbladder and central liver regions.

SYMOLYT
VIVÖ AMFOLIT



1121 BUDAPEST, Konkoly Thege Miklós u. 29/33.
☒ 1525 BUDAPEST, Pf.: 77
Telefon 695 076
Telex. 22 5360

A k_0 -STANDARDIZÁLÁSI MÓDSZER ALKALMAZÁSA MEZŐGAZDASÁGI MINTÁK REAKTORNEUTRON-AKTIVÁCIÓS ANALITIKAI ELEMZÉSÉNÉL

András László*, Kőrösi Ferenc**, Pátzay György***

*Az MTA Központi Fizikai Kutatóintézete, Budapest, Pf.49, 1525

**Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, 2100

***Budapesti Műszaki Egyetem, Kémiai Technológiai Tanszék, Budapest, 1521

/Érkezett 1984. szeptember 14-én/

BEVEZETÉS

Az ionizáló sugárzás stimulációs hatása - adott dózistartományokban - közismert¹. Az ionizáló sugárzás hatásának az ásványi elemek transzlokációjában játszott szerepéről kevés információ áll rendelkezésre²⁻⁴. A kérdés tanulmányozása során különféle elemek eloszlását vizsgáltuk, és eredményeinket másutt közöltük⁵⁻⁷. Az egyes elemek meghatározásához reaktoros, neutronaktivációs mérési és a k_0 -standardizálási módszert alkalmaztuk.

A neutronaktivációs módszer jelentős érzékenysége mellett időnként - azonos mintákon, különböző körülmények között elvégzett elemzések esetében - meglepő eltéréseket mutató eredmény született^{8,9}. Sok esetben az eredmény kiértékeléséhez használt, táblázati nukleáris adatok is pontatlanok¹⁰.

Az utóbbi másfél évtizedben több kísérletet tettek az analízisben alkalmazott adatok és módszerek pontosítására. Ennek során alakult ki a k_0 -standardizálási módszer, mely egyesíti az abszolút és relatív módszer előnyeit. A módszer fejlődése során kezdetben csak a reaktorneutron-fluxus meghatározását dolgozták ki¹¹⁻¹⁵, később megjelentek az egyre pontosabb k_0 -tényezőket tartalmazó közlemények¹⁶⁻¹⁷. Ezt követték az $1/E^{1+\alpha}$ függvénnyel jellemezhető epitermikus fluxus α -paraméterének mérésével és számításával¹⁸, illetve az ennek számításához szükséges effektív rezonanciaenergia számításával és kísérleti meghatározásával foglalkozó közlemények¹⁹⁻²³. Számítási és mérési módszert közöltek a detektorhatásfok meghatározásával kapcsolatban²⁴, valamint közzétették a "legjobb" rezonanciaintegrál-értékek kompilációját²⁵⁻²⁶. Közben közölték 14 elem pontosított, illetve elsőként kimért nukleáris adatait^{11,12,14,16,21,27-29}. A módszerrel kapott eredmények pontosságának számításához szükséges számítástechnikai programok kidolgozásával^{30,31} gyakorlatilag minden részfeladatra megfelelő megoldást ajánlottak, és a módszert konzisztens egészévé tették.

Mivel munkánkban nagyszámu minta sorozatelemzésére volt szükség, az erre legalkalmasabb k_0 -standardizálási módszert alkalmaztuk. A módszer reprodukálhatóságának jellemzésére a monitorként használt elemek "visszakapott"

koncentrációértékeinek a ténylegesen bemért értékektől mutatott eltérését /gyakorlati reprodukálhatóság/ vizsgáltuk, illetve standard Bowen-káposztaminták néhány elemének koncentrációját határoztuk meg a /gyakorlati/ pontosság mértékének jellemzésére.

A számításhoz a HP-97 asztali kalkulátorra, illetve PDP típusu gépekre írt SAMPO 80 programot használtuk³².

ELMÉLETI RÉSZ

A műszeres, neutronaktivációs analitikában /INAA/ a meghatározandó elem mennyiségének kiszámítása a neutronbesugárzást követő aktivitásmérésen alapszik. Valamely elem neutronbesugárzást követő átlagos számlálási sebessége:

$$A = N \Theta \frac{w}{M} S D C E_{\gamma} \epsilon_p^a \sigma_r \Phi_r, \quad /1/$$

ahol N - az Avogadro-szám $/6,03 \cdot 10^{23}/$, Θ - az elem adott reakcióval aktiválódó izotópjának előfordulása, w - az elem tömege $/mg, g \text{ stb.}/$, M - az elem atomsulya, S, D, C - időtényezők $/S$ - telítési tényező: $S = 1 - \exp(-\lambda t_i)$; D - lebomlási tényező: $D = \exp(-\lambda t_d)$; C - számlálási tényező: $C = 1 - \exp(-\lambda t_m)(\lambda t_m)^{-1}$ ahol $\lambda = 0,693/T_{1/2}$ és $T_{1/2}$ a felezési idő, t_i, t_d és t_m a besugárzási, hűtési és mérési idő/, E_{γ} - a meghatározandó izotóp E energiájú γ -fotonjának abszolút intenzitása, ϵ_p^a - az E energiájú fotonok abszolút teljesenergia-csúcshatásfoka, σ_r - a kérdéses izotópnak a besugárzó reaktorneutronokra vonatkoztatott hatáskeresztmetszete $/barn, 10^{-24} \text{cm}^{-2}/$, Φ_r - az adott izotóppal reakcióba lépő neutronok fluxusa $/n \cdot \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}/$.

Az /1/ egyenletben a σ_r és Φ_r összetett tényező. A reaktorokban uralkodó fluxusviszonyok alapján általában megkülönböztethetünk termikus és epitermikus neutronokat. A σ_r aktivációs hatáskeresztmetszet-adatak is termikus és epitermikus neutronokra vonatkozó táblázatokban^{25,26, 33-35} találhatóak. A reaktorok többségében csak a termikus és epitermikus neutronokkal kell számolni, s ebben az esetben az /1/ egyenlet az alábbi alakot ölti:

$$A = N \Theta \frac{w}{M} S D C E_{\gamma} \epsilon_p^a [\sigma_0 \Phi_s + I_0 \Phi_e], \quad /2/$$

ahol σ_0 és I_0 - a termikus és epitermikus neutronokra vonatkoztatott aktivációs hatáskeresztmetszet, Φ_s és Φ_e - a termikus /szubkadmios/ és epitermikus /epikadmios/ neutronfluxus.

A /2/ összefüggés szigorúan véve csak az un. $1/v$ targetizotópokra érvényes $/^{60}\text{Co}, ^{23}\text{Na}, \text{ stb.}/$, ahol a $\sigma(E)$ hatáskeresztmetszet legalább $1-2 \text{ eV}$ neutronenergiáig követi az $1/v$ törvényt. A /2/ összefüggés elemzéséből látható, hogy az indukált aktivitás értéke három különböző csoportba sorolható tényezőktől függ:

a/ a meghatározandó elem M , illetve izotóp fizikai állandóitól $\theta, \sigma_0, I_0, T_{1/2}, E_\gamma$);

b/ a besugárzásnál alkalmazott neutronfluxus jellemzőitől ($f(\Phi_s, \Phi_e), \alpha$);

c/ a kísérlet körülményeitől (ϵ_p, w, S, D, C).

A vizsgált izotóp számított fajlagos aktivitása a besugárzás végén:

$$A_{sp} = \frac{A_t}{wSDC}, \quad /3/$$

ahol A_{sp} - az egy súlyegységre vonatkoztatott számlálási sebesség, (pl. cps/ μ g),

A_t - a mérés időpontjában észlelt átlagos számlálási sebesség: $A_t = N_p/t_m$;

N_p - a teljes energiacsucsban mért beütések száma.

A meghatározandó elem mennyisége:

$$W = \frac{A_{sp} M}{N \theta E_\gamma \epsilon_p [\sigma_0 \Phi_s + I_0 \Phi_e] SDC}. \quad /4/$$

MEGHATÁROZÁSI MÓDSZEREK

A keresett anyagmennyiséget többféleképpen lehet meghatározni. Legkézenfekvőbb módja az a korábban alkalmazott eljárás, mely szerint a megfelelő fizikai állandókat - $N, M, \theta, E_\gamma, \sigma_0, I_0$ - táblázatból kikeresve a /4/ egyenletbe behelyettesítjük, a Φ_s és Φ_e meghatározása mellett és az aktivitást ismert hatásfokú ϵ_p detektorral megmérve w -t kiszámítjuk, figyelembe véve a kísérleti körülményeket t_i, t_d, t_m . Ebben az esetben abszolút meghatározási módszerrel beszélhetünk.

Másik lehetőség, hogy a mintában ismeretlen koncentrációban jelen lévő meghatározandó elemekből etalonsorozatot készítünk, és azokat ismert feltételek mellett besugározva és aktivitásukat megmérve aktivitás-koncentrációösszefüggést kapunk, s ezzel, valamint az ismeretlen mintán elvégzett aktivitásméréssel az ismeretlen elem koncentrációját meghatározzuk. Nyilvánvaló, hogy azonos körülmények között, azonos izotópokon végzett mérés esetében felírható:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{A_1}{A_2}, \quad \text{illetve } w_1 = w_2 \frac{A_1}{A_2}, \quad /5/$$

ahol w_1 és w_2 - az ismeretlen és az ismert mennyiségű elem sulya, A_1 és A_2 - a megfelelő aktivitás.

Mindkét módszernek van előnye és hátránya. Az abszolút módszer fő hátránya, hogy a nukleáris állandók jelentős /egy esetben 50-100%-ot eltérő bizonytalanságából adódóan a meghatározás hibája igen nagy lehet, továbbá feltételezi az epitermikus neutronfluxus $1/E$ szerinti lefutását. A relatív módszer legfőbb hátránya rendkívüli munkaigényessége, valamint az, hogy csak eleve feltételezett elemek határozhatók meg ily módon,

azaz olyanok, melyekre etalonokat készítettünk. A két módszer hátrányait csökkentendő, illetve előnyeiket kihasználva, alakult ki az utóbbi másfél évtizedben az un. komparátor- és a k_0 -standardizálási módszer.

A k_0 -STANDARDIZÁLÁSI MÓDSZER

A módszerrel egyrészt a nukleáris adatok egy részét standardizálták az arany, mint jól meghatározható és ezért pontosan kimért elem adataihoz viszonyítva, másrészt, az aranyra alapozott k_0 -tényezőket felhasználva, újramérték egy sor bizonytalan értékű nukleáris állandót^{11,12,14,16,21,27-29}, harmadrészt a modern technika - nagy felbontású detektorok, számítástechnika - eszközeit felhasználva a nem nukleáris állandók /detektorhatásfok, fluxusparaméterek/ pontosabb meghatározása vált lehetővé, elsősorban az INAA számára.

A k_0 -tényező

A /2/ egyenlet felírható az alábbi formában:

$$A = \left[\frac{\Theta}{M} E_Y \sigma_0 \right] N \epsilon_p^a \text{SDC} \left(\Phi_s + \frac{I_0}{\sigma_0} \Phi_e \right), \quad /6/$$

ahol a szögletes zárójelben lévő adatok a vizsgált elemre, illetve izotópra vonatkoznak.

A vizsgált elem és az arany ezen állandóinak aránya a k_0 -tényező, tehát

$$k_0 = \frac{\Theta E_Y \sigma_0 / M}{\Theta^* E^* \sigma_0^* / M^*} = \frac{M^* \Theta E_Y \sigma_0}{M \Theta^* E^* \sigma_0^*}, \quad /7/$$

ahol a *indexes adatok az arany állandói.

A k_0 tényezők 49 elem 72 izotópjának kb. 200 fotonenergiájára táblázatban található^{13,15,37}. A k_0 tényezőket használva, néhány aktivációs analitikai számítás módosul. Ezeket az alábbiakban tekintjük át.

A fajlagos aktivitás számítása

A fajlagos aktivitás számítását három egyszerű, általunk használt esetre adjuk meg /részletesen lásd^{16,17,36}/.

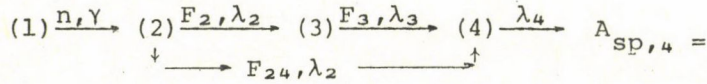
a/ Az /1/ nuklidot aktiváljuk, a /2/ nuklid bomlását mérjük:

$$(1) \xrightarrow{n, \gamma} (2) \xrightarrow{\lambda_2} ; A_{sp,2} = \frac{N_{p,2} / t_m}{w \text{SDC}}, \quad /8a/$$

b/ Az /1/ nuklidot aktiváljuk, a /2/ nuklid elbomlik, és a /3/ nuklidot mérjük:

$$(1) \xrightarrow{n, \gamma} (2) \xrightarrow{F_2, \lambda_2} (3) \xrightarrow{\lambda_3} ; A_{sp,3} = \frac{N_{p,3} / t_m (\lambda_3 - \lambda_2)}{w (\lambda_3 S_2 D_2 C_2 - \lambda_2 S_3 D_3 C_3)}. \quad /8b/$$

c/ Az /1/ nuklidot aktiváljuk, a /2/ nuklid elágazással és két lépésben bomlik, a /4/ izotóp γ -sugárzását mérjük:



$$= \frac{N_{p,4} / t_m}{w} \left[S_2 D_2 C_2 \frac{\lambda_4}{\lambda_4 - \lambda_2} \left(\frac{\lambda_3}{\lambda_3 - \lambda_2} + \frac{F_{24}}{F_2 F_3} \right) - S_3 D_3 C_3 \frac{\lambda_2 \lambda_4}{(\lambda_4 - \lambda_3)(\lambda_3 - \lambda_2)} + \right. \\ \left. + S_4 D_4 C_4 \frac{\lambda_2}{\lambda_4 - \lambda_2} \frac{\lambda_3}{\lambda_4 - \lambda_3} - \frac{F_{24}}{F_2 F_3} \right]^{-1} \quad /8c/$$

A termikus/epitermikus fluxusarány

Ennek számításához kadmiumborítás nélkül besugárzunk két, egymástól lehetőleg eltérő termikus rezonanciaaktivációs hatáskeresztmetszetű izotópot, és a mérési adatok alapján a Φ_s / Φ_e arányt az alábbiak szerint számítjuk ki:

$$f = \frac{\Phi_s}{\Phi_e} = \frac{(k_{0,1} / k_{0,2}) (\epsilon_{p,1} / \epsilon_{p,2}) Q_{0,1} - (A_{sp,1} / A_{sp,2}) Q_{0,2}}{(A_{sp,1} / A_{sp,2}) - (k_{0,1} / k_{0,2}) (\epsilon_{p,1} / \epsilon_{p,2})} \quad /9/$$

ahol az 1 és 2 index a két nuklidra vonatkozik, $Q_0 = I_0 / \sigma_0$, ϵ_p - a relatív detektálási hatásfok, egyéb jelölés változatlan.

A termikus fluxus

A termikus neutronok fluxusát az alábbi egyenlettel számítjuk:

$$\Phi_s = \frac{A_{sp}}{\Theta E_Y \sigma_0 / MN [1 + Q_0 \Phi_e / \Phi_s] \epsilon_p^a} \quad /10/$$

Az epitermikus fluxus 1/E törvénytől eltérő viselkedésének meghatározása

Az epitermikus neutronokkal végzett aktiválás mértékére az I_0 rezonanciaintegrál jellemző. A rezonancianeutronok fluxusának az 1/E szerinti csökkenése csak általában igaz, és konkrét mérésnél ettől jelentős eltérés tapasztalható¹⁸. Az eltérés mértékének jellemzésére bevezették az α paramétert, s így az epitermikus /rezonancia-/ neutronok fluxusát az $1/E^{1+\alpha}$ összefüggés alapján számíthatjuk¹⁹⁻²³.

Ideális epitermikus fluxus esetében az I_0 rezonanciaintegrál felírható:

$$I_0 = \int_{E_{Cd}}^{\infty} \frac{\sigma(E)}{E} dE, \quad /11/$$

ahol E_{Cd} az effektív Cd-levágási energia, ami 0,55 eV olyan detektor esetében, mely az aktiválási hatáskeresztmetszettől $\sigma(v) \sim 1/v$ szerint függ az (n, γ) reakcióban, legalább 1-2 eV értékig, és a detektort 1 mm rétegvastagságú, olyan hengeres kadmiumentartóban sugároztuk be, amelynek magassága kétszerese az átmérőjének²¹.

Nem ideális, $1/E$ -től eltérő epitermikus fluxus esetében a rezonanciaintegrál alakja:

$$I_{0,\alpha} = (1 \text{ eV})^\alpha \int_{E_{Cd}}^{\infty} \frac{\sigma(E)}{E^{1+\alpha}} dE. \quad /12/$$

A /11/ és /12/ egyenlet közötti kapcsolatról kimutatható, hogy

$$I_{0,\alpha} = (I_0 - 0,429\sigma_0) (\bar{E}_r)^{-\alpha} + \sigma_0 C_\alpha, \quad /13/$$

ahol $C_\alpha = \frac{0,429}{(2\alpha + 1) \cdot (0,55)^\alpha}$, $\sigma_0 - 2200 \text{ ms}^{-1}$ neutronenergiához tartozó $/13a/$ $/n, \gamma/$ aktivációs hatáskeresztmetszet, E_r - az effektív rezonanciaenergia $/\text{keV}/$ ^{19, 23}.

Hasonló módon a rezonanciaintegrál és a termikus aktivációs hatáskeresztmetszet arányára ($Q_0 = \sigma_0/I_0$) felírható az alábbi összefüggés:

$$Q_{0,\alpha} = (Q_0 - 0,429) (\bar{E}_r)^{-\alpha} + C_\alpha, \quad /14/$$

illetve, bevezetve a $q_0 = Q_0 - 0,429$ jelölést, egyszerűbben

$$Q_{0,\alpha} = q_{0,\alpha} + C_\alpha.$$

A /13/ egyenletben az $I_0 - 0,429 \sigma_0$ összefüggés a redukált rezonanciaintegrálhoz vezet, melyből az epitermikus fluxus változásától független /termikus/ részt levontuk. A redukált átszámítási egyenlet szigorúan csak $E_{Cd} = 0,55 \text{ eV}$ levágási energia esetében érvényes, ettől eltérő esetben

$$C_\alpha = \frac{2 E_0^{\frac{1}{2}}}{(2\alpha+1) (E_{Cd})^{\alpha+\frac{1}{2}}}, \quad /16/$$

ahol $E_0 = 0,0253 \text{ eV}$.

Megjegyzendő ugyanakkor, hogy az $/I_0 - 0,429\sigma_0/$ és a $/Q_0 - 0,429/$ kifejezés értéke $E_{Cd} \neq 0,55 \text{ eV}$ esetében sem érzékeny a Cd levágásienergia-értékére, legalább is $\sigma(v) \sim 1/v$ izotópok esetében, ha ez legalább 1-2 eV-ig igaz. Ez annak következménye, hogy a spektrum tisztán rezonanciarészéről van szó, mivel az $1/v$ részt a teljes spektrumból levontuk.

α értékének meghatározására sok módszer ismeretes, amelyek többsége a termikus neutronokat gyakorlatilag teljesen abszorbeáló kadmiumborítás felhasználásán alapszik. A k_0 -módszert kidolgozók leirtak egy kadmiumborítás nélküli, úgynevezett csupasz monitorokat felhasználó módszert is¹¹⁻¹⁴.

Az utóbbi esetben, ha három különböző q_0 és \bar{E}_r értékkel rendelkező detektort azonos módon sugárzunk be, akkor felírható az alábbi összefüggés:

$$(a - b)q_{0,1,\alpha} - aq_{0,2,\alpha} + bq_{0,3,\alpha} = 0, \quad /17/$$

ahol a-val és b-vel az alábbi kifejezéseket jelöltük:

$$a = \frac{1}{1 - (A_{sp,2}/A_{sp,1})(k_{o,1}/k_{o,2})(\epsilon_{p,1}/\epsilon_{p,2})} \quad /18/$$

$$b = \frac{1}{1 - (A_{sp,3}/A_{sp,1})(k_{o,1}/k_{o,3})(\epsilon_{p,1}/\epsilon_{p,2})} \quad /19/$$

Ha a detektorok egyike, pl. az 1. detektor l/v viselkedésű, akkor

$$\alpha = \frac{\log(aq_{0,2}/bq_{0,3})}{\log(\bar{E}_{r,2}/\bar{E}_{r,3})} \quad /20/$$

Miután α értékét fentiek szerint kiszámítjuk, nem az epitermikus fluxus korrekcióját végezzük el, hanem az un. publikációs $|\alpha=0$ értékre vonatkozó I_0 rezonanciaintegrál értékét korrigáljuk minden izotóp esetében a tényleges, nem ideális $1/E^{1+\alpha}$ epitermikus fluxusra, a /13/, illetve /14/ egyenlet alapján.

A k_{anal} meghatározása

Sorozatelemzés esetében kényelmes az állandóan ismétlődő elemekre kiszámítani - a k_0 tényező alapján - a k_{anal} tényezőt:

$$k_{anal} = k \frac{f + Q \frac{\epsilon_p}{\alpha}}{f + Q^* \frac{\epsilon_p^*}{\alpha}}, \quad /21/$$

ahol $f = \Phi_s/\Phi_e$, az *indexes adatok a komparátorra, az index nélküli adatok a meghatározandó izotópra vonatkoznak.

Ismert /azonosított/ elem mennyiségének meghatározása

A k_{anal} tényező ismeretében a keresett elem mennyisége

$$\rho, \text{ppm} = \frac{A_{sp}}{A_{sp}^*} \cdot \frac{1}{k_{anal}}, \quad /22/$$

ahol A_{sp} cps/g és A_{sp}^* cps/ μ g dimenzióju.

Megjegyezzük, hogy az ismeretlen mintamennyiség számításához használt k_{anal} tényező mindaddig alkalmazható, míg a neutronfluxusban jelentős változás /zónaátrendezés, fűtőelem-felujítás, jelentő abszorpcióval rendelkező anyag bekerülésésetb./ nem áll be. A fluxusviszonyok időnkénti ellenőrzése ezért mindenképpen tanácsos.

ANYAG ÉS MÓDSZER

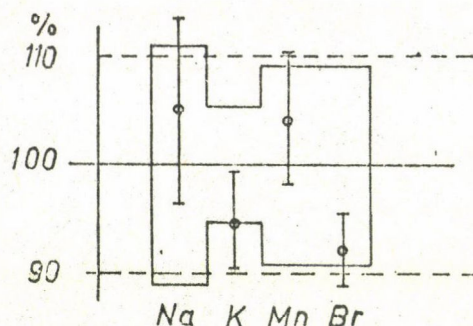
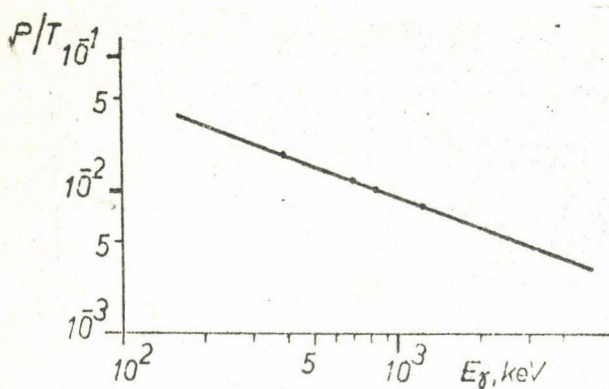
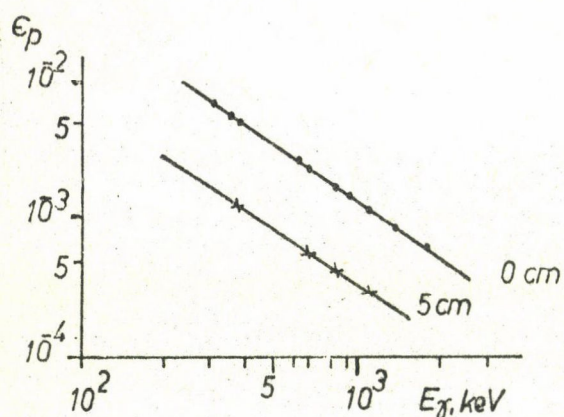
A növényeket a megfelelő alapkisérletben előirt módon kezeltük. Analitikai mintakénti előkészítésük az általában szokásos³³⁻³⁶ módon történt: a növényi mintát /mag, 2-3 hetes növény, termést hozó növény/ általában feldaraboltuk, szárítottuk, achát mozsárban porítottuk, majd 4 órán át 105°C-on vízmentesítettük. A mintákalikvot részét előzetesen ismert sulyu polietilén tasakokba helyeztük, lemértük, majd a tasakokat leforrasztottuk. Mintánként általában három párhuzamos besugárzandó mintával dolgoztunk. A bemért minták sulya 30-150 mg között volt. A polietilén tasakok mérete 1,5x1,5 cm volt, mintával töltve vastagságuk 3-6 mm között változott.

A besugárzást 22 mm belső átmérőjű, kb. 36 mm szabad belső hosszúságu polietilén kapszulában végeztük, s így egy besugárzással 4-8 mintát tudunk aktiválni.

Minden kapszulába legalább egy komparátormintát helyeztünk. Komparátorként¹³ aranyat, krómot, antimont, cirkóniumot és molibdént használtunk. Az arany, króm és antimon komparátort vizes oldatból szűrőpapírra cseppentett és polietilén tasakba forrasztott formában sugároztuk be. Az egyes elemek koncentrációja: 10^{-6} , 10^{-3} és $2 \cdot 10^{-4}$ g volt. Az aranyat, molibdént és cirkóniumot Au/Al drót, illetve 0,1 mm-nél vékonyabb fólia formájában sugároztuk be. További etalonként 60-100 mg sulyu, a fentebb leirt módon előkészített Bowen-káposztamintákat használtunk. A káposztaminták nedvességtartalma 8,33% volt.

Terveink szerint mintegy 10-12 elem meghatározását végeztük volna el /lásd 1. táblázat/. A kapszulánkénti besugárzási idő 2 órára korlátozódott, emiatt a hosszabb felezési idejű izotópok meghatározásától el kellett tekintenünk. A besugárzott minták mérésére a következő besugárzás alatti idő, tehát mintegy 2 óra állt rendelkezésünkre, ezért a hűtési időt sem állt módunkban tetszés szerint megválasztani, s így a besugárzást követő aktivitásmérést viszonylag nagy, rövid felezési idejű háttér mellett voltunk kénytelenek elvégezni. Ez - a detektor terhelésének csökkentése érdekében - azzal járt, hogy az egyes mintákat a detektortól 10, 15 és 20 cm távolságban kellett lemérni, ezért a detektort mindezen távolságoknál kalibrálni kellett.

A detektor kalibrálására standard, általában monoenergiás, illetve ^{226}Ra és ^{152}Eu izotópot használtunk. Meghatároztuk a detektálási hatásfokot, valamint a csucs és a teljes terület arányát a koincidencia-korrekcióhoz /1. ábra, illetve 17,24/.



2. ábra

Bowen káposzta hitelesített elemtartalmának szórása, a meghatározott elemtartalom és a meghatározás hibája

"Лучшие значения" и погрешность, определенные концентрации и стандартное отклонение содержания элементов бовенской капусты

The "best values" and deviation, found concentration and standard deviation of Bowen's kale elements

1. ábra

40 cm³ Ge(Li) detektor abszolút teljesenergiacsucs - hatásfok görbéje /ε_p/, a csucs alatti és a teljes terület arányának értéke (P/T) a fotonenergia függvényében

КПД регистрации полного энергетического пика /ε_p/ и отношение пика к суммарному счёту (P/T) для 40 см³ Ge(Li) детектора в зависимости от энергии фотонов

The full-energy peak efficiency /ε_p/ and the peak-to-total (P/T) ratio curves for 40 cm³ Ge(Li) detector vs. photon energy

1. táblázat

Meghatározandó elemek besugárzási körülményei és várható telítési aktivitásuk, %-ban

Условия облучения и ожидаемые концентрации насыщения определяемых элементов в процентах

Irradiation conditions and expected saturation activity of elements to be determined, in percents

Csoport	Besugárzási idő, h	Hűtési idő, h	Izotóp	T _{1/2}	Telítési aktivitás, %
I.	2	0,1	²⁷ Mg	9,46 m	50
			³⁸ Cl	37,3 m	68
II.	24	2,0	⁴² K	12,36 h	66
			²⁴ Na	14,96 h	61
			⁵⁶ Mn	2,576 h	58
			⁶⁴ Cu	12,70 h	65
			⁸² Br	35,34 h	36
			⁵⁰ Fe	44,50 d	16
III.	288	48,0	⁵⁶ Zn	243,8 d	3,3
			¹³¹ Ba	12,0 d	44,5
			¹²⁴ Sb	60,20 d	12,6
			⁸⁵ Sr	64,0 d	11,9

A spektrumokat 40 cm³ Ge(Li) detektorral mértük, floppy discen tároltuk és a SAMPO 80 programmal PDP 11/70, illetve TPA 11/40 gépen értékeltük ki³⁷. A program bemenő adatként igényli a termikus fluxust, az epitermikus fluxust, a detektor hatásfokát stb., amelyeket a HP-97 kézi kalkulátorra írt programokkal számítottunk ki.

2. táblázat

k₀-standardizálási módszerrel kapott adatok. Gyakorlati reprodukálhatósági mutató $\rho_{\text{bemért}}/\rho_{\text{számított}}$
 Данные, полученные методом k₀-стандартизации. Фактор практической репродуктивности $\rho_{\text{табличный}}/\rho_{\text{найденный}}$, %
 Data obtained by k₀-standardization method. Factor of practical reproducibility $\rho_{\text{specified}}/\rho_{\text{found}}$, %

No.	Izotóp	E _γ	A _{sp}	k ₀	ε _p ^a	α	q ₀	q _α	Φ _s /Φ _s	Φ _s ·10 ⁻¹¹	k _{anal}	k _{0,exp}	ρ _{bemért} /ρ _{számított} izotóp / elem
1.	¹⁹⁸ Au	411,8	506,6590	1	1,02·10 ⁻³	-	15,27	17,67	-	-	-	-	-
2.	⁵¹ Cr	320,1	0,1842	2,5·10 ⁻³ *	1,37·10 ⁻³	-	0,101	0,231	1,3970	1,2531	3,54·10 ⁻⁴	2,56·10 ⁻³	102,53 / 102,53
3.	¹²² Sb	692,8	1,3954	2,38·10 ⁻³	5,50·10 ⁻⁴	-0,0843	32,57	38,43	1,3166	1,3069	6,23·10 ⁻²	2,47·10 ⁻³	106,7
4.	¹²⁴ Sb	645,8	18,1310	2,21·10 ⁻³	5,99·10 ⁻⁴	-0,0638	28,37	35,34	1,5503	1,3572	2,47·10 ⁻³	2,16·10 ⁻³	97,98 / 104,4±4,9
5.		722,8	23,8899	3,19·10 ⁻³	5,24·10 ⁻⁴	-0,923			1,3220	1,4781	3,14·10 ⁻³	3,39·10 ⁻³	106,32
6.	⁹⁹ Mo	739	0,012	8,47·10 ⁻⁵ *	5,10·10 ⁻⁴	-0,0468	52,57	75,82	1,5680	1,1750	1,69·10 ⁻⁴	8,04·10 ⁻⁴	94,97
7.	¹⁰¹ Mo	505,8	0,0284	4,64·10 ⁻⁵	8,00·10 ⁻⁴	-0,0576	18,17	28,89	1,5093	1,1689	5,73·10 ⁻⁵	4,53·10 ⁻⁵	97,69
8.		590,7	0,0440	8,17·10 ⁻⁵	6,65·10 ⁻⁴	-0,0700			1,1962	1,2747	8,39·10 ⁻⁵	8,45·10 ⁻⁵	103,40 / 101,2±5,9
9.		1012,3	0,0180	6,06·10 ⁻⁵	3,52·10 ⁻⁴	-0,0797			1,2935	1,2824	3,29·10 ⁻⁵	6,52·10 ⁻⁵	107,70
10.		306,8	0,4480	3,67·10 ⁻⁴	1,45·10 ⁻³	-0,0800			1,2896	1,3174	8,19·10 ⁻⁵	3,96·10 ⁻⁴	107,93
11.		545,1	0,0135	2,48·10 ⁻⁵	7,32·10 ⁻⁴	-0,0507			1,5533	1,1718	2,80·10 ⁻⁵	2,36·10 ⁻⁵	95,24
						α: -0,068 ± 0,012 ±18%			1,40 ± 0,14	1,28 ± 0,1			

A *-gal jelzett k₀-értékeket a közlemény megírása után módosították³⁸: 2,50·10⁻³ helyett 2,62·10⁻³ és 8,47·10⁻⁵ helyett 8,42·10⁻⁵.

3. táblázat

Bowen-káposzta Na-, K-, Mn- és Br-tartalmának irodalmi és általunk meghatározott értéke
 "Лучшие значения" и найденные концентрации Na, K, Mn, Br в бовенской капусте
 The "best values" and found Na, K, Mn and Br concentrations of Bowen's kale

Elem	Koncentráció a Bowen-káposztában, ppm			Koncentráció-eltérés, %
	szárazanyagra	8,33% nedves-ség mellett	általunk mért	
Na	2392 ± 326 / ±11% /	2192	2308 ± 200	+5,1
K	24 250 ± 310 / ±5,3% /	22 230	21 159 ± 942	-5,1
Mn	14,95 ± 40 / ±9,3% /	13,70	14,31 ± 0,88	+4,3
Br	24,6 ± 2,3 / ±9,3% /	22,55	20,92 ± 0,68	-7,7

EREDMÉNYEK

A $k_{0,exp}/k_0$ arány az egyes γ -vonalakhoz rendelt k_0 értékeknek az irodalomban megadott értékeiktől mutatott különbségét, az egyes izotópokra meghatározott ρ_{ppm} , bemért/ ρ_{ppm} , számított arány pedig a kérdéses izotóp mennyiségének a bemérttől mutatott eltérését adja meg százalékban. A mérési adatok és számított eredmények az 1., 2. és 3. táblázatban és az 1., 2. ábrán szerepelnek.

A mintegy 300 mintára vonatkozó élettani mérési eredményeinket másutt közöljük⁵⁻⁷.

MEGBESZÉLÉS

A k_0 -standardizálási módszer alkalmazásához több komparátort használtunk, az eredményeket az Au, Cr, Sb és Mo esetében értékeltük ki.

Objektív tényezők /a holtidő korrekciójának, illetve kellően hosszú hűtési időnek hiánya/ a meghatározások optimális elvégzését nem tették lehetővé. A rövid hűtési idővel mért, különböző detektorterhelést eredményező mintákat a detektortól 0-20 cm közti távolságban mértük. Mind a holtidő ellenőrzésének elmaradása, mind a különböző távolsággal mért minták aktivitásának hibája hozzájárulhatott a végeredmény hibájához.

A több /4-8/ minta együttes besugárzása kényszerhelyzetből adódott. Noha a fluxusdepresszióra vonatkozó számításaink a fluxusnak +1%-on belüli állandóságát mutatták /⁽⁵⁾ III.20.o./, a fluxusnak a besugárzó edény tengelye mentén fellépő gyengülése és "keményedése" teljesen nem zárható ki.

Az egyes izotópok γ -vonalaira számított $k_{0,exp}/k_0$ értékek maximálisan $\pm 8\%$ -os eltérést, míg az egyes izotópok ρ_{ppm} , bemért/ ρ_{ppm} , számított értékei $\pm 6\%$ -os eltérést mutatnak /2. táblázat/.

A Bowen-káposztában meghatározott Na, K, Mn és Br esetében a talált koncentráció és a bizonylatban megadott értékek közötti különbség általában $\pm 5\%$ körül van, és nem éri el a $\pm 8\%$ -ot /3. táblázat, 2. ábra/.

A viszonylag kedvezőtlen meghatározási körülményeket és a kellő gondossággal és megfelelő műszaki-technikai feltételek mellett elérhető kevesebb, mint $\pm 5\%$ -os hibát³¹ figyelembe véve a 8% -os pontosságot kielégítőnek tartjuk.

A k_0 -standardizálási módszer mezőgazdasági minták meghatározásánál előnyösen alkalmazható.

IRODALOM

1. Simon J., Bhattachariya, S., The Present Status and Future Prospect of Radiation Stimulation in Crop Plants, MÉM Információs Központ, Budapest, 1977

2. Г.В. Ильина, Н.Н. Кузнецова, О влиянии микроэлементов железа и марганца на модификацию радиобиологических эффектов и растений пшеницы, Радиобиология 15 /1975/ 415
3. Kőrösi F., Additive Effect of the Different Nutrient Element Ratios and Prior to Sowing Irradiation on Bean [*Phaseolus vulgaris* L.], ESNA Newsletter, Brno, Czechoslovakia, 1978, 61
4. Pozsdr B., Permanent Metabolic Stimulation Induced by Small Dosage, Acute Gamma Irradiation [^{60}Co] in the Plants: Increase of the Ion Accumulation, Nucleic Acid and Protein Synthesis, Photosynthetic Carbon Fixation and Alcohol Dehydrogenase Activity, ESNA Newsletter, Brno, Czechoslovakia, 1978, 24
5. András L., Kőrösi F., Pátzay Gy., Gazdasági növények produktivására ható egyes tényezők vizsgálata. Munkabeszámoló, Budapest, 1982
6. Kőrösi F., András L., Pátzay Gy., Microelement Treatment of Wheat [*Siete cerros*] Seeds. I. Effect of Microelement Soaking on Enrichment of Seeds As Well As on Leaching of Nutrient Elements during the Soaking and Germination /közlés alatt/
7. Kőrösi F., András L., Pátzay Gy., Microelement Treatment of Wheat [*Siete cerros*] Seeds. II. Effect of Microelement Soaking on Manganese, Copper and Potassium Content of Wheat Seedlings /közlés alatt/
8. А.И. Алиев и др., Ядерно-физические константы для нейтронно-активационного анализа, Атомиздат, Москва, 1969
9. LaFleur D. /Ed./: Accuracy in Trace Analysis. Proc. 7th Materials Research Symposium, 1974, US Dept. of Commerce, 1976, 141, 173, 211, 239, 247
10. Nuclear Data in Science and Technology. Proc. IAEA Symp. 1973, Vienna, 1973. I. 217, 335, II. 193, 241, 271
11. F. De Corte, et al., Reactor Neutron Activation Analysis by Triple Comparator Method, J.Radioanal.Chem. 3 /1969/ 205
12. R. Van der Linden, et al., Activation Analysis of Geological Material Using Ruthenium As a Multiisotopic Comparator, J.Radioanal. Chem. 20 /1974/ 729
13. Simonits A., De Corte F., Hoste J., Single-Comparator Methods in Reactor Neutron Activation Analysis, J.Radioanal.Chem. 24 /1975/ 31
14. Simonits A., De Corte F., Hoste J., Zirconium As a Multiisotopic Flux Ratio Monitor and a Single Comparator in Reactor-neutron Activation Analysis, J. Radioanal. Chem. 31 /1976/ 467
15. Simonits A., et al., k_0 Measurements and Related Neutron Activation Analysis. Part I, J.Radioanal.Chem. 60 /1980/ 461
16. L. Moens, et al., The Use of k_0 -Factors As a Tool for a Critical Evaluation of Reactor Thermal and Epithermal (n,γ) Cross-sections and of Absolute Gamma-intensities, J.Radioanal.Chem. 45 /1978/ 221

17. *L. Moens, et al.*, Calculation of the Absolute Peak Efficiency of the Ge and Ge/Li/ Detectors for Different Counting Geometries, *J.Radioanal.Chem.* 70 /1982/ 539
18. *F. De Corte, et al.*, Instantaneous α -determination without Cd-cover in the $1/E^{1+\alpha}$ Epithermal Neutron Spectrum, *J.Radioanal.Chem.* 52 /1979/ 295
19. *F. De Corte, et al.*, Modification and Generalization of Some Methods to Improve the Accuracy of α -determination in the $1/E^{1+\alpha}$ Epithermal Neutron Spectrum, *J.Radioanal.Chem.* 52 /1979/ 305
20. *L. Moens, et al.*, Comparative Study of Measured and Critically Evaluated Resonance Integral to Thermal Cross-section Ratios, Part I, *J.Radioanal. Chem.* 54 /1979/ 377
21. *F. De Corte, et al.* The Accuracy and Precision of the Experimental α -determination in the $1/E^{1+\alpha}$ Epithermal Reactor-neutron Spectrum, *J.Radioanal. Chem.* 62 /1981/ 209
22. *Simonits A., et al.*, Comparative Study of Measured and Critically Evaluation Resonance Integral to Thermal Cross-section Ratios. Part II, *J. Radioanal.Nucl.Chem.* 81 /1984/ 397
23. *Simonits A., et al.*, A Method for Experimental Determination of Effective Resonance Energies Related to (n,γ) Reactions, *J.Radioanal.Nucl.Chem.* 82 /1984/ 169
24. *L. Moens., et al.*, Calculation of Absolute Peak Efficiency of γ -ray Detectors for Different Counting Geometries, *Nucl.Instr.Meth.* 187 /1981/ 451
25. *R. Van der Linden, et al.*, Resonance Integrals, II, *J.Radioanal.Chem.* 20 /1974/ 695
26. *L. Moens, et al.*, The Effective Resonance Energy \bar{E}_R As a Parameter for the Correction of Resonance Integrals in $1/E^{1+\alpha}$ Epithermal Neutron Spectra; Tabulation of \bar{E}_R -values for 96 Isotopes, *J.Radioanal.Chem.* 52 /1979/ 379
27. *W. Maenhaut, et al.*, Determination of Thermal and Epithermal Neutron Fluxes with a Single Flux Monitor, *J.Radioanal.Chem.* 9 /1971/ 325
28. *Simonits A., et al.*, Status and Recent Development in the k_0 -standardization Method, *J.Radioanal.Chem.* 72 /1982/ 209
29. *Simonits A., et al.*, Critical Evaluation and Experimental Determination of the Nuclear Activation and Decay Parameters for the Reactions: $^{50}\text{Cr}/n,\gamma/^{51}\text{Cr}$; $^{58}\text{Fe}/n,\gamma/^{59}\text{Fe}$; $^{109}\text{Ag}/n,\gamma/^{110\text{m}}\text{Ag}$, *J.Radioanal.Nucl.Chem.* 81 /1984/ 369
30. *R. Van der Linden, et al.*, The Multiplication of Errors Due to the Application of a Relative Multiple Comparator Method, *J.Radioanal.Chem.* 13 /1973/ 169
31. *Lin Xiley, et al.* Computerassisted Reactor NAA of Geological and Other Reference Materials, Using the k_0 -standardization Method: Evaluation of the Accuracy, *J.Radioanal.Nucl.Chem.* 81 /1984/ 333

32. Pátzay Gy., Tuméndembêrêl B., András L., A γ -spektrum automatikus számítógépes kiértékelésére használt "Activ" és "SAMPO 80" egyes tulajdonságainak összehasonlítása, *Izotóptechnika* 27 /1984/ 101
33. H.J.M. Bowen, Comparative Elemental Analysis of a Standard Plant Material, *Analyst* 92 /1976/ 124
34. H.J.M. Bowen, Problems in Elementary Analysis of Standard Biological Materials, *J.Radioanal.Chem.* 19 /1974/ 215
35. H.J.M. Bowen, Radioactivation Analysis, Oxford, 1963, 160
36. P.D. LaFleur, Biological Matrix Standard Reference Materials for Trace Element Determination, *J.Radioanal.Chem.* 19 /1974/ 227
37. L. Moens, et al., k_0 -Measurements and Related Nuclear Data Compilation for (n, γ) Reactor Neutron Activation Analysis. Part II, *J.Radioanal. Chem.* 82 /1984/ 385

*

Az ionizáló sugárzás serkentő hatása következtében egyes ásványi anyagok /pl. K, Mn, Ca, Cl/ babban, borsóban, buzában jelentkező, módosult transzlokációjának nyomon követésére neutronaktivációs analitikai módszert alkalmaztunk. Az eredmény kiértékelése során a k_0 -standardizálási módszert használtuk. Komparátorként aranyat, molibdént, antimont, krómot és cirkóniumot sugároztunk be. Adatainkat HP-97 asztali kalkulátorra és a PDP típusu gépekre írt SAMPO 80 programmal értékeltük ki.

A kedvezőtlen kísérleti körülmények ellenére a komparátorelemekre kiszámított, az egyes γ -vonalakhoz tartozó $k_{0, \text{exp}}$ értékek $\pm 8\%$ -on, az egyes izotópok alapján számított ρ_{ppm} értékek $\pm 6\%$ -on belül, a kontrollként Bowen-káposztában meghatározott Na, K, Mn, Br elemre kapott értékek $\pm 8\%$ -on belül egyeznek az elméleti, illetve a specifikált értékekkel.

A k_0 -standardizálási módszer kedvezőtlen kísérleti körülmények között is előnyösen alkalmazható a meghatározás hibájának csökkentésére.

ПРИМЕНЕНИЕ k_0 -СТАНДАРТИЗАЦИОННОГО МЕТОДА В АКТИВАЦИОННОМ АНАЛИЗЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОБ

Андраш, Л., Кэрэши, Ф., Пацаи, Дь.

С целью контроля перераспределения некоторых элементов /напр. K, Mn, Na, Cl/ в различных растениях /бобы, горох, пшеница/ в результате стимуляционного действия ионизирующего излучения применялся нейтронно-активационный анализ. Определения осуществлялись применением k_0 -стандартизационного метода. Компараторами служили золото, молибден, antimon, хром и цирконий. Расчет полученных данных осуществлялся при помощи калькулятора HP-97 и программой SAMPO-80, написанной для ЭВМ типа PDP.

Несмотря на неблагоприятные условия осуществления экспериментов данные для $k_{0, \text{exp}}$, рассчитанные для различных γ -энергии компараторных элементов, данные ρ_{ppm} для различных изотопов и концентрации Na, K, Mn и Br в бовенской капусте хорошо согласуются в пределах $\pm 8\%$, $\pm 6\%$ и $\pm 8\%$, соответственно.

APPLICATION OF k_0 -STANDARDIZATION METHOD IN NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS OF AGRICULTURAL SAMPLES

András, L., Kőrösi, F., Pátzay, Gy.

The follow the translocation of some elements /e.g. K, Mn, Na, Cl/ in plants such as bean, pea, wheat as a result of stimulation by ionizing radiation the reactor neutron activation analysis was used. For determinations the k_0 -standardization method was applies. Gold, molybdenum, antimony, chromium and zirconium were irradiated as comparators. Data were evaluated by computer codes for HP-97 calculator and SAMPO-80 code for PDP type computers. The results revealed that in spite of unfavourable conditions the $k_{0, \text{exp}}$ values, calculated for different γ -energies of comparator elements, the ρ_{ppm} values for isotopes and the values obtained for Na, K, Mn and Br in Bowen's kale agree within $\pm 8\%$, $\pm 6\%$ and $\pm 8\%$, respectively.

A MÁJFUNKCIÓ ALTATÁS HATÁSÁRA BEKÖVETKEZŐ VÁLTOZÁSÁNAK IZOTÓPOS VIZSGÁLATA KISÁLLATOKON

Le Qui Cuong,* Spett Borbála,** Szilvási István,*** Kiss Borbála,*
Jakab Tivadar*

*Orvostovábbképző Intézet, Anaesthesiológiai és Intenzív Therápiás Intézet,
Budapest, Pf.112, 1389

**Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatató Intézet, Sugárzás-és Izotópalkalmazási Főosztály, Budapest, Pf.101, 1775

***Orvostovábbképző Intézet, Radiológiai Tanszék, Budapest, Pf.112, 1389

/Érkezett 1984. október 17-én/

A máj és az epeutak funkciójának, megbetegedésének diagnosztikájában ugrásszerű fejlődést eredményezett a technéciummal jelzett radiofarmakonok alkalmazása, melyek közül a klinikai gyakorlatban a technécium-N-dietil-IDA bizonyult igen kitűnőnek. Az IDA származékok a Lidocain lokál anesztetikumok analógjai, melyeket a máj a keringésből gyorsan felvesz, és ugyanitt gyors "turnover"-rel bírnak. Az előbb említett radiofarmakon kémiaiilag Tc-amino-diacetsav /Tc-amino-diacetic acid = IDA/.

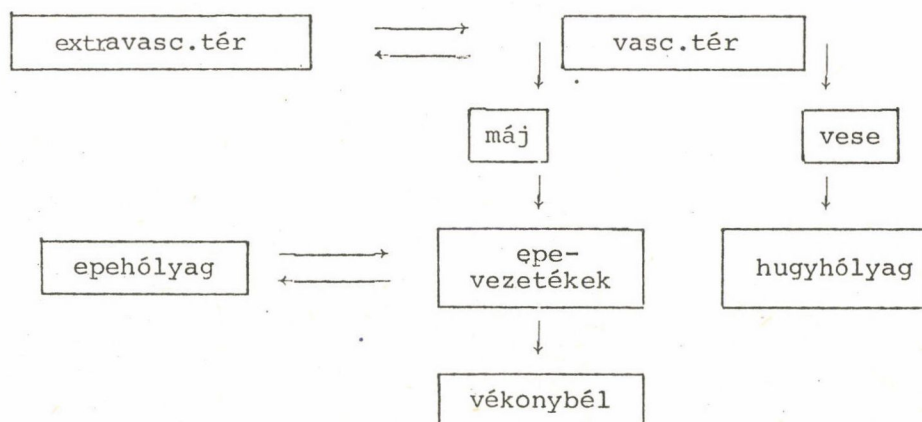
A készítmény gyors térhódítása nagy radiokémiai tisztaságával, az izotópos jelzés in vivo is kellő stabilitásával, jól reprodukálható biológiai tulajdonságaival magyarázható. Bár kémiai, radiológiai tulajdonságai kitűnőek, a dietil-származék mellett a dimetil-, para-izopropil- és a para-butil-származékokat is előállították a klinikai vizsgálatokhoz. Intravénás beadást követően a Tc-IDA-t a vérből a májsejtek veszik fel, és, viszonylag rövid intrahepatikus idő után, a jelzett komplex az epeutakban, epehólyagban, majd ezt követően a duodenumban jelenik meg.

Patkányokon és egereken végzett vizsgálatok szerint 3,5 perccel az intravénás bevitelt követően, a bevitt adag 3%-a található csak a keringésben, míg a májban már annak 18-35%-a helyezkedik el. Harminc perccel később a beadott mennyiség 70-85%-a az epével a bélbe kerül kiválasztásra. Élettani körülmények között a vesén keresztül, a vizelettel kiválasztott mennyiség viszonylag csekély, átlagosan 5%.

Élőben /ember, állat/ gamma-kamerával végzett vizsgálatok szerint a készítmény beadását követően a szív felett mért véraktivitás fokozatosan csökken, miközben a máj aktivitása jelentős mértékben fokozódik. Eközben fokozatosan növekszik az epehólyag és vékonybél aktivitása is¹. Májfunkció károsodása esetén a vérből való kiválasztás jelentősen lelassul, viszont a vesén keresztüli, vizelettel történő elimináció lényegesen fokozódik, következés-

képpen szcintigráfiás vizsgálatnál a vese hamar, és jól ábrázolódik.

Az IDA és származékainak transzportját az alábbi compartmentmodell szemlélteti:



A ^{99m}Tc -IDA és származékainak kifejlesztése a ^{131}I bengálvörös klinikai gyakorlatban való helyettesítése céljából történt. Korábban a májfunkció vizsgálatára főleg ^{133}Xe nemegáz izotópot, ^{198}Au kolloidot /aránylag homogén arany származék/, ^{131}I bengálvöröset /RB/, ^{131}I brómszulfotaletint /BSP/ alkalmaztak. Az említett készítmények elsősorban a máj morfológiájára utaló szcintigráfiás vizsgálatra bizonyultak igen alkalmasnak. A májfunkció kvantitatív megítélése a vérből való eltűnés kinetikájának elemzésével történt. Viszonylag ritkán került sor máj fölötti méréssel májfelvételi kinetika, valamint egyidejű fej fölötti méréssel vér-izotópaktivitás és ezek eredőjeként pedig gyomor-bél fölötti epeaktivitás /epe kiválasztás/ meghatározására².

A folyamatosan végzett kutatás célja olyan új anyag kidolgozása volt, amely alkalmas a máj bizonyos funkcióinak kvantitatív vizsgálatára. A máj normál és kóros működésére farmakokinetikai adatok, idő-aktivitásgörbék, szerveleszlás és eliminációs sebesség is igen jól utalnak. A Tc-HIDA a hepatobiliáris leképzésre /imaging/ különösen alkalmasnak bizonyult^{3,6,10,12}.

A májfunkció kvantitatív megítélése a mért farmakokinetikai adatok segítségével megbízható, mivel a radiofarmakon in vivo megoszlása csak a beteg hepatocelluláris státusától függ⁴. Loberg csak megerősíti Popescu véleményét, miszerint kísérletesen /galactosamin/ kutyában létrehozott májkárosodásnál /emelkedett szérumbilirubinszint hiánya esetén/ a ^{99m}Tc -HIDA májsejtek által való felvétele jelentősen csökken⁷. Popescu szerint kísérletesen kutyán galactosamin és nyulon széntetraklorid által létrehozott

májgyulladásnál a májnak mind a T_{max} , mind az excretorikus felezési ideje a Tc-dietil-IDA idő-aktivitásgörbén lényegesen megváltozik⁸. A klinikai vizsgálatok során is hasonló tapasztalatok halmozódtak fel, mert azon betegeknek, akiknél gyógyszer okozta súlyos hepatitist bizonyítottak, a ^{99m}Tc -HIDA máj általi felvétele jelentősen csökkent.

Az inhalációs anesztetikumok kardiovaszkuláris, légző-, és központi idegrendszerre gyakorolt hatása viszonylag jól ismert. Ezzel szemben egyéb szervfunkcióra kifejtett hatásukat csak az utóbbi időben tették egyre fokozódó intenzitású kutatás tárgyává⁵.

Az inhalációs narkotikumok közül az egyik leggyakrabban alkalmazott medikamentum a halothane. Számos előnyös tulajdonsága mellett kedvezőtlen mellékhatásai is vannak, melyek nemcsak az előbb említett szervrendszerek, hanem egyéb szervek - közöttük a máj - működését is jelentős mértékben befolyásolják. Az ilyen irányú tapasztalatokat összegző irodalom áttekintése után megállapítható, hogy a májfunkció-változás irodalmi megítélése nem minden vonatkozásban egységes. Ezért állatkísérletes vizsgálatokat végeztünk a készítmény májfunkcióra kifejtett hatásának tisztázására. Tekintettel arra, hogy az izotóptechnika a funkcióváltozás jelzésére igen érzékeny módszer, és a ^{99m}Tc -HIDA a hepatobiliáris rendszer vizsgálatára számításba jövő radiofarmakonok közül a leggyorsabb vérclearance-szel rendelkezik, választásunk ezen készítményre esett.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Vizsgálatainkat két állatfajon, egéren és nyulon végeztük. Minden állatfajnál kontroll és halothannal altatott csoportot alakítottunk ki. Az egérisérletek során a máj in vitro, majd azt követően nyulakon in vivo radioaktivitásának meghatározására került sor.

Az 50 db CFLP outbred típusu, 28-32 g súlyu egér közül 25 részesült halothane-narkózisban. Ezen csoportnál minden esetben 2 órás előzetes halothane-narkózis után került sor a radiofarmakon beadására az állatok farokvé-nájába, Hamilton mikrofecskendővel. Ennek során 100 μl ^{99m}Tc -HIDA-t fecskendeztünk be, melynek radioaktivitása kb. 7 μCi volt. Ez a gyógyszer az MTA Izotóptintézetének készítménye, mely TECHIDA in vivo kit néven került humán-diagnosztikai célból forgalomba. A kontroll csoportot 25 állat alkotta, ezeken narkotizálást nem végeztünk, csak a már említett módon és mennyiségben kaptak radioizotópot.

A radiofarmakon beadása után különböző időpontokban /1, 5, 15, 30 és 60 perccel/ az állatokat dekaptálással elvéreztettük. Szerveiket kivettük, és radioaktivitásukat üreges mérőhellyel ellátott szcintillációs számlálóval megmértük /Gamma, Budapest/. Az egyes szervek HIDA-felvételét a mért radio-

aktivitás alapján számoltuk ki, és a beadott aktivitás százalékában fejeztük ki. A kivett és vizsgált szervek közül - mivel célul a májfunkciót, illetve annak esetleges változásait tüztük ki - elsősorban a vér, máj-epehólyag, gyomor-bél és vese aktivitását értékeltük.

Az in vivo állatkísérleteket összesen 10 nyulon végeztük, melyek testsúlya 3,2-4,3 kg között váltakozott. A radiofarmakon ez esetben Solco /Basel/ gyártmányu HIDA volt. Az állatok fele kontrollként szolgált, ezeknél narkotizálás nem történt, csak 0,3 ml 37 MBq ^{99m}Tc -HIDA-t kaptak fülvénába. A beadás után szcintillációs gamma-kamerával mértük a máj feletti aktivitást, illetve a májfelvétel dinamikáját, melyhez MB 9000 típusu /Gamma Művek, Budapest/ gamma-kamerát használtunk. Az adatokat a kamerához csatlakozó MB 9100 /Gamma Művek/ adatfeldolgozó egységben rögzítettük, hogy a radiofarmakon májban való dusulásának és a vérből való eltűnésének számítógépes elemzését elvégezhessük.

A második csoportba sorolt öt nyulon 1,5 - 2,0 térfogat% halothane-narkotizist idéztünk elő, melyet az izotópos májvizsgálat előtt két órával kezdtünk, laboratóriumi kisállatok altatására alkalmas, Medicor HA-1 gyártmányu altatókészülékkel.

A máj felett mért radioaktivitás gyors növekedés után lassan csökkent; ezt a változást görbe formájában is regisztráltuk. Az így kapott ^{99m}Tc -HIDA görbéket gamma-kamerás kép alapján elemeztük. A cpm értékeket a következő exponenciális kifejezéssel kaptuk:

$$\text{cpm} = A \left(e^{-\frac{0,693}{T_2} t} - e^{-\frac{0,693}{T_1} t} \right),$$

ahol t - az idő /perc/, T_2 - a leszálló ág felezési ideje /perc/, T_1 - a leszálló ág felezési ideje /perc/ és A - arányossági tényező.

A görbeelemzést függvényillesztéssel /nemlineáris regresszióval/ végeztük, melynek során egy görbén összesen 19 pontot vettünk fel. Megjegyezzük, hogy a cpm értékek leolvasása a képről nem egészen pontos, és ez a hiba a végeredmény bizonytalanságát is megnöveli. A számítást az Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet SzM-4 típusu számítógépén végeztük, az un. NLREG program segítségével.

EREDMÉNYEINK

Az 1. táblázat a kontroll, valamint a narkotizált állatok szerveinek ^{99m}Tc -HIDA-tartalmát mutatja a készítmény beadását követő különböző időpontokban. Az első öt percben nem mutatkozott különbség a két csoport májának ^{99m}Tc -HIDA-tartalmában, a 15. percben azonban a májfelvétel a kontroll csoport felvétele egyharmadának felelt meg. Hasonló nagyságu és irányu aktivitáscsökkenés észlelhető a vizsgálat 30. és 60. percében is. Az epehólyag ^{99m}Tc -HIDA-aktivitása szintén a vizsgálat 15. percétől kezdve mutat értékelhető csökke-

nést a kontroll csoport adataihoz viszonyítva. Az agy, vázizomzat, csontrend-
szer és lép aktivitását, valamint a vizelettel kiürülő izotóp mennyiségét e
vizsgálatsorozatban nem határoztuk meg.

1. táblázat

A kontroll és a narkotizált egércsoport egyes szerveinek radioaktivitása a beadást követő öt
időpontban, a beadott aktivitás százalékában

Радиоактивность некоторых органов контрольной и наркотизированной групп мышей в пять различных
точках времени после введения радиофармакона

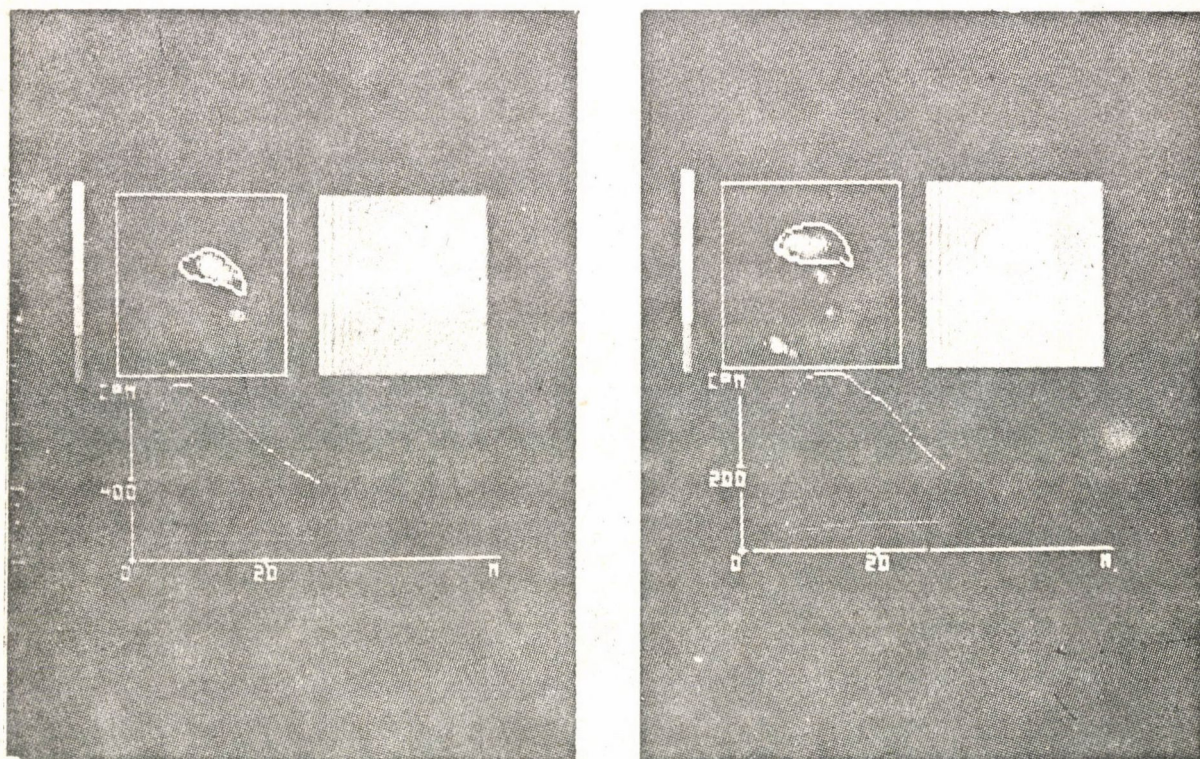
Biodistribution of the activity in control and anaesthetised group of mice in percent of the
administered activity

idő	Vér/lg		Máj		Epehólyag		Gyomor		Bél		Vese	
	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A
1 perc	9,2	4,98	35,53	34,2	1,34	1,66	1,4	1,79	27,03	24,2	11,5	7,35
5 perc	2,64	2,27	13,1	14,5	9,5	5,56	16,5	18,4	30,74	38,34	3,64	1,8
15 perc	1,9	0,89	13,0	5,0	5,3	3,99	8,3	5,35	37,9	53,9	2,7	0,95
30 perc	1,2	0,82	8,07	2,63	7,59	3,8	10,4	4,94	51,2	53,1	1,69	0,85
60 perc	1,0	0,65	10,0	3,32	7,3	1,2	10,3	2,3	50,1	59,6	1,63	0,74

A ^{99m}Tc -HIDA máj feletti, in vivo mért aktivitásából a készítmény máj
által történő felvételére, illetve kiválasztására következtettünk. Az 1/a. ábra
a kontroll, az 1/b. ábra narkotizált állatok mája felett felvett idő-aktivitás-
görbét ábrázol, melyek között első rátekintésre alig mutatkozik eltérés. A
számítógépes értékelés adatai szerint azonban lényeges a különbség. Ez a leg-
jobban úgy szemléltethető, ha ilyen esetekben az irodalom által ajánlott fe-
lezési időt vizsgáljuk, ami a görbék meredekségét is kifejezi. A kontroll cso-
port /1/a. ábra/ és a narkózisban részesült állatok /1/b. ábra/ gamma-kamerá-
val készített máj-izotópfelvételi görbéi alapján számított felezési időket a
2. táblázat tartalmazza. Eszerint a kontroll csoport 3,46 perces, a narkoti-
zált csoport 7,8 perces felezési idővel jellemezhető. Ezen adatok a narkoti-
zált állatok májának lassabb radiofarmakon-felvételét bizonyítják. A leszálló
szár szerint a ^{99m}Tc -HIDA a kontroll állatoknál 11,2, a narkotizált csoport-
ban 9,0 perc felezési idővel ürül ki a májból.

MEGBESZÉLÉS

Taplin és munkatársai a klinikai gyakorlatba 1955-ben vezették be a
 ^{131}I bengálvörös izotópot a közös epevezeték elzáródásának következtében
fellépő hepatocelluláris károsodás, valamint hepatitis miatt kialakuló máj-
sejtkárosodás elkülönítésére¹¹. A készítménynek számos előnyös tulajdonsága
mellett több nemkívánatos sajátossága is van, így a gamma-kamerával való



1. ábra

Kontroll /a/ és narkotizált /b/ nyulak májának gamma-kamerával készített izotópfelvételi görbéje
 Кривые принятия изотопа печеньями контрольных /a/ и наркотизированных /b/ кроликов, снятые гамма-камерой
 Time-activity curves of the liver in control /a/ and narcotized /b/ rabbits, made by gamma-camera

2. táblázat

A kontroll és a narkotizált nyulak májának izotópfelvételi görbéi alapján számított felezési idő. T_1 a görbe felszálló, T_2 pedig a leszálló száraára jellemző felezési idő percben

Время полувыведения печени контрольной и наркотизированной групп кроликов, вычисленное на основе кривых принятия изотопа. T_1 время полувыведения, характеризующее поднимающую, а T_2 опускающую часть кривой, в минутах

Half time, calculated from the uptake curves of lever of control and anaesthetized rabbits. T_1 : half life for the ascending, T_2 : half life for the descending part of the curve

	T_1	T_2
normál	$3,46 \pm 0,31$	$11,2 \pm 0,12$
narkotizált	$7,8 \pm 1,5$	$9,0 \pm 1,2$

ábrázolásához meglehetősen nagy fotonenergiára volt szükség, viszont a szervezetet érő sugárterhelés minimális szinten tartásának igénye nagyobb adagok alkalmazását nem tette lehetővé. A készítmény ezen korlátai miatt vált a kutatás egyre intenzívebbé olyan radiofarmakon után, amely lehetőséget ad a hepatobiliáris rendszer emberben történő megfelelő ábrázolására és a májfunkció megítélésére is. Elsősorban a ^{99m}Tc -mal és ^{123}I -dal jelzett anyagot jöttek számításba, mert kiváló fizikai és kémiai tulajdonságaik mellett, millicuries nagyságrendben adva, segítségükkel kiválóan ábrázolódott a máj-epeutrendszer.

Harvey és munkatársai 1975-ben új radiofarmakont szintetizáltak, egy technéciummal jelzett iminodiacetát-származékot³. Az ebbe a csoportba tartozó készítmények affinitása a májsejtekhez igen nagy, transzhepatikus áthaladási idejük rövid, és az epeutakba való kiválasztásuk meglehetősen gyors. Az IDA-vegyületek közül mind a klinikai, mind az állatkísérletes vizsgálatoknál igen jól bevált a máj és epeutak vizsgálatára a ^{99m}Tc -HIDA, melyet a hetvenes évek közepétől kezdve egyre elterjedtebben alkalmaznak. Alkalmazása a ^{131}I bengályörössel egybevetve sokkal kisebb sugárterhelést jelent, így a máj és epeut betegségeinek diagnosztikájában lényegesen nagyobb adagokat lehet használni. A máj által adszorbeált mennyiség igen nagymértékben függ a májbetegség természetétől, valamint az ennek következtében megváltozó hepatobiliáris funkciótól.

A készítmény bevezetése óta végzett vizsgálatok egyértelműen bizonyították a ^{99m}Tc -HIDA kiválóságát a máj-epeutrendszer ábrázolásában. A ^{99m}Tc komplexet a máj a plazmából nagy gyorsasággal választja ki, és ugyanilyen specifitással ürül az epeutrendszerbe. Annak ellenére, hogy farmakokinetikáját állatkísérletes és klinikai vizsgálatok során tisztázták, a hepatocitástranszport mechanizmusát még nem minden részletében ismerik. A nemzetközi irodalmi adatok szerint egyetértés mutatkozik abban, hogy a máj által történő felvételének változásából igen jól lehet következtetni a májfunkció változására¹⁰.

Saját vizsgálataink eredményei is lényegében ezt erősítették meg. A narkózis megkezdését követő 15. perctől kezdve a máj ^{99m}Tc -HIDA-felvétele a narkotizált állatok mindkét fajánál szignifikánsan csökkent a kontroll csoporthoz képest. A halogenizált anesztetikumok közös mellékhatásaként jelentkező hipotenzio Raventos alapvető megfigyelése óta jól ismert⁹. A későbbi vizsgálatok tisztázták ezen készítmények szivperctérfogat-csökkentő hatását, melyet saját ilyen irányú tapasztalataink csak megerősítettek. A halogenizált narkotikumok közös mellékhatásaként jelentkező kardiodepresszív, hipotenzív hatás éppen a narkotizálás kezdete utáni 15. percben válik a legkifejezettebbé, melynek eredményeként jelentősen csökken a máj vérátáramlása. Szükségszerűen vetődik fel a kérdés, hogy a májfunkció akut csökkenése a heveny vérnyomásesés következménye-e, vagy felléptében a narkotikum által kiváltott májsejtlézió is szerepet játszik.

Jelen vizsgálataink során erre a kérdésre nem kaphattunk egyértelmű választ, mert a ^{99m}Tc -HIDA-val és gamma-kamerás módszerrel kisállatokon végzett kísérletek eredményei elsősorban a májfunkcióra engednek következtetni, és szövettani vizsgálatokat megfigyeléseink ezen szakaszában nem végeztünk. Tapasztalataink szerint mindkét állatfajban, egérben és nyulban, a halothan-narkózis a korai szakban funkcionális májkárosodást okoz, mely nagy valószínűséggel az akut vérnyomáscsökkenés következtében alakul ki. Az említett narkotikum közvetlen sejtkárosító hatásának lehetőségét további állatkísérletes vizsgálatok hivatottak megítélni. Emellett kísérleteink bizonyítani látszottak azon tényt, miszerint a laboratóriumi kisállat májfunkciós vizsgálata élőben, gamma-kamerás és számítógépes rendszer, valamint technéciummal jelzett IDA-radiofarmakon alkalmazásával jó és kellően érzékeny eljárás.

IRODALOM

1. *P.H. Cox*, The Comparative Pharmacology of Technetium IDA Derivatives, Progress in Radiopharmacology, Elsevier/North Holland Biomedical Press, 1979, 153
2. *H. Deckart*, Nuklearmedizin in Theorie und Praxis, Fischer, Jena, 1979
3. *E. Harvey, M. Loberg, M. Cooper*, Tc-99m-HIDA; A New Radiopharmaceutical for Hepato-biliary Imaging, J.Nucl.Med. 16 /1975/ 533
4. *E. Harvey et al.*, Hepatic Clearance Mechanism of Tc-99-HIDA and Its Effect on Quantitation of Hepatobiliary Function, J.Nucl.Med. 20 /1979/ 310
5. *Jakab T.* A narkotikumok májkárosító hatása, doktori értekezés, 1983
6. *M.D. Loberg et al.*, Development of New Radiopharmaceuticals Based on N-substitution Iminodiacetic Acid, J.Nucl.Med. 17 /1976/ 633
7. *M.D. Loberg et al.*, Reply, J.Nucl.Med. 21 /1980/ 1111
8. *H. Popescu*, Hepatic Clearance Mechanism of Tc-99-m-N-/Acetanilido/-Iminodiacetic Acid Derivatives, J.Nucl.Med. 21 /1980/ 1110
9. *J. Raventos*, Action of Fluothane: A New Volatile Anaesthetic, Brit.J. Pharmacol. 2 /1956/ 394
10. *J. Ryan et al.*, Technetium-99-m Labeled N-/2,6-dimethylphenylcarbonyl-methyl/Iminodiacetic Acid /Tc-99m-HIDA/: A New Radiopharmaceutical for Hepato-biliary Imaging Studies, J.Nucl.Med. 18 /1977/ 997
11. *G. Taplin, O. Meredith, H. Kade*, The Radioactive I^{131} -tagged/ Rose Bengal Uptake-Excretion Test for Liver Function Using External Gamma-ray Scintillation Counting Technique, J.Lab.Clin.Med. 45 /1955/ 665
12. *B.W. Wistow et al.*, An Evaluation of ^{99m}Tc -Labeled Hepatobiliary Agents, J.Nucl.Med. 18 /1977/ 455

*

Egéren és nyulon vizsgáltuk a máj ^{99m}Tc -TECHIDA-felvételének és leadásának alakulását halothane-narkózis hatására. A narkózis 15. percétől kezdve a felvétel a narkotizált állatok mindkét fajánál szignifikánsan csökkent a kontroll csoporthoz képest $(p < 0,001)$. A kiürülés szintén a narkotizált csoportnál bizonyult elhuzódóbbnak, ezt azonban statisztikai módszerekkel már nem lehetett értékelni. A radiofarmakon felvételének és eliminációjának csökkent sebessége valószínűleg a halothane hipotenzív hatásával hozható összefüggésbe: mérséklődik a májon át áramló vérmennyiség, s ez a májfunkció csökkenéséhez vezet.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НАРКОЗА НА ФУНКЦИЮ ПЕЧЕНИ РАДИОАКТИВНЫМ ИЗОТОПОМ
Ле Куи Цуонг, Шпетт, В., Силваши, И., Киш, В., Якаб, Т.

Было изучено влияние наркоза мышей и кроликов, вызванного халотаном на транспорт ^{99m}Tc -TECHIDA печени. От 15-го минута наркоза прием и у мышей, и у кроликов значительно уменьшился по сравнению с контрольной группой $(p < 0,001)$. Выделение радиофармакона оказалось удлиненом также у наркотизированных животных, но статистическими методами этого оценивать не удалось. Изменения в функционировании печени вероятно связаны со снижением давления под влиянием халотана, вследствие чего уменьшаются объем крови, переливающий печень и функция печени.

AN ISOTOPIC STUDY OF LIVER FUNCTION AFTER NARCOSIS
Le Qui Cuong, Spett, V., Szilvási, I., Kiss, V., Jakab, T.

Dynamic functional study of the liver was performed by ^{99m}Tc -TECHIDA in narcotised /Halothane/ mice and rabbits. Hepatic uptake of the radiopharmaceutical decreased in narcotised group significantly. Excretion also decreased but statistically insignificantly. These alterations in the liver function could be attributed to the hypotensive effect of the Halothane.

SYMOLYT

VIVŐ AMFOLIT



1121 BUDAPEST, Konkoly Thege Miklós u. 29/33.
☒ 1525 BUDAPEST, Pf.: 77
Telefon: 695 076
Telex: 22 5360

KVATERNER BENZTRIAZOL SZÁRMAZÉKOK NÖVÉNYI METABOLIZMUSA

Klivényi Gábor*, Szarvas Tibor, Márton József

Az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf.77, 1525

/Érkezett 1984. november 27-én/

BEVEZETÉS

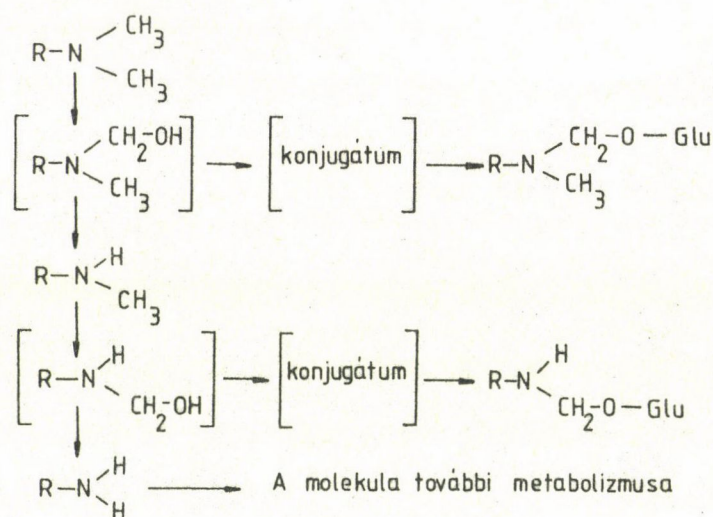
Az ujonnan kidolgozott növényvédőszeresek között egyre gyakrabban találunk benztriazol származékokat. Azt, hogy egy-egy új növényvédőszer az alkalmazásával szemben támasztott korszerű követelményeknek (szelektív legyen; igen kis, 0,5-1,0 kg/ha koncentrációban már hatékony legyen; metabolizmusa, detoxifikációs átalakulása során ne képződjenek belőle a környezetre káros lebomlási termékek stb.) mennyiben felel meg, metabolizmusának izotóptechnikai módszerekkel végzett vizsgálatával tanulmányozhatjuk a legmegfelelőbbben.

A benztriazólium sók - mint potenciális növényvédőszeresek - növényi metabolizmusát ezért modellvizsgálatként egy kvaterner benztriazóliumsóval tanulmányoztuk.

Az ismert növényvédőszeresek irodalomban közölt metabolizmusvizsgálata alapján megállapítható volt, hogy kémiaiilag igen különböző herbicidek metabolizmusá sok tekintetben azonos vagy analóg kémiai reakciósorozaton megy végbe, és általános törvényszerűségek jellemzik^{1,2}. Ilyen általános metabolitikus reakció például az oxidatív, redukív, hidrolitikus és fotokémiai átalakulás /I. fázis/, valamint a fenti átalakulások következtében képződő poláros metabolitok konjugációja növényi makromolekulákkal, pl. glikozidokkal, fehérjékkel, esetleg ezek alkotó komponenseivel /II. fázis/.

Alkil-csoportokat tartalmazó szubsztituált karbamid-, s-triazin-, karbamát-, savamid-típusú herbicidek általános metabolitikus átalakulása az alkil-csoport oxidatív dezalkileződése /demetileződése/ és kis hányadának teljes oxidációja szén-dioxidig². Nitrogénhez kötött metil-csoportok szinte kizárólagos metabolitikus továbbalakulása a lépésenkénti oxidatív demetileződés, illetve az oxidatív demetileződés különböző fázisaiban képződő hidroximetil-származékok konjugációja növényi komponensekkel, majd a metabolitok beépülése a növényi glikozidokba, esetleg fehérjékbe. Az elmondottakat az 1. ábra szemlélteti.

*Jelenlegi munkahelye: Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest, Pf.101, 1775



ahol: R: a molekula többi része

Glu: növényi glükózid (esetleg fehérje)

1. ábra

N-metil vegyületek általános növényi metabolizmusa

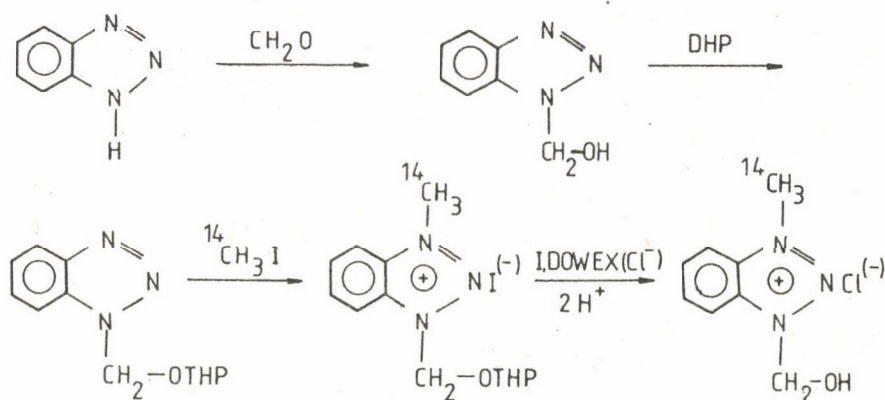
Общая схема метаболизма растениями n-метила

The general way of metabolism of n-methyl pesticides in plants

Hangsúlyozni kell, hogy az oxidatív demetileződést, mint metabolitikus utat, már régóta ismerjük. Egyes alkilezett gyógyszerek és növényvédőszer /pl. aminok, amidok, karbamátok, szulfonamidok stb./ állati szövetben bekövetkező dezalkileződésének^{3,4} analógiájára elsőként Hill⁵ vetette fel, hogy hasonló továbbalakulás növényi szövetben is bekövetkezhet. Ez utóbbi szerzők az oxidatív növényi demetileződést, mint tényt, kísérletileg is igazolták, amikor [¹⁴C-metil]-monuronnal kezelt növényekből lassu, bár állandó sebességű radioaktív széndioxid-képződést mutattak ki. 70 nap alatt a bevitt radioaktivitás 10%-át izolálták jelzett szén-dioxidként. E korai felismerés ellenére a hidroximetil-, illetve hidroximetil-glikozid származékok képződését mint a monuron demetileződésének közbülső, illetve végtermékét, csak sokkal később tudták kísérletileg is kimutatni^{6,7}. Ugyanakkor az oxidatív demetilezésben részt vevő enzim sajátosságairól csak igen hiányos ismeretek állnak rendelkezésre.

FELSZÍVÓDÁS ÉS NÖVÉNYI METABOLIZMUS BAB ÉS KUKORICA NÖVÉNYEKBEN

A vizsgálathoz 1-(hidroximetil)-3-[¹⁴C-metil]-benzotriazolium kloridot szintetizáltunk⁸. A szintézis menetét a 2. ábra mutatja be.



2. ábra

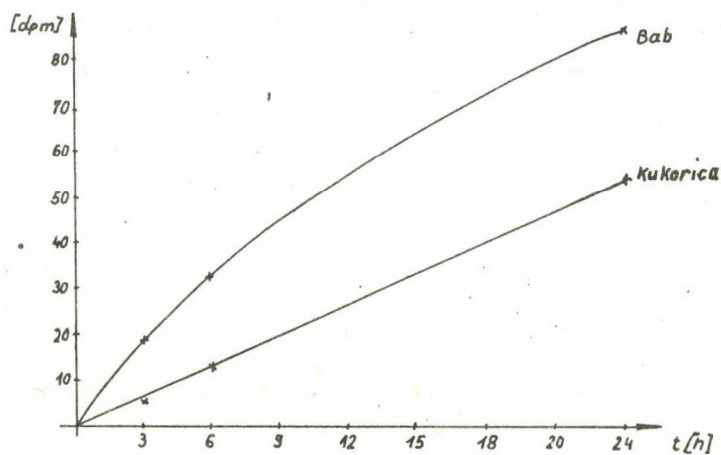
A jelzett benzotriazolium só előállítása.

Получение меченой соли бензотриазолия

Preparation of labelled benzotriazolium salt

A jelzett anyag felszívódását, növényi metabolizmusát 14 napos, erdei földben nevelt bab /Phaseolus vulgaris/ és kukorica /Zea mais/ növényekkel vizsgáltuk. A vizsgálathoz használt, szén-14-gyel jelzett benzotriazolium só moláris aktivitása 72,52 MBq/mmól /1,96 mCi/mmól/, a felszívathoz használt desztillált vizes oldat radioaktív koncentrációja 1,14 MBq/ml volt.

A jelzett vegyület gyökéren keresztüli felszívódását és transzlokációját 3-3 bab, illetve kukoricánövénykével, 3,6 és 24 órás felszívási idővel vizsgáltuk. A jelzett oldat mennyisége bab esetében 20 ml, kukorica esetében



3. ábra

Bab és kukorica növényke nyers súlyra vonatkoztatott aktivitásfelvételének időfüggése 1-(hidroximetil)-3-[¹⁴C-metil]-benzotriazolium-kloriddal végzett kezelés után

Прием активности растениями боба и кукурузы на единицу сырого веса в зависимости от времени после сдачи соли 1-(гидроксиметил)-3-[¹⁴C-метил]-бензотриазолия

Activity uptake of bean and corn plants referred to row weight versus time after treatment with 1-(hydroxymethyl)-3-[¹⁴C-methyl]-benzotriazolium chloride

pedig 10 ml volt. Ezeket az oldatokat a növények 24 óra alatt majdnem teljesen felszívták, A felvett radioaktivitás mennyiségének értékelése céljából a növények teljes zöld részét kémiaiilag feltártuk, az oldható radioaktivitást 50%-os etanollal extraháltuk. Az extraktumokból a folyadékszcintillációs aktivitásmérés céljára törzsoldatokat készítettünk. A mért radioaktivitást a 3. ábrán szemléltetjük.

Az eredmény azt mutatja, hogy mind a bab-, mind

a kukoricánövénykéek gyökéren keresztül jól felszívják a jelzett benzotriazolium sót, amely a növények vegetatív részeibe jól transzlokálódik ahhoz, hogy a növényi metabolizmust tanulmányozni lehessen.

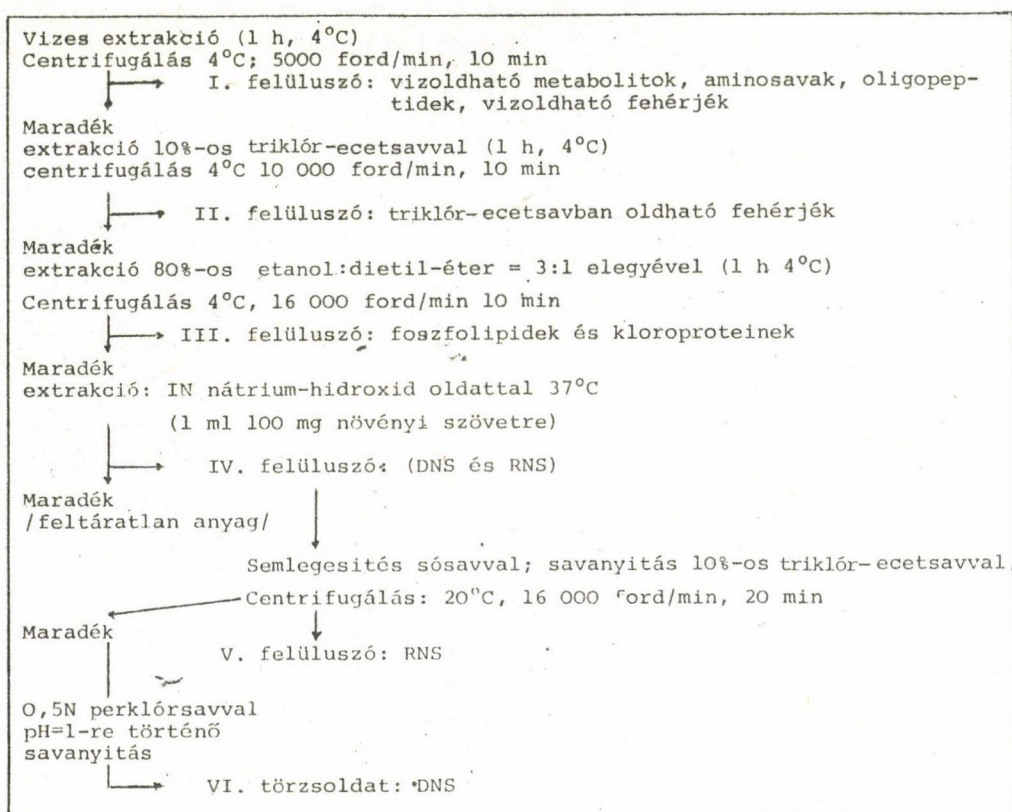
Azt, hogy a növényi metabolizmus során milyen növényi makromolekuláris frakciókba épül be a benzotriazol származék metabolitja, ismételt /7-7 növénykével végzett/ 24 órás felszívást követően, a növénykéek szárainak és leveleinek kémiai feldolgozásával és a különböző növényi frakciók extrakciós elkülönítésével⁹, végül a frakciók radioaktivitásának meghatározásával vizsgáltuk. Az alkalmazott extrakciós eljárás elvét a 4. ábra szemlélteti. Az aktivitásmérés eredményét az 1. táblázatban foglaltuk össze.

4. ábra

Az extrakció vázlata

Схема экстракции

Scheme of the extraction method



A táblázat adatai alapján látható, hogy 24 óra alatt a jelzett anyag csak igen kis mértékben épül be a növényi makromolekuláris frakciókba. Bab esetében a felszívott radioaktivitás 93,6%-a, kukorica esetében pedig 86,2%-a lényegében a változatlan kiindulási anyag, illetve annak vízoldható

metabolitja volt. Ezek a komponensek a vizes extraktumban a vízoldható aminosav-, oligopeptid- és fehérjefrakcióval együtt jelennek meg. Az elkülönített további frakciók kevés jelzett metabolitot tartalmaznak: mindössze 6,2%, illetve 11,6% radioaktivitás jelent meg a triklór-ecetsavban oldható fehérjékben. Bab esetében a többi frakció lényegében nem tartalmazott, a kukoricából izolált frakciók pedig csak nyomokban tartalmaztak radioaktivitást. Összességében - összhangban az egyéb növényvédőszer metabolizmusára vonatkozó egyéb irodalmi adatokkal - a kukorica valamivel gyorsabban metabolizálja a kvaterner benzotriazolium sót is, mint a bab.

1. táblázat

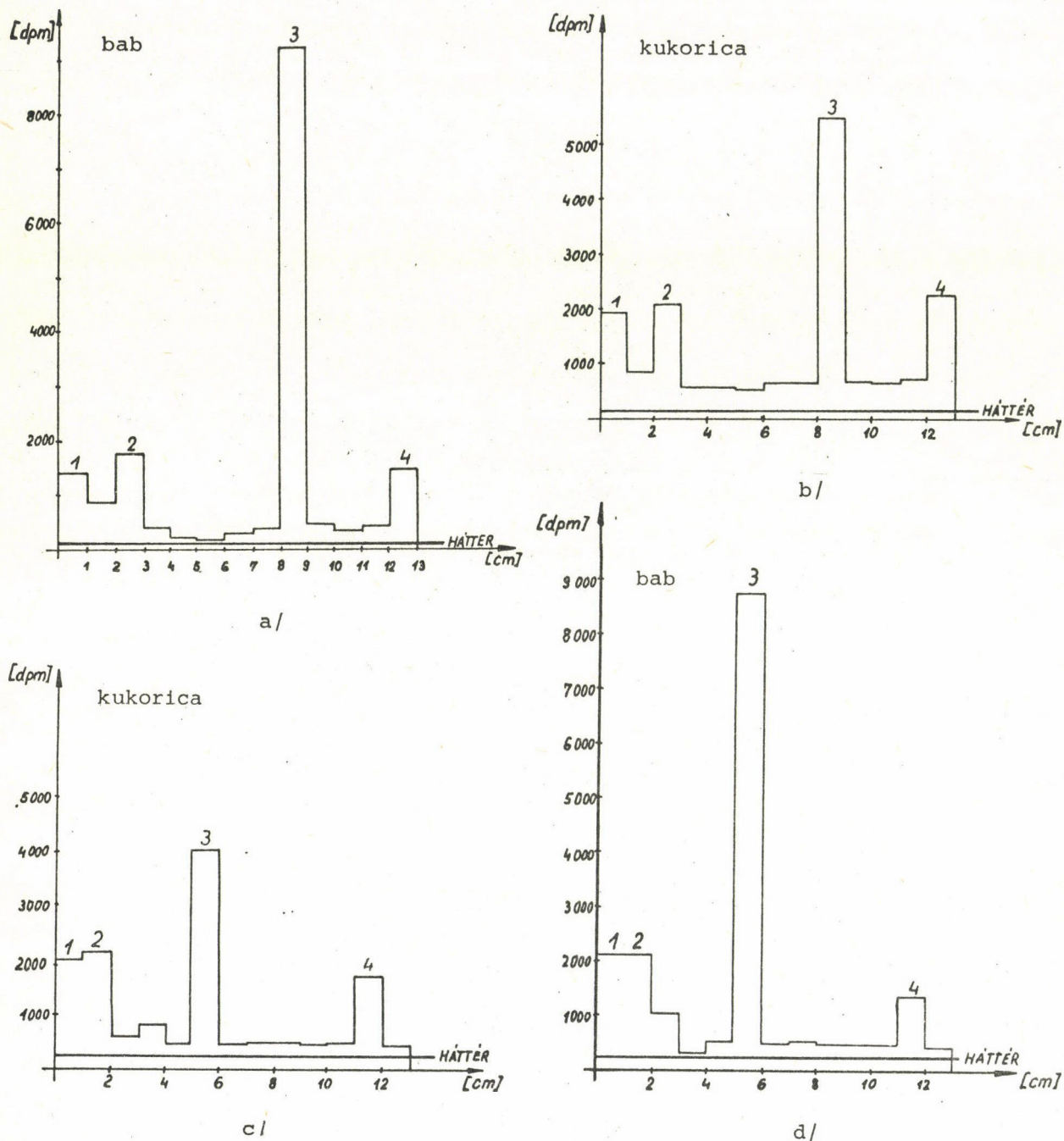
Az 1-(hidroxil-metil)-3-[¹⁴C-metil]-benzotriazolium-klorid metabolizmusából származó radioaktivitás megoszlása különféle növényi extraktumok között

Распределение активности от метаболизма хлорида 1-(гидроксиметил)-3-[¹⁴C-метил]-бензотриазолия в разных экстрактах растений

Distribution of activity from the metabolism of 1-(hydroxymethyl)-3-[¹⁴C-methyl]-benzotriazolium chloride in various plant extracts

Extraktió	Mért radioaktivitás				Extraktum
	10 ³ dpm		%		
	bab	kukorica	bab	kukorica	
I. Deszt. viz	9780	4440	93,62	86,21	változatlan kiindulási anyag, jelzett vízoldható metabolit
II. 10%-os TCA	651	598	6,23	11,61	TCA-oldható fehérjék
III. 80%-os etanol:éter=3:1	1,48	78,3	0,01	1,51	foszfolipidek
IV. 1N NaOH seml.+sav.	7,78	19,3	0,07	0,37	RNS
V. perklór-sav pH=1	7,57	15,4	0,06	0,29	DNS

A vízoldható poláros metabolitok viszonylag nagy mennyisége, valamint az oxidatív demetileződés általános metabolitikus aktualitása miatt az oxidatív demetileződés első fázisát, a hidroxil-metil származék képződését és lehetséges továbbalakulását formaldehiddé, külön kísérletsorozatban /3-3 növényke, 125 kBq/ml radioaktiv koncentrációju oldat, 3-3 órás felszívás két eltérő kísérleti elrendezésben/ is vizsgáltuk. Az egyik sorozatban a növényekkel először telített dimedon oldatot, majd jelzett benzotriazolium sót szivattunk fel. A másik sorozatban először a jelzett anyagot tartalmazó oldatot, majd 5 ml telített dimedon oldatot szivattunk fel a növényekkel. A felszívás után a növénykéket a szokásos módon feldolgoztuk, és 30-30 ml dietil-éterrel az éterben oldható komponenseket extraháltuk. Az éteres extraktumokat vákuumban beszűkítettük, és a teljes mennyiségüket kromatografáltuk. A kromatográfiás elválasztást Merck Kieselgel F254 rétegen benzol:etilacetát=95:5 (v/v) elválasztó rendszerrel végeztük. Aktivitásmérés végett a kromatográfiás rétegről az anyagokat a réteggel együtt lekapartuk, és a kromatogramok aktivitáseloszlását folyadékszintillációs spektrométeren mértük. Az eredményt az 5. ábra mutatja be.



5. ábra

A hidroxi-metil származék képződése és továbbalakulása formaldehiddé. Az első kísérletsorozatban először a telített dimedonoldatot szivattuk fel, s utána a jelzett benzotriazolium só (a/ és b/), a másodikban fordítva (c/ és d/)

1 - változatlan aktív anyag; 2 - 1-metil-benzotriazol; 3 - formál dimedon; 4 - azonosítatlan csúcs

Формирование и превращение в формальдегид производного гидроксиметила. В первой серии опытов насыщенный раствор димедона был рассасыван первый раз а затем меченая соль бензотриазолия (a/ и b/), а во второй серии - наоборот (c/ и d/)

1 - неизменное активное вещество, 2 - 1-метил-бензотриазолий, 3 - формаль димедон, 4 - неидентифицированный пик

Formation of the hydroxymethyl derivative and its transformation into formaldehyde. In the first series of experiments the saturated dimedone solution was absorbed first and after that the labelled benzotriazolium salt (a/ and b/), while in the second series in the reversed order (c/ and d/).

1 - unchanged active substance; 2 - 1-methyl-benzotriazolium; 3 - formal dimedone; 4 - unidentified peak

Az eltérő kísérleti elrendezés ellenére mind a négy esetben lényegében azonos metabolitikus viselkedést figyelhetünk meg. Az extraktumokban, függetlenül az alkalmazott felszivatási sorrendtől, azonos jelzett metabolitokat észleltünk. Az egyes metabolitokat, illetve származékaikat minden esetben autentikus anyagokkal végzett együttes kromatográfiával azonosítottuk. A talált metabolitok a következők: 1. kevés változatlan jelzett kiindulási kvaterner só; 2. inaktív formaldehid lehasadásával képződő $1\text{-}^{14}\text{C}$ -metil-benztriazol; 3. a jelzett metil-csoport oxidációjával képződő, jelzett hidroximetil-csoportból lehasadó, jelzett formaldehid dimedon származéka; 4. a kromatográfiás front közelében futó, eddig még nem azonosított jelzett metabolit.

Feltűnő, hogy mind a négy esetben a jelzett formál-dimedon származék a fő jelzett metabolit. Ez azt mutatja, hogy a metil-csoport, mind bab, mind kukoricánövényekben, igen gyorsan továbbalakul hidroximetil-csoporttá, és ebből igen könnyen képződik formaldehid. Ez a formaldehid ezután nagy valószínűséggel részt vesz a C-1 pool fotoszintetikus folyamataiban, és glioxaláton keresztül közvetlenül visszajut a fotoszintetikus folyamatokba¹⁰. Mindez érthetővé teszi, hogy igen hosszú vizsgálati periódus után is miért csak igen kis százalékban izolálható az oxidatív demetileződés végterméke, a szén-dioxid.

A másik érdekes metabolitikus aspektusa ennek a kísérleti megfigyelésnek az, hogy az oxidatív demetileződés első fázisában keletkező hidroximetil származékból igen könnyen képződik formaldehid, és minden bizonnyal ezzel függ össze, hogy az oxidatív demetileződés, mint az egyik jellegzetes növényi metabolitikus út felismerését követően, majdnem husz éven át nem sikerült a hidroximetil származékokat, illetve konjugátumaikat /glükózid vagy fehérjeszármazékait/, mint tényleges metabolitokat azonosítani.

Vizsgálataink alapján természetesen az 1-(hidroximetil)-3-metil-benztriazólium sók növényi metabolizmusa során lejátszódó reakciókat teljes részletességgel magyarázni még nem tudjuk. A még nem azonosított metabolitok azonosítása, esetleges további metabolitok izolálása és azonosítása céljából munkánkat folytatni kívánjuk. Megítélésünk szerint azonban eddigi eredményeink is hozzájárulnak az oxidatív demetileződés, mint általános érvényű növényi metabolizációs reakció jobb megértéséhez.

KISÉRLETI RÉSZ

A JELZETT VEGYÜLET SZINTÉZISE

Az 1-(hidroximetil)-benztriazolt Bürckhalter és munkatársai¹¹ módszere alapján, a jelzett [^{14}C metil]jodidot az Izotópintézetben korábban kidolgozott módszer¹² alapján szintetizáltuk.

A védett 1-(hidroxi-metil)-benztriazol előállítása

7,45 g /50 mmól/ etilacetátból frissen átkristályosított 1-hidroxi-metil-benztriazolt és 4,67 g /55,6 mmól/ LiAlH_4 -ről frissen desztillált 2,3-dihidro-4-H-piránt bemérünk egy 100 ml-es háromnyaku gömblombikba, és rádesztillálunk 30 ml NaOH-on szárított tetrahidro-furánt /THP/. A nedvesség kizárása érdekében a visszacsepegő hűtőre magnézium perklorátos csövet helyezünk, és a reakcióelegyet -3°C -ra hűtjük le. Ezt követően a reakcióelegybe beadagolunk 0,2 ml foszfor-oxikloridot, és egy órán át, külső jeges hűtés mellett kevertetjük. Az egy óra elteltével a reakcióelegyet lassan forrásig melegítjük, és 24 órán át enyhe visszacsepegtetés mellett forraljuk. Másnap a reakcióelegyet 200 ml éterben feloldjuk, és 2x100 ml 5%-os nátrium-hidroxid oldattal kirázzuk, vízzel semlegesre mossuk, és szárítás után vákuumban az oldószert ledesztilláljuk. A kapott sötétbarna olajat /4,8 g/ további tisztítás nélkül használjuk fel a kvaterner benztriazólium só előállításához.

1-(hidroxi-metil)-3- ^{14}C -metil]-benztriazólium klorid előállítása

Az előzőekben kapott 4,8 g védett benztriazol-származékot bombacsőbe helyezzük, és hozzáadunk 3,4 g /24 mmól/ metiljodidot. A bombacsövet vákuumban leforrasztjuk, és külső védőtokban 16 órán át, $100-110^\circ\text{C}$ hőmérsékleten reagáltatjuk. A reakcióidő eltelte után a bombacsövet óvatosan lehűtjük, felnyitjuk, az egész reakcióelegyet egy 100 ml-es körtelombikba mossuk át abszolút metanollal, és szárazra pároljuk. A visszamaradó sárga kristályokat 3x10 ml n-hexánnal, majd 20 ml éterrel mossuk.

A termelés 1,57 g 20,4% 1-(hidroxi-metil)-benztriazolra számolva.

A nyers kristályokat 10 ml desztillált vízben oldjuk, és előzetesen klorid formára beállított Dowex 2-X4 anioncserélő gyantával töltött ioncserélő oszlopon a jodid aniont klorid anionra cseréljük. Az anyagot desztillált vízzel eluáljuk az oszlopról. A vizes oldatot rotációs bepárlón vákuumban szárazra pároljuk. A visszamaradó szilárd kvaterner só vákuumexszikkátorban foszfor-pentoxid felett szárítjuk. A termelés 0,6 g 62%.

NÖVÉNYKISÉRLETEK

Az erdei földben nevelt, 14 napos, kétleveles kukorica és bab növénykéket a talajból kiemelve először a gyökerüket a földtől óvatosan megtisztítottuk, majd desztillált vízzel mostuk. Mosás után a gyökerekről a vizet óvatosan szűrőpapírral felitattuk. Az így előkészített növénykéket használtuk mind a felszívási, mind a metabolizmusvizsgálatokhoz.

3-3, illetve 7-7 növénykével a jelzett anyagot tartalmazó oldatokat felszívattuk, a növénykéket az oldatból kivettük, gyökerüket desztillált vízzel

mostuk, majd szűrőpapírral a nedvességet óvatosan felitattuk. Ezt követően a növények teljes zöld részét feltártuk, vagy, egy speciális kísérlet során, ismételt felszívást végeztünk /5. ábra/. A felszívás során a növények teljes vegetatív zöld részét /szár és levél/ cseppfolyós levegővel lefagyasztottuk, és dörzsmozsárban jól eldörzsöltük.

A felszívódás vizsgálatához 50%-os etanollal, a metabolizmus vizsgálatához 1 órán át 4°C-os desztillált vízzel, majd az 5. ábra szerint az oxidatív demetilezéshez 30-30 ml dietil-éterrel extraháltuk. Az extraktumokat - ha szükséges volt - rotációs bepárlón vákuumban beszűkítettük, és a radioaktivitás méréséhez törzsoldatokat, a rétegekromatográfiás vizsgálathoz pedig kloroformos vagy metanolos oldatokat készítettünk.

A kromatográfiás vizsgálatot előregyártott Merck Kieselgel 60 F₂₅₄ alufóliára felvitt lemezekon végeztük. Az egyes anyagokat autentikus standardok mellett végzett kromatográfiával azonosítottuk.

A radioaktivitást Berthold BF 500 típusu folyadékszintillációs spektrométerrel mértük.

IRODALOM

1. P.C. Kearney, D.D. Kaufman /Ed./ Degradation of Herbicides, Dekker, New York, 1975
2. A.W. Naylor, Herbicide Metabolism in Plants, "Herbicide Physiology, Biochemistry, Ecology", 2nd Ed., Academic Press, New York, 1976, 397
3. R.T. Williams, Detoxification Mechanism, 2nd Ed., Chapman and Hall, London, 1959
4. B.B. Brodie, J.R. Gillette, B.N. LaDu, Ann. Rev. Biochem. 27 /1958/ 427
5. G.D. Hill, et al., Agron.J. 47 /1955/ 93
6. D.S. Frear, H.R. Swanson, F.S. Tanaka, Recent Adv. Phytochem. 5 /1972/ 225
7. D.S. Frear, H.R. Swanson, Phytochem. 11 /1972/ 1919
8. Klivényi G., "Kvaterner benzotriazolium sók előállítása és növényfiziológiai hatásuk vizsgálata izotóptechnikai módszerekkel", műszaki doktori értekezés, Budapest, 1983
9. G. Schmidt, J. Thannhauser, J., Biol. Chem. 161 /1945/ 83
10. Szarvas T., nem publikált eredmények.
11. J.K. Burkhalter, V.C. Stephens, L.A.R. Hall, J.Am.Chem.Soc. 74 /1952/ 3868
12. Tandács B, "A jelzett PGE₁ proszttaglandin és prekursorjainak előállítása", egyetemi doktori értekezés, Budapest, 1973

Modellvizsgálatként bab és kukorica növénykében az 1-(hidroxi-metil) - 3-[¹⁴C-metil]-benzotriazolium-klorid, mint potenciális növényvédőszer metabolizmusát tanulmányoztuk. Mind a hidroxi-metilcsoportból, mind a jelzett metilcsoportból gyorsan képződik formaldehid, amely a növénykében dimerizálódva megkötődik.

A növényvédőszer metabolizmusának vizsgálati metodikáját a formaldehid növényen belüli megkötésének kidolgozásával bővítettük.

МЕТАБОЛИЗМ В РАСТЕНИЯХ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОТРИАЗОЛИЯ

Кливленъи, Г., Сарваш, Т., Мартон, Й.

В модельных исследованиях был изучен метаболизм в растениях боба и кукурузы хлорида 1-(гидрокси-метил)-3-[¹⁴C-метил]-бензотриазолия, возможного пестицида. И гидроксиметильная, и меченая метильная группы были превращены в формальдегид в быстротекающей реакции. Фиксация формальдегида внутри растений как новый метод увеличивает методический арсенал изучения метаболизма пестицидов.

PLANT METABOLISM OF QUATERNARY BENZOTRIAZOLIUM DERIVATIVES

Klivényi, G., Szarvas, T., Márton, J.

Model experiments were carried out to study the metabolism of 1-(hydroxymethyl)-3-[¹⁴C-methyl]-benzotriazolium chloride as potential pesticide in bean and corn plants. Both the hydroxymethyl group and the labelled methyl group were converted into formaldehyde in a fast reaction.

A new technique, the trapping of formaldehyde within the plant was added to the methodology of pesticide metabolism studies.

IZOTÓPOK DIAGNOSZTIKUS ALKALMAZÁSÁNAK SUGÁREGÉSZSÉGÜGYI KÉRDÉSEI A KORSZERŰ SUGÁRVÉDELEM TÜKRÉBEN

AZ EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TÁRSULAT SUGÁRVÉDELMI SZAKCSOPORTJÁNAK ÉS A MAGYAR ORVOSI NUKLEÁRIS TÁRSASÁG MÉRÉSTECHNIKAI MUNKACSOPORTJÁNAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSE, BUDAPEST, 1984. NOVEMBER 10.*

RADIOAKTIV IZOTÓPOK ORVOSI ALKALMAZÁSÁNAK ETIKAI KÉRDÉSEI

Sztanyik B. László

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

Bevezetésül három megjegyzést kell fűznöm előadásom címéhez. *Etikán* nem az általános erkölcsi elveket értem, hanem szűkebb értelemben, az aktuálisan elismert normáknak és szabályoknak megfelelő viselkedést, tehát - rendezvényünk témájával kapcsolatban - a korszerű sugárvédelmi szabályokhoz igazodó magatartást. A radioaktív izotópok *orvosi alkalmazását* viszont bővebben értelmezem az izotópdiagnosztikánál; hozzá tartozónak tekintem a terápiás és orvostudományi kutatási célú alkalmazást is. Előadásom nagyrészt az új, *nem-zetközi* /ICRP, IAEA, WHO/ ajánlásokra épül, amelyek nem mindenben egyeznek a jelenleg érvényes hazai előírásokkal és gyakorlattal.

A SUGÁRVÉDELEM CÉLKITŰZÉSEI ÉS MEGVALÓSÍTÁSUK ALAPELVÉI

A sugárvédelem az egyénnek és utódainak, az emberiség egészének a védelmével foglalkozik úgy, hogy eközben lehetővé tegye a sugárterheléssel járó, szükséges tevékenységet. A sugárvédelem *célkitűzése* a káros, nem-sztohasztikus sugárhatások kiküszöbölése és a sztohasztikus hatások valószínűségének elfogadható szintre való csökkentése.

Mivel a *nem-sztohasztikus* hatásokra jellemző, hogy súlyosságuk arányos a dózissal, és fellépésük csak bizonyos küszöbdózis felett várható, az ilyen hatások kiküszöbölését el lehet érni, ha a dóziskorlátokat elég alacsony szinten, a szóbjövő ártalmas hatások küszöbdózisai alatt huzzuk meg.

A *sztohasztikus* hatásoknak nem a súlyossága, hanem előfordulási gyakorisága arányos a dózissal, mégpedig küszöbérték nélkül. Az ilyen hatások valószínűségét három alapelv betartásával lehet elfogadható szintre csökkenteni:

- a/ a sugárterheléssel járó tevékenység indokoltságának biztosításával;
- b/ az indokolt sugárterhelés olyan alacsony szinten tartásával, amilyen csak társadalmi és gazdaságossági tényezők figyelembevételével elérhető /ALARA elv/;

*E számunkban az 1984. december 15-ig beérkezett kéziratokat közöljük. Szerk.

c/ az egyéni sugárterhelés dózisegyenértékének az ICRP által ajánlott dóziskorlátok alatti tartásával.

Ezeket az alapelveket kell alkalmazni minden, emberalkotta forrásból származó, járulékos sugárterhelésre. A dózisegyenérték-korláttal való összetétel során nem kell számításba venni az orvosi alkalmazástól és az eredeti, természetes háttérsugárzástól származó dóziszjárulékot.

MEDICINÁLIS SUGÁRTERHELÉS

Az ICRP megfogalmazásában a "medicinális sugárterhelés" a betegek diagnosztikai és terápiás eljárásokkal kapcsolatos sugárterhelésére, valamint szerveik és funkcióik művi pótlásától /pl. ritmuskeltő/ származó sugárterhelésére vonatkozik.

Előző esetekben az ionizáló sugárzás fizikai és biológiai tulajdonságait céltudatosan aknázzák ki a beteg érdekében, utóbbi esetben a sugárzás mellékes, kísérő jelenség.

Nem medicinális sugárterhelés tehát az egészségügyi személyzet foglalkozási sugárterhelése és a betegek egymástól kapott sugárterhelése.

A sugaras orvosi eljárásokat a következők szerint csoportosítják:

- 1/ betegséggel közvetlenül kapcsolatos, klinikai célú /alkalmi/
 - vizsgálat,
 - kezelés;
- 2/ tervszerűen végrehajtott, rendszeres, közegészségügyi célú
 - szűrővizsgálat,
 - időszakos ellenőrzővizsgálat /egyéni/,
 - alkalmassági vizsgálat /foglalkozási/;
- 3/ nem kifejezetten egészségügyi /jogi, biztosítási/ célú vizsgálat;
- 4/ orvostudományi kutatási program keretében, emberen végzett, sugaras beavatkozás és kísérlet
 - állapotvizsgálat,
 - eszköz- és módszerfejlesztés vagy bevezetés;
- 5/ oktatási és továbbképzési célból végzett sugaras tevékenység.

A MEDICINÁLIS SUGÁRTERHELÉS SUGÁRVÉDELMI SZABÁLYAI

A sugárvédelmi alapelveket általában alkalmazni kell a medicinális sugárterhelésre is. Mégpedig:

- kerülni kell a beteg szükségtelen sugárterhelését, a szükséges sugárterhelés indokoltságát pedig a sugaras eljárás alkalmazásától származó - és másképpen el nem érhető - haszonnal kell biztosítani;

- a kiszolgáltatott dózist, a sugaras eljárástól származó haszonnal arányban álló, minimális értékre kell csökkenteni;

- mivel a sugárterhelésnek kitett személy azonos a sugaras eljárás hasznát élvező személlyel, az ICRP nem tartja helyénvalónak az általa ajánlott dózisegyenérték-korlátok alkalmazását a medicinális sugárterhelésre.

A BETEGSÉGGEL KÖZVETLENÜL KAPCSOLATOS, KLINIKAI CÉLU, SUGARAS ORVOSI ELJÁRÁSOK SUGÁRVÉDELMI SZABÁLYAI

Annak eldöntése, hogy a beteg sugárterhelésével járó vizsgálat indokolt-e, részben a vizsgálatot kérő, részben a vizsgálatot végrehajtó orvos felelőssége. Elengedhetetlen azonban, hogy a döntésnél helyesen ne értékeljék

- a kért vizsgálat indikációit, tehát alkalmasságát a kérdés megválaszolására,
- a vizsgálatról várt eredményt,
- azt, hogy a vizsgálat eredménye mennyiben befolyásolja a diagnózist, illetve a beteg orvosi ellátását.

Fontos továbbá, hogy az értékelést az ionizáló sugárzás fizikai tulajdonságainak és biológiai hatásának kellő ismeretében végezzék.

Sugaras gyógykezelési eljárás során, pl. ^{32}P , ^{125}I , ^{131}I és ^{198}Au terápiás alkalmazása esetében is, jóval nagyobb a szervekben és szövetben elnyelt dózis, de kvantitatívabban megítélhető mind a besugárzás veszélyessége, mind a kezelés hasznossága. A döntést a kettő viszonyára kell alapozni, figyelembe véve azonban a gyógykezelés alternatív lehetőségeit, összevetve hatékonyságukat a sugaras gyógyeljárásával.

Bár a sugaras diagnosztikai és terápiás eljárások elhatározásánál számításba kell venni a sugárterhelés veszélyeit, nem szabad tulbecsülni azokat, mert ez könnyen alkalmazásuk elvetéséhez vezethet, még indokolt esetben is.

A RENDSZERES VIZSGÁLAT SUGÁRVÉDELMI SZABÁLYAI

Tömeges szűrővizsgálat /pajzsmirigyfunkció, vasanyagcsere, májscan, felszívásvizsgálat/ indokoltságát a vizsgálatról az egyénre s az egész lakosságra származó haszon - amely a szűrővizsgálat eredményétől, a kiszűrt személyek hatékony gyógykezelésének lehetőségétől és a közönségnek az adott betegség felszámolásából származó hasznából tevődik össze -, valamint a költségek összevetése alapján lehet elbírálni, beleértve a vizsgálat okozta kárt is.

JOGI, BIZTOSITÁSI ÉS EGYÉB, NEM KIFEJEZETTEN EGÉSZSÉGÜGYI CÉLU VIZSGÁLATOK SUGÁRVÉDELMI SZABÁLYAI

Mivel a nukleáris medicina eszköztárával ilyen vizsgálatokat nem végeznek, ezekkel a kérdésekkel itt nem kívánunk foglalkozni.

A SUGARAS ELJÁRÁS OPTIMÁLÁSA

Mivel a sugaras orvosi eljárások orvosi alkalmazása az ionizáló sugárzás fizikai és biológiai tulajdonságainak céltudatos kihasználásán alapszik, az egész eljárás optimálása mindig elsőbbséget élvez a beteg sugárvédelmének optimálásával szemben. Ezt szem előtt tartva, az ICRP hangsúlyozza, hogy az orvosi sugaras eljárások dózisa sok esetben jelentősen csökkenthető, anélkül, hogy csökkenne az eljárás értéke, ha kellő figyelmet szentelünk az eljárás technikájának:

- *vizsgálat* során az információ megszerzéséhez szükséges sugárterhelés minimumon való tartásának,

- *gyógykezelés* során a kívánt terápiás hatás eléréséhez szükséges dózis kiszolgáltatásának a kezelt területen, és a kivüleső testrészek sugárterhelése olyan mértékű csökkentésének, amilyen csak gyakorlatilag elérhető.

Bármilyen sugaras vizsgáló eljárás indikálása előtt a gyakorló orvosnak meg kell győződnie arról, hogy az igényelt információt nem kaphatja-e meg más, korábbi vizsgálatból.

SZAKMAI KÉPZÉS

Az ICRP nyomatékosan hangsúlyozza a kellő sugárvédelmi oktatás és gyakorlat fontosságát az orvosi szakmába lépők és kisegítőik általános képzési és gyakorlati programjában, akiknek a későbbiekben alkalmuk lesz sugárterheléssel járó eljárások előírására. Alaposabb sugárvédelmi képzés szükséges azoknak, akik a radiológia területén kívánnak dolgozni, valamint a sugárzás orvostudományi alkalmazásában segédkező nem orvos diplomásoknak és technikusoknak.

ORVOSTUDOMÁNYI KUTATÁS SORÁN, EMBEREN VÉGZETT SUGARAS ELJÁRÁSOK SUGÁRVÉDELMI SZABÁLYAI

Az orvostudományi kutatás során végzett vizsgálat vagy kezelés az esetek egy részében közvetlenül is hasznára válik az érintett személynek, más részében nem. Előző esetben az indokoltság megállapítása ugyanugy történik, mint más medicinális sugárterhelés esetén, csak - éppen az eljárás kísérleti jellege miatt - valamivel alaposabb mérlegelés után. Utóbbi esetben, amikor tehát kutatási célból, kényszerre sugároznak be olyan személyt, akinek ebből nem származik közvetlen haszna, s amikor a sugaras eljárás végrehajtása nem hozható kapcsolatba a besugárzott személy betegségével, a következő három feltételt kell kielégíteni:

- a/ a sugaras eljárást csak megfelelően képzett és gyakorlott *szakemberek* végezhetik;

b/ a sugaras eljárás csak az intézmény illetékes vezetőinek - megfelelő szakértői *testület* véleményével alátámasztott - egyetértésével hajtható végre, az ide vonatkozó helyi és országos előírások betartásával;

c/ a kísérletbe csak szabad akaratuk gyakorlására képes, *önkéntes személyeket* lehet bevonni, akiket előzetesen fel kell világosítani a sugaras eljárás becsült kockázatáról.

Természetesen, mennél nagyobb a várható sugárterhelés, annál szigorúbban kell ügyelni annak a követelménynek a betartására, hogy valóban csak olyan önkéntesek vegyenek részt a kísérletben, akik képesek felfogni a vállalt kockázatot. Ebből következik, hogy gyermekek és olyan személyek kutatási célú sugárterhelése, akik valójában nem képesek beleegyezésüket adni a kísérlethez, csak akkor hajtható végre, ha a várható sugárdózis csekély, pl. a népesség egyedeire alkalmazható dózisegységnérték-korlát 1/10-ének a nagyságrendjébe /0,5 mSv/ esik, és e személyekért jogilag felelős személyek beleegyezésüket adják.

Mivel az ilyen eljárásokról a sugárhatásnak kitett személyeknek semmiféle közvetlen hasznuk nincs, gondoskodni kell arról, hogy a sugárterheléssel járó károsodás mértéke elfogadható szinten maradjon, azaz dóziskorlátot kell megszabni, figyelembe véve a személy életkorát és egészségi állapotát. Az engedélyezett dóziskorlátokat minden egyes kutatási programra vonatkozóan külön-külön kell meghatározni.

A helyi és egyedi sajátosságokra való tekintettel, az ICRP nem tartja lehetségesnek általános érvényű dózishatárértékek megállapítását. A NAŰ Sugárvédelmi Alapszabályzata pedig azt ajánlja, hogy a kutatási célú sugaras eljárások végrehajtási feltéteteleinek és dózishatárértékeinek megszabásánál, az illetékes hatóságok vegyék figyelembe azokat az irányelveket, amelyek az Egészségügyi Világszervezet /WHO/ kiadványaiban, különösen a Technikai Riportsorozat 611.sz. füzetében található.

Ez a WHO-ajánlás az ionizáló sugárzás és radionuklidok emberen történő, orvostudományi kutatási és oktatási, és nem orvostudományi célú felhasználásának szakmai és etikai kérdéseivel foglalkozik. Ilyen felhasználás:

a/ radioaktív izotópokkal jelzett gyógyszerek anyagcseréjének és hatásmechanizmusának vizsgálata, vagy nem jelzett gyógyszerek hatásának vizsgálata sugaras eljárásokkal /pl. csontanyagcsere/;

b/ az ionizáló sugárzás vagy radiofarmakon újabb diagnosztikai felhasználásának kutatása és fejlesztése normális egyének és betegek bevonásával;

c/ egyéb kutatás emberek szándékos sugárterhelésével, pl. élettani és kórtani kutatás, radioaktív izotópokkal végzett táplálkozástudományi vizsgálat, epidemiológiai jelentőségű betegségek kutatása sugaras módszerekkel.

A WHO-ajánlás a kutatásba bevont személyek sugárterhelésének nagysága szerint osztályozza az emberen végzett kutatási programokat /1. táblázat/:

1. táblázat

Ember sugárterhelésével járó kutatás kategóriái

	I.	II.	III.
A sugárterhelés nagyságrendje, mSv	0,1	1	10
A sugárterhelés intervalluma, mSv	<0,5	0,5-5	5-50
A vállalt kockázat mértéke	A természetes háttérsugárzás szórásán belül	A népességi dóziskorláton belül	A foglalkozási dóziskorláton belül

I. kategória: a kísérletben részt vevő személy sugárterhelése a természetes háttérsugárzástól származó évi effektív dózisegyenérték ingadozásán belül, tehát 0,1 mSv nagyságrendbe esik. Az ilyen program végrehajtása során különösebb sugárvédelmi vagy sugáregészségügyi probléma nem merülhet fel, a sugárkárosodás kockázata elhanyagolható.

II. kategória: a programban részt vevő személy sugárterhelése a természetes háttérsugárzásnak tulajdonítható évi effektív dózisegyenérték nagyságrendjébe esik, tehát 1 mSv körüli, és nem nagyobb, mint amit az ICRP a lakosság egyedeire, illetve kritikus csoportjaira nézve elfogadható évi sugárterhelésnek tart.

III. kategória: a kutatási program résztvevőinek sugárterhelése abba a nagyságrendbe esik, amelyet az ICRP évi effektív dózisegyenérték-korlátnak ajánl a foglalkozásuk körében sugárhatásnak kitett dolgozók részére.

Különleges kategória: nagyobb sugárterheléssel járó kutatási program, amely csak kivételes esetben, pl. sugárterápia fejlesztése esetén, engedélyezhető. Ilyenkor ki kell mutatni, hogy a megszerezni kívánt információ elég fontos ahhoz, hogy indokolja a vállalt kockázatot, és kisebb sugárterheléssel nem lehet hozzájutni. E kategóriában a sugárterhelés abba a nagyságrendbe eshet, vagy meghaladhatja azt, amit az ICRP a "tervezett különleges sugárterhelés" esetén elfogadhatónak tart a sugárveszélyes munkakörben dolgozók részére /alkalmanként 100 mSv, az életben legfeljebb 250 mSv/.

Egyes szervek és szövetek szelektív sugárterhelése esetén, ami különösen jellemző a radiofarmakonokkal végzett vizsgálatra, a sugárártalom kockázata kisebb, mint az egész test azonos dózisu, homogén besugárzása esetén. Ilyenkor az ICRP által ajánlott és publikált "súlyozó tényezők" segítségével lehet kiszámítani, hogy az egyes szervek és szövetek átlagos szervdózisa mek-

kora egészségtédózással egyenértékű kockázatot jelent. Azokban a kutatási programokban, amelyek a szervek szelektív sugárterhelésével járnak, $1/w_T$ -szer nagyobb átlagos szervdózis engedélyezhető, mint a kategóriára megadott egészségtédózis. Ügyelni kell azonban arra, hogy az így számított szervdózis ne haladja meg a nem-sztohasztikus hatások elkerülésére meghatározott dóziskorlátokat: szemlencsénél a 150 mSv, többi szervnél és szövetnél az 500 mSv értéket /2. táblázat/.

2. táblázat

Az effektív dózisegyenérték számításához ajánlott súlyozó tényezők

Szerv vagy szövet	Súlyozó tényező, w_T
Gonádok	0,25
Emlő	0,15
Vörös csontvelő	0,12
Tüdő	0,12
Pajzsmirigy	0,03
Csontfelszín	0,03
Összes többi szerv vagy szövet	0,30*
Egész test	1,00

*A legnagyobb sugárterhelést kapott öt szerv vagy szövet mindegyikére $w_T=0,06$ érték alkalmazható, és az összes többi szerv vagy szövet sugárterhelését el lehet hanyagolni. Ebből a szempontból a gyomor-béltraktus következő részeit azonban önálló szervként kell kezelni: gyomor, vékonybél, vastagbél felső szakasza, vastagbél alsó szakasza.

A következő táblázatban néhány példa látható arra vonatkozóan, hogy mekkora sugárterheléssel jár, és melyik kategóriába tartozik egy-egy izotópdiaosztikai eljárás /3. táblázat/.

A dóziskorlátozás mellett a WHO még a következő elvek figyelembevételét ajánlja a kutatási programokban részt vevő személyek kiválasztása során:

a/ a genetikai sugárártalom veszélye és bizonyos szomatikus hatások hosszú latenciaideje miatt, ahol csak lehet, célszerű 40 évesnél idősebb, de inkább 50 év feletti személyeket kiválasztani.

b/ A kutatási programban részt vevő személyek számát, különösen a reprodukcióban lévő személyeket, azon a minimumon kell tartani, amely még éppen elegendő megbízhatóan pontos információ szerzéséhez.

c/ Terhes nőt kizárólag csak akkor szabad kutatási programba bevonni, ha a terhességgel kapcsolatos problémák vizsgálatára irányul. Ilyenkor is különös gonddal kell mérlegelni az embrió és a foetus nagyfoku sugárérzékenységet.

d/ Kutatást csak akkor szabad 18 évnél fiatalabb személyen végezni, ha a vizsgálat az életkorral kapcsolatos kérdések megválaszolását célozza.

Általában, az emberen végzett orvostudományi kutatás etikai szempontjait illetően, a sugaras eljárások alkalmazása során is irányadók az Orvosok Világszövetsége 1964. évi 18. közgyűlésén, Helsinkiben elfogadott, majd az 1975. évi 29. közgyűlésén átdolgozott elvek.

Hazánkban az Egészségügyi Tudományos Tanács Kutatásetikai Orvosi Bizottsága az Izotóptechnika 1981. évi 5-6. számában tette közzé hivatalos állásfoglalását "A humán radioizotópos gyógyszervizsgálatok irányelvei" címmel. Az állásfoglalás a WHO-ajánlások alapján készült, de tükrözi azt a felemás állapotot, hogy a hazai sugárvédelmi szabályozás még nem mindenben követi a nemzetközi ajánlásokat. Bár az állásfoglalás számos kérdésben ma is helytálló elveket tartalmaz, úgy vélem, hogy felülvizsgálatát célszerű lesz napirendre tűzni a nem tulságosan távoli jövőben.

3. táblázat

Sugárterhelés radiofarmakkal végzett vizsgálatoktól

Radiofarmakon	Vizsgálat	Aktivitás, MBq	Referencia-szerv	Dózisfaktor mGy/MBq	Effektív dózis-egyenérték mSv	Kategória
^{125}I -HSA	vértérfogat	0,2	egésztest	0,7	0,14	I.
^{131}I -bengálvörös	májfelvétel	7	máj	0,7	0,30	I.
^{131}I -HSA /dnt/	tüdőfelvétel	11	egésztest	0,08	0,88	II.
^{131}I -jodid	pajzsmirigy-felvétel	0,4	pajzsmirigy mellékpm.	540 89	6 2	III.
^{198}Au -kolloid	májfunkció	6	egésztest	0,55	0,22	III.
			máj	11	4	
			lép	11	4	
^{75}Se -metionin	hasnyálmirigy-felvétel	7	egésztest	0,5 2,2	3 15	III.

IRODALOM

1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, Annals of the ICRP 1 /1977/ 3

2. Cost-Benefit Analysis in the Optimization of Radiation Protection. ICRP Publication 37, Annals of the ICRP 10 /1982/ 2
3. Basic Safety Standards for Radiation Protection 1982 Edition, Jointly sponsored by IAEA, ILO, NEA /OECD/, WHO. Safety Series No. 9, IAEA, Vienna, 1982
4. Use of Ionizing Radiation and Radionuclides on Human Beings for Medical Research, Training, and Nonmedical Purposes Report of a WHO Expert Committee, Rep. Ser. 611, WHO, Geneva, 1977
- 5/ A humán radioizotópos gyógyszervizsgálatok irányelvei. Az Egészségügyi Tudományos Tanács Kutatásetikai Orvosi Bizottsága által elfogadott hivatalos állásfoglalás, Izotóptechnika 24 /1981/ 234

SYMOLYT

VIVŐ AMFOLIT

FORGALMAZZA



1121 BUDAPEST, Konkoly Thege Miklós út 29/33.
☒ 1525 BUDAPEST, Pf.: 77
Telefon: 695 076
Telex: 22 5360

A FOGLALKOZÁSI SUGÁRTERHELÉS ORSZÁGOS ELLENŐRZÉSÉNEK MŰKÖDÉSI ALAPELVEI ÉS A RADIONUKLIDOK EGÉSZSÉGÜGYI ALKALMAZÁSÁVAL JÁRÓ SUGÁRTERHELÉS

Bojtor Iván, Thék György, Sztanyik B. László

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató-
intézet, Budapest, Pf. 101, 1775

BEVEZETÉS

A sugárvédelmi alapelvek megújulása egyidejűleg szemléletváltást is eredményezett az ionizáló sugárzásokat hivatásszerűen felhasználók foglalkozási sugárterhelésének értékelésében. A sugárveszélyes munkahelyeken alkalmazottak sugárterhelésének, és ezen keresztül a sugárvédelmi előírások végrehajtásának rendszeres ellenőrzésére létrehozott Országos Személyi Dozimetriai Szolgálat elsőrendű törekvése, hogy a hatályos hazai rendelkezések alapján és a nemzetközi ajánlásoknak megfelelően, a korszerű dóziskorlátozási alapelvek érvényesülését vizsgálja, és értékeli¹⁻⁴.

A külső forrásoktól származó sugárterhelés ellenőrzési rendszere a 4/1965./XII.7/ Eü.M.sz. rendelet végrehajtásán alapul.

A közel két évtizede bevezetett rendszeres dozimetriai ellenőrzés 1984-től már bizonyos mértékben tükrözi azt a korszerű szellemet, amelyben a kiadás előtt álló, az 1980. évi I. törvény végrehajtásáról szóló egészségügyi miniszteri rendelet készült⁵.

Ami a nemzetközi sugárvédelmi ajánlásokat illeti, a foglalkozási sugárterhelés országos ellenőrzési rendszere mind a lebonyolításra, mind pedig az eredmények értékelésére vonatkozóan igazodik az alábbi kiadványok állásfoglalásaihoz:

- a Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság 26. és 35. közleménye,
- a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség "A sugárvédelem alapvető biztonsági szabályai" kiadványa,
- az Egyesült Nemzetek Szervezete atomsugárzások hatásával foglalkozó tudományos bizottsága által összeállított, "Ionizáló sugárzás: források és biológiai hatások" című közleménye.

Nemzetközi megállapodás értelmében a mellkason viselt dózismérő jelzéséből számított dózistegésztést dózissnak kell elfogadni.

FŐBB SZERVEZÉSI ÉS MŰKÖDÉSI ALAPELVEK

A RENDSZERES ELLENŐRZÉS FELTÉTELEI

Az ez idő szerint érvényes rendelkezések e tekintetben nincsenek összhangban az idézett nemzetközi ajánlásokkal. Jelenleg folyamatos dozimetriai ellenőrzés alatt áll - bejelentés alapján - minden olyan személy, aki röntgen vagy γ -sugárforrást rendszeresen használ, függetlenül attól, hogy évi sugárterhelése hogyan viszonylik a releváns évi korláthoz. A sugárforrások rendszeres használata mellett, γ -sugárzó radionuklidokkal dolgozók számára, a részvétel feltétele még az, hogy az egyidejűleg használt γ -sugárforrások összaktivitása a 185 MBq-t meghaladja.

Az említett feltételek a nemzetközileg ajánlott szelekciós elveknél jóval több személy ellenőrzését teszik lehetővé.

Az országos személyi dozimetriai ellenőrzés nem terjed ki végtag /pl. kéz, alkar, láb/ sugárterhelésének mérésére. Az ide vágó nemzetközi ajánlás² is kitér arra, hogy a γ -forrástól származó kézdózisnak mintegy 1/10 részét - mint egésztestterhelést - a mellkason viselt dózismérő jelzi. Ha a kézdózis eléri a rá vonatkozó 500 mSv évi dózisegyenérték-korlátot, akkor a mellkasi dózismérő jelzése az egésztestre vonatkozó 50 mSv évi effektív dózisegyenérték-korlátnak felel meg, amelyet a körülményeknek megfelelő adminisztratív intézkedés követ.

VONATKOZTATÁSI SZINTEK

A vonatkoztatási szintek a sugárvédelmi feltételek fennállásának és a dóziskorlátozási alapelvek érvényesülésének gyakorlati ellenőrzésére szolgálnak.

A filmdózismérő /1,2 MeV-re vonatkozó/ 0,1 mGy detektálási küszöbértékét figyelembe véve, a személyi dozimetriai ellenőrzésben a következő vonatkoztatási szinteket alkalmazzuk, amelyek az ellenőrzési időszakra érvényesek:

feljegyzési szint = 0,4 mGy, amely alatti értékeket az évi dózis megállapításakor 0-nak kell tekinteni;

kivizsgálási szint = 15 mGy, amelynél a dozimetriai szolgálat a dózis előfordulása okának felderítésére hatósági helyszíni vizsgálatot kezdeményez;

beavatkozási szint = 50 mGy, amely azonos az évi effektív dózisegyenérték-korlát értékével /a minőségi tényező értékét 1-nek véve/, és felhívja az illetékesek figyelmét a dózist kiváltó helyzettel kapcsolatos döntés mérlegelésére.

A DOZIMETRIAI EREDMÉNYEK ELŐÁLLÍTÁSA

A személyi dozimetriai szolgálat a foglalkozási sugárterhelés hatósági ellenőrzésére filmdózismérőt használ, amelynek kiértékelési módszerét az

utóbbi 5 évben több vonatkozásban is tovább korszerűsítette⁶. A jelenleg használt rendszer munka- és baleseti szintű röntgen-, illetve γ -dózis mérésén túl, képes nagy energiájú foton-, β - és termikus neutronsugárzás detektálására, anélkül, hogy ezek jelenléte a γ -dózis meghatározásának bizonytalanságát számottevően növelné.

Film dozimetriai rendszerünk részt vett több, hazai és nemzetközi összemérésben, amelynek során lehetőség nyílt más, többek között termolumineszcens dózismérőkkel való összehasonlításra⁷. Néhány rendszer egymáshoz viszonyított pontosságát /jelzések hányadosa/, és a rendszerek egymásra vonatkozó korrelációját / r_s együttható/ az 1. táblázat tartalmazza.

A 0,12 - 50 mGy intervallumban, 54, illetve 102 mérési adatból számított középértékek és korrelációs együtthatók összetevéséből kitűnik, hogy

a/ a vizsgált film- és TLD-rendszerek a gyakorlati sugárvédelmi mérés szempontjából azonos értékűek, hiszen a legnagyobb eltérés /1 eset/ is 15%-on belül esik;

b/ a vizsgált TLD-rendszerek közötti eltérés sem kisebb, mint amit a film - TLD között találtunk.

1. táblázat

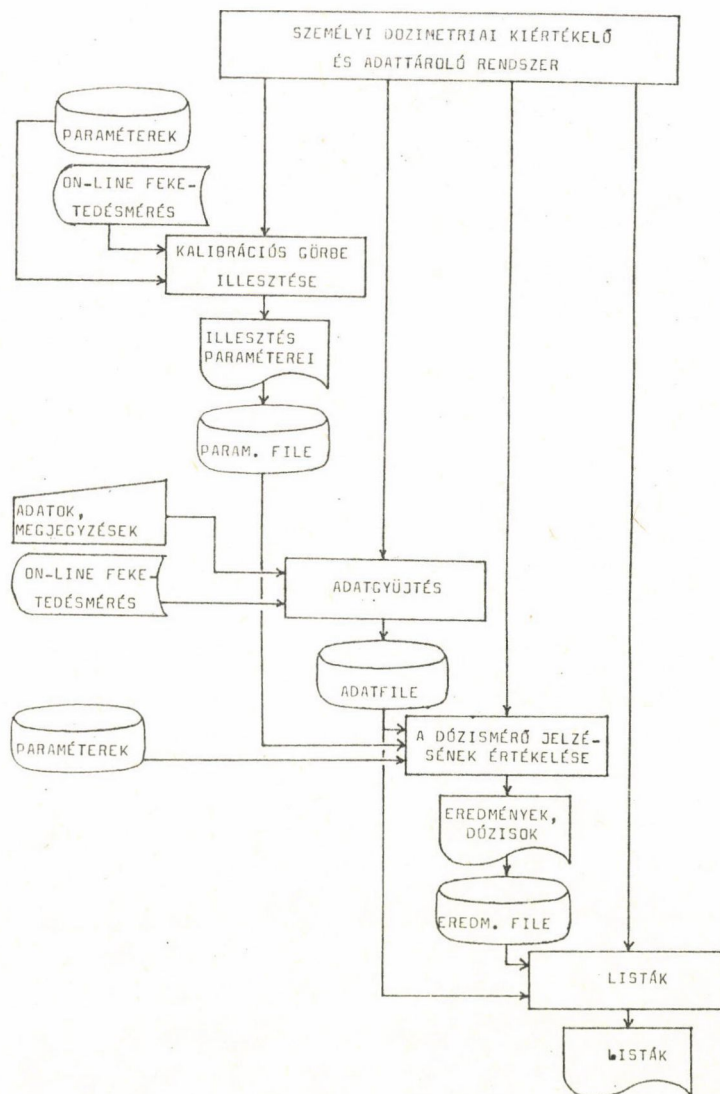
Film és termolumineszcens személyi dózismérők összehasonlítása a jelzésekből képezett hányadosok középértéke \bar{X} , az elemek szórása /S.D./ és a rendszerek rangkorrelációs együtthatója / r_s / alapján

Dózismérő rendszer	$\bar{X} \pm S.D.$	r_s
Film - TLD I.	1,003 \pm 0,084	0,9761
Film - TLD II.	0,915 \pm 0,136	0,9725
Film - TLD III.	0,867 \pm 0,210	0,9780
Film - TLD IV.	0,984 \pm 0,162	0,9408
TLD I. - TLD II.	0,914 \pm 0,129	0,9762
TLD I. - TLD III.	0,869 \pm 0,226	0,9704
TLD II. - TLD III.	0,972 \pm 0,350	0,9698

A más személyi dozimetriai rendszerekhez viszonyított megbízhatóság mellett jogos a kérdés: milyen megbízhatósággal működik a saját módszerünk a Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság által ajánlott bizonytalansági határokhoz képest. Az ajánlás /2/ szerint, ha az évi dózis a releváns évi korlát közelébe esik, akkor a mért évi dózis bizonytalansága, 95%-os megbízhatósági szinten, ne haladja meg az 1,5 tényezőt, ahol pedig az évi dózis 10 mGy-nél kisebb, a 2-es bizonytalansági tényező elfogadható. Itt nem részletezett, mintegy 3300 mérési adaton végzett számításaink alapján^{8,9}, az első esetben a dózist kapott személyek évi dózisének 2%-a, a másodikban 0,14%-a eshet az ajánlott határon kívül. Ez a dozimetriai ellenőrzés gyakorlatából vett adatok alapján

azt jelenti, hogy /extrém geometriától eltekintve/ kb. 50 személyből legfeljebb 1, 2000-ből legfeljebb 3 személy évi dózisát az ajánlottnál nagyobb bizonytalansággal állapíthatjuk meg.

Automatikus előhívást és kidolgozást követően a film kiértékelését, azaz a dózis kiszámítását és a besugárzás körülményeire vonatkozó adatgyűjtést a feketedésmérő által vezérelt mikroszámítógép-rendszer végzi, amelynek a programjai egyidejűleg az adat tárolásáról és adott szempontok szerinti havi feldolgozásáról is gondoskodnak. A rendszer működésének elvét az 1. ábra illusztrálja.



1. ábra

Az országos személyi dozimetriai ellenőrzés kiértékelő és adattároló rendszere

A dozimetriai adatok - a besugárzás "képét" rögzítő film és az eredmények - megőrzésének időtartama 30 év. Az eredményeket számítógépes feldolgozásra alkalmas mágnesszalagon tároljuk.

A FOGLALKOZÁSI SUGÁRTERHELÉS ÉRTÉKELÉSÉNEK SZEMPONTJAI

A személyzet /külső és belső/ sugárterhelésének nagyságában általában a következő tényezők játszanak szerepet:

- a technikai sugárvédelem fejlettségi foka,
- a radionuklidok felhasználásával végzett vizsgálat típusa¹⁰,
- metodikai tényezők,
- az egyén munkavégzési készsége,
- az adott munkafolyamatban való jártasság,
- a betegforgalom,
- az egyén "sugaras" munkával eltöltött ideje.

Az adott foglalkozási területen uralkodó sugárvédelmi helyzetet olyan fogalmak alapján lehet megítélni, amelyek tükrözik a sztochasztikus hatások /a halálos kimenetelű rosszindulatú daganatok és örökletes károsodás előfordulása/ átlagos vagy ennél nagyobb egyéni kockázatát és az adott foglalkozási területen dolgozók teljes egészségkárosodásra gyakorolt befolyását. Ezek a fogalmak a következők:

a/ az egyénre vonatkoztatott évi dózis/egyenérték/ középértéke \bar{D} , amellyel arányos az adott foglalkozási csoportból véletlenszerűen választott személy sztochasztikus hatásokra vonatkozó kockázata R ;

$$R = r\bar{D} ,$$

ahol r - a kockázati tényező $/1,65 \cdot 10^{-2} \text{Sv}^{-1}/$.

b/ A forrásorientált évi kollektív dózis, amely az adott foglalkozási csoport teljes állományának az adott tevékenységből eredő teljes "besugárzását" jelzi. Az adott forrásból származó kollektív dózis alkalmas arra, hogy a különböző területeken dolgozó csoportokban feltételezett relatív teljes egészségkárosodást becsüljük, és ebben az értelemben különböző tevékenységeket hasonlíthassunk össze. Az évi kollektív dózis meghatározása:

$$S = \sum_{i=1}^N D_i ,$$

ahol S - az évi kollektív dózis; N - a személyek teljes száma; D_i - az i -edik személy évi dózisa.

c/ Az alábbi hányados Q a vizsgált foglalkozás területén belüli, olyan alcsoportra vonatkozik⁴, amelyben az egyének kockázata az átlagosnál nagyobb:

$$Q = \frac{S/>>15/}{S} ,$$

ahol $S/>>15/$ az évi 15 mGy-t meghaladó egyéni dózisokból számított évi kollektív dózisfrakció, S a teljes évi kollektív dózis.

A Q hányados értéke alapján különböző foglalkozási területek munkahelyi sugárvédelmi feltételei összehasonlíthatók, és a feltételek minősége is megítélhető /lásd d/ pont/.

d/ Az évi dózis valószínűségi eloszlásának vizsgálata a nemzetközi ajánlások szerint^{1,4}. Az olyan feltételek mellett ugyanis, ahol az ajánlások dóziskorlátozási alapelvei /beleértve az évi 50 mSv effektív dózisegyenérték-korlátot is/ érvényesülnek, az évi dózisegyenértékek eloszlása nagy foglalkozási csoportoknál log-normális, amelynek várható értéke kb. 5 mSv, és nagyon kevés személy évi dózisegyenértéke közelíti meg az évi korlátot.

Az évi dózis középértéke és a Q érték együttesen módot nyújt a munkahelyi sugárvédelmi feltételek minősítésére⁴. Ahol a feltételek olyanok, hogy \bar{D} az 1 - 10 mGy közé, Q pedig a 0,05 - 0,5 tartományba esik, ott a viszonyok normálisnak tekinthetők, és a rendszeres személyi dozimetriai ellenőrzés nem szükségszerűen kötelező. A magunk részéről ezt a feltételt nem tartjuk elég szigorúnak.

A foglalkozási sugárterhelést, illetve a dóziskorlátozási alapelvek gyakorlati végrehajtását az ellenőrzött személyek dozimetriai adatai alapján, a felsorolt szempontok szerint, időről időre értékeljük.

A FOGLALKOZÁSI SUGÁRTERHELÉS ELLENŐRZÉSÉRE VONATKOZÓ SZABÁLYOZÁS KORSZERŰSÍTÉSE

A személyi dozimetriai ellenőrzést szabályozó, 4/1965./XII.7/ Eü.M. rendeletnek az új sugárvédelmi alapelvekkel összhangban lévő korszerűsítését az idézett Eü.M. Vhr. tartalmazza⁵. A jelenlegi rendszer módosítása - egyéb rendelkezések mellett - érinti a kötelező rendszeres személyi dozimetriai ellenőrzés feltételeit és az ellenőrzési időszak évi gyakoriságát is.

A kötelező rendszeres dozimetriai ellenőrzés előírásának alapja a sugárveszélyes munkahelyeken alkalmazott személyek munkafeltételeinek osztályozása, illetve megítélése. Így az azokon a munkahelyeken foglalkoztatott személyeket, ahol a munkakörülmények olyanok, hogy az évi dózis meghaladhatja a releváns évi korlát 1/10 részét, rendszeres személyi dozimetriai ellenőrzés alá kell vonni. Eszerint az ellenőrzés lényegesen szigorubb, mint amelyet a nemzetközi szervezetek ajánlanak¹⁻³. A feltétel meghatározása az 5 MGy-t meghaladó személyi évi dózis lehetőségét tartalmazza, amelynek mérlegeléséhez fontos támpontot nyújt a munkahelyeken használt sugárforrások jellege, aktivitása, továbbá az évi dózisek eloszlásának elemzése. Az egyes munkaterületek értékeléséhez az MR hányadosok vizsgálata is lehetőséget nyújt. Az évi dóziskorlát 1/10 részéhez kötött feltétel a hazai tapasztalat és a foglalkozási sugárterhelés hosszú időn át gyűjtött adatainak elemzése alapján indokolt¹¹.

Nem eshet ki tehát a rendszeres dozimetriai ellenőrzésből az a foglalkozási csoport, amely tagjainak esélye van arra, hogy a hazai és nemzetközi tapasztalat és ajánlások értelmében nagy csoportokra érvényes évi középérték körüli dózist megkaphatja.

Az átlagos egyéni kockázat szempontjából nézve tehát az említett feltétel biztonságos.

A mérési időtartamot, illetve évi gyakoriságot illetően az új szabályozás 1-3 havi periódust ír elő, amelyet az egyes foglalkozási ágakra nézve - az említett paraméterek vizsgálatán felül - az 5 - 10 éven át kapott adatok további elemzése határoz meg.

A munkahelyi feltételek megítélésében az egyes munkahelyi jelentések is szerepet játszhatnak.

Azokon a munkahelyeken, amelyek dolgozói a rendszeres személyi dozimetriai ellenőrzésben nem vesznek részt, a rendszeres és az előírásoknak megfelelő sugárvédelmi ellenőrzést a munkahely és a hatósági ellenőrző hálózat illetékes szerve végzi.

A RADIOAKTIV DIAGNOSZTIKUMOKAT FELHASZNÁLÓ SZEMÉLYZET SUGÁRTERHELÉSE

A következő áttekintés lehetőséget nyújt arra, hogy a megjelölt terület helyét néhány egészségügyi foglalkozási ág között megjelöljük. Ehhez a lehetséges paraméterek közül csak a legfontosabbakat használjuk itt fel, a teljes elemzésre való törekvés nélkül.

A radionuklidokat egészségügyi célra alkalmazó személyzet, tevékenységét tekintve, a következő főbb területek szerint osztályozható: diagnosztika, közelbesugárzásos /brachy-/ terápia^{1,2}, teleterápia és kutatás. Az alábbi összefoglalásban a teleterápiában érintett személyzet sugárterhelésének kérdései nem kaptak helyet, mivel, ellentétben a másik három területtel, a személyzet a sugárforrással nem kerül közvetlen kapcsolatba.

Az általános röntgendiagnosztika /kórház-rendelőintézeti, klinikai röntgenosztályok/ személyzetének néhány adata módot ad egy olyan területtel való összehasonlításra, amely a radioaktív izotópdiagnosztikától eltér ugyan, de az egészségügyi sugárveszélyes munkakörökön belül a legnagyobb létszámú csoportot foglalkoztatja.

A 2. táblázat adatai alapján néhány tevékenység sugárvédelmi feltételei hasonlíthatók össze, a kivizsgálási szintet és az évi dóziskorlátot meghaladó személyi dózis 5 év /1979-1983/ alatti előfordulása szempontjából. Az adatokból arra lehet következtetni, hogy az e három területen lévő általános sugárvédelmi viszonyok a dóziskorlátozási alapelveknek az évi dózis korlátozására vonatkozó feltételeit biztosítják.

2. táblázat

A kivizsgálási szintet és az évi dóziskorlátot meghaladó egyéni dózisok előfordulásának száma a radionuklidokat felhasználó egészségügyi személyzet körében

Tevékenység	D \geq 15 mGy					Évi dózis >50 mGy eset
	ellenőrzési időszak eset					
	1979	1980	1981	1982	1983	1979 - 1983
Radioaktív diagnosztikumok alkalmazása	1	0	0	0	0	0
Radionuklidok kutatási célú alkalmazása	0	0	0	0	0	0
Brachyterápia	0	0	1	0	0	0

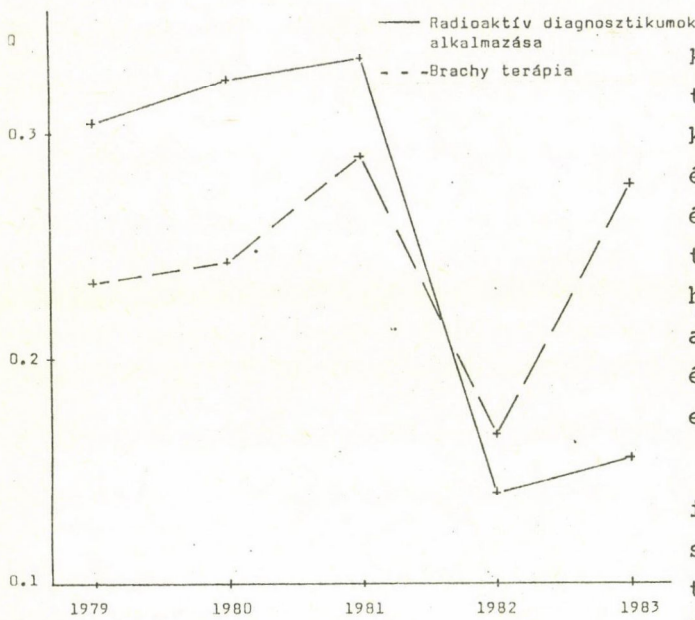
Az átlagos egyéni sugárterhelést, illetve kockázati szintet, továbbá a sugárveszélyes munka gyakorlati tényezőinek hatását tükrözik a 3. táblázatban megadott eredmények. Az évi dózis középértéke mind a három területen tartósan és lényegesen kisebb, mint a nemzetközileg elfogadott évi 5 mSv. A radioaktív izotópdiagnosztikában a nagyságrendi eltérés az 1983. évi növekedés ellenére is megmaradt. A radioaktív diagnosztikumok - valószínűleg - nagyobb mértékű alkalmazása magával hozta a vizsgált öt éves időszakban az ebből a forrásból származó évi kollektív dózis enyhe növekedését.

3. táblázat

Az átlagos egyéni sugárterhelésre, illetve a munkakörülményekre jellemző paraméterek értéke a radionuklidok egészségügyi alkalmazása területein, öt éves megfigyelési idő alatt

Tevékenység	Az évi dózis középértéke, \bar{D} mGy					Évi kollektív dózis, S személy mGy				
	1979	1980	1981	1982	1983	1979	1980	1981	1982	1983
Radioaktív diagnosztikumok alkalmazása	0,14	0,22	0,22	0,24	0,40	62	119	120	138	247
Radionuklidok kutatási célú alkalmazása	0,09	0,11	0,03	0,02	0,02	21	37	11	5	6
Közelbesugárzásos /brachy-/ terápia	3,45	2,95	1,96	1,61	1,78	724	737	524	456	491

Ami a közelbesugárzásos terápiával járó sugárterhelést illeti, nincs adatunk arról, hogy a brachyterápiában részesült betegek száma 1979 és 1983 között lényegesen csökkent volna. Így feltételezhető, hogy a kezelés általában jobb sugárvédelmi feltételek mellett, vagy korszerűbb módszerekkel folyik /after-loading/.



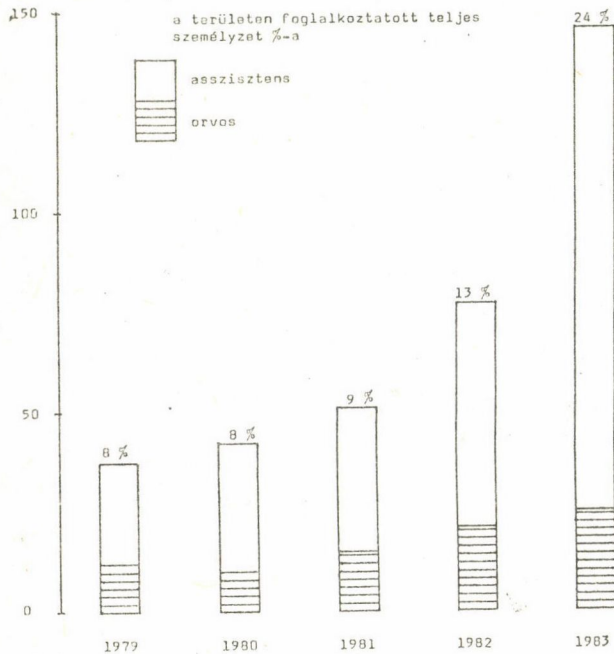
2. ábra

Az átlagosnál nagyobb kockázatu alcsoporthoz tartozó évi kollektív dózishányados /Q/ időbeli változása

A 2. ábra a vizsgált foglalkozási területek teljes személyzetén belül az átlagosnál nagyobb kockázatu alcsoporthoz tartozó évi kollektív dózishányados /Q/ értékének időbeli változását mutatja. Az adatok amellet szólnak, hogy a radioaktív diagnosztikumok alkalmazása terén az utóbbi két évben kedvező irányzat kezdődött el a korábbi évekhez képest.

A 3. és 4. ábra a radioaktív izotópdiagnosztikában érintett személyzet körülményeinek részletesebb értékelését tartalmazza. A 3. ábra hisztogramjai a feljegyzési szint feletti évi dózist kapott személyek évenkénti számát és százalékos megoszlását mutatják a területen ellenőrzött teljes személyzethez viszonyítva. Ezen kívül leolvasható a tárgyévben dózist

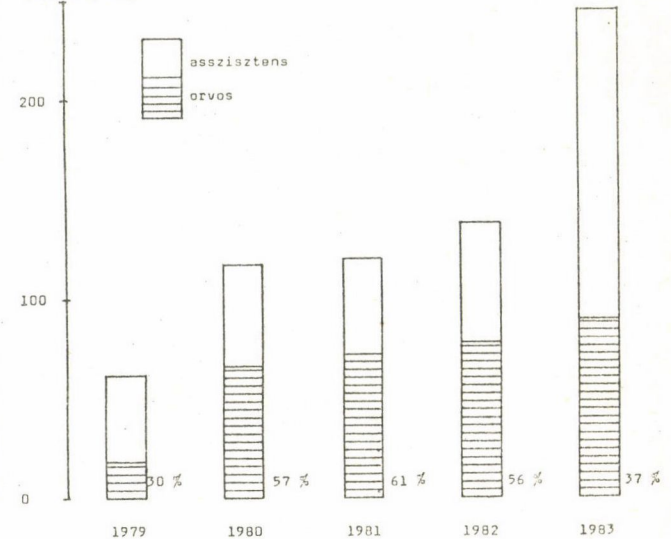
Dózist kapott személyek száma /fő/



3. ábra

Radioaktív diagnosztikumok alkalmazása során, a feljegyzési szintet meghaladó évi dózist kapott személyek száma, továbbá orvosok és asszisztensek szerinti megoszlása

Évi kollektív dózis /személy mGy/



4. ábra

Radioaktív diagnosztikumok alkalmazásából származó évi kollektív dózis változása, továbbá az orvosi és asszisztensi tevékenység részvételi aránya

kapott személyek összetétele is, orvosra és asszisztensre bontva. A vizsgált 5 év folyamán a 0,4 mGy-t meghaladó évi sugárterhelést kapott csoport nagysága növekvő irányzatu, de a csoporton belül az orvosok és asszisztensek aránya közelítőleg állandó /1:3/ maradt.

A 4. ábrán az évi kollektív dózis változása, továbbá az orvosok és asszisztensek részesedési hányada követhető. A 3. és 4. ábra adatainak összevetése arra enged következtetni, hogy az évi kollektív dózist mintegy 50%-a az orvosok számánál kb. 3-szor nagyobb létszámú asszisztenscsoport tevékenységéből ered. Ez azt is jelenti, hogy az év folyamán dózist kapott orvosok átlagos évi egészségtétdózisa az asszisztensek dózisánál nagyobb.

A 4. táblázat adatai alkalmat adnak arra, hogy néhány tevékenységnek a hazai egészségügyi területen belüli helyzetét az évi kollektív dózis nagysága alapján megjelöljük. Figyelmet érdemel az a körülmény, hogy a sugárforrások teljes egészségügyi alkalmazásából a személyzetre vonatkozó évi kollektív dózist több mint 30%-át még a közelmúltban is az általános /kórház-rendelőintézet, klinikai/ röntgendiagnosztika adja. A radioaktív izotópdiagnosztika egy nagyságrenddel kisebb súlytényezője is a megfelelő feltételek fennállása mellett szól.

4. táblázat

Néhány egészségügyi tevékenységből származó évi kollektív dózis részesedési hányada /w/ a teljes egészségügyi területre vonatkozó évi kollektív dózistól

Tevékenység	Súlytényező w	
	1979	1980
Radioaktív diagnosztikumok alkalmazása	0,022	0,036
Radionuklidok kutatási célu alkalmazása	0,007	0,011
Közelbesugárzásos /brachy-/ terápia	0,243	0,221
Általános orvosi röntgen- diagnosztika*/	0,334	0,306

*1979-ben a SOTE Radiológiai Klinikát kivéve

Az 5. táblázat adatai alapján a radionuklidok hazai orvosi alkalmazása során kapott sugárterhelés néhány hasonló nemzetközi eredménnyel is összevethető, amelyből kitűnik, hogy a Magyarországon tapasztalt évi dózis középértéke a különböző helyekről közölt értékeknél általában kisebb.

5. táblázat

Radionuklidok diagnosztikai vagy terápiás célú alkalmazása során kapott évi dózis középértéke különféle országokban

Tevékenység	Évi dózis középértéke mGy	Forrás
Nukleáris orvostudomány	1,60	Franciaország 1975 ¹³
	0,5 - 1,7	" 1976-79 ⁴
	3,7 - 4,9	USA, 1968-73 ¹³
	0,8	Ausztrália ¹³
Orvosi izotóplaboratórium	0,2	Dánia, 1974 ¹³
Radioaktív diagnosztikumok alkalmazása	0,14 - 0,4	Magyarország 1979-83
Brachyterápia	0,1 - 1,2	USA 4 kórház, nők 1973-76 ¹²
Brachyterápia	1,61 - 3,45	Magyarország 1979-83

ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Jelen munkában két kérdéskörrel kapcsolatosan, a hazai helyzetre jellemző eredményeket foglaltuk össze.

Megállapíthatjuk, hogy rendelkezünk a sugárterhelésre, illetve a dóziskorlátozási alapelvek érvényesülésére vonatkozó következtetések levonására alkalmas személyi dozimetriai adatokkal.

Az országos személyi dozimetriai szolgálat az ellenőrzése alá vont területeken kapott sugárterhelés, illetve a sugárvédelmi helyzet értékelésében a nemzetközi szervezetek által ajánlott szempontokat is érvényesíti.

Megvizsgáltuk a radionuklidok diagnosztikai, brachyterápiás és egészségügyi kutatási alkalmazása során kapott sugárterhelés irányzatát. Az ötéves megfigyelési időszak eredményei alkalmasnak adnak az alábbi következtetések levonására:

az a tény, hogy 5 év alatt nem fordult elő az évi korlátnál nagyobb évi dózis, és a középérték a már idézett 5 mSv alatt volt, arra mutat, hogy a vizsgált területeken lévő munkafeltételek - a korszerű sugárvédelmi alapelvek szerint - legalább olyan biztonságosak, mint más, biztonságosnak ítélt, nem sugárveszélyes munkahelyen lévő körülmények.

Az 1983. évi adatokból kiindulva, a radioaktív diagnosztikumok alkalmazása révén kapott foglalkozási sugárterhelés esetleges növekedését kívánatos

lenne - munkaszervezési vagy sugárvédelmi intézkedéssel - meggátolni, illetve csökkenteni "olyan alacsonyra, amely ésszerűen elfogadható"¹.

IRODALOM

1. International Commission on Radiological Protection, Publ. 26, Annals of the ICRP 1 /1977/ 3
2. International Commission on Radiological Protection, Publ. 35, Annals of the ICRP 9 /1982/ 4
3. International Atomic Energy Basic Safety Standards, Safety Series 9 /1982/; NAÜ Biztonsági Sorozat, A sugárvédelem alapvető biztonsági szabályai 9 /1984/
4. U.N. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Report to the General Assembly, 1982
5. Székely Márta /a kézirat még nem érkezett be/
6. Bojtor I., OKKFT Kutatási Jelentés, 8.1.1., PK-046 /1981/
7. Bojtor I., OKKFT Kutatási Jelentés, 8.1.2., PK-81 /1982/
8. Thék Gy., Léndárt A., Péter M., Bojtor I., ELFT Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam, Balatonkenese /1983/
9. Thék Gy., Bojtor I., ELFT Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam, Balatonkenese /1984/
10. Sztanyik B.L., számunk 253. oldalán
11. Sztanyik B.L., Bojtor I., The Dose Limitation System in the Nuclear Fuel Cycle and in Radiation Protection, IAEA, Vienna /1982/ 605
12. P.D. Cobb, K.R. Kase, B.E. Bjaerngard, Health Physics 34 /1978/ 661
13. U.N. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Report to the General Assembly, 1977

SYMOLYT

VIVŐ AMFOLIT

MIND ANALITIKAI, MIND PREPARATÍV IZOELEKTROMOS FÓKUSZÁLÁSHOZ ALKALMAS VIVŐ AMFOLIT, AZ ÖSSZES TÍPUSÚ FEHÉRJÉK ELVÁLASZTÁSÁRA, AMELYEK pI ÉRTÉKE LEGALÁBB 0,005 pH EGYSÉGGEL TÉR EL EGYMÁSTÓL.

$pH = 3,5-9,5$ TARTOMÁNYBAN BIZTOSÍTJA A pH -GRADIENS KIALAKÍTÁST, PUFFERKAPACITÁSA ÉS ELEKTROMOS VEZETŐKÉPESSÉGE MEGFELELŐ.

25 cm^3 , NITROGÉNATMOSZFÉRÁBAN TARTOTT, 40%-OS VIZES OLDAT FORMÁJÁBAN, PENICILLINZÁRAS SÖTÉT ÜVEGBEN KAPHATÓ.

TÁROLÁSA: 4°C-ON.

IRÁNYÁRA: 2500 Ft/25 cm^3

ELŐÁLLÍTJA AZ MTA IZOTÓPINTÉZETE.

FORGALMAZZA



1121 BUDAPEST, Konkoly Thege Miklós út 29/33.

☒ 1525 BUDAPEST, Pf.: 77

Telefon: 695 076

Telex: 22 5360

A NUKLEÁRIS ORVOSI GYAKORLATBAN HASZNÁLT AKTIVITÁSMÉRŐK METROLÓGIAI ELLENŐRZÉSE ^{99m}Tc ÉS ^{57}Co RADIOAKTÍV HITELES ANYAGMINTÁVAL

Szörényi Árpád, Vágvölgyi Jenő

Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest, Pf.19, 1531

BEVEZETÉS

1980-tól az ország különféle egészségügyi intézményei folyamatosan szerzik be a VEB Robotron-Messelektronik "Otto Schön", Dresden 27013 típusu ionizációs kamrás aktivitásmérő készülékét a betegeknek beadandó radioaktív oldatok aktivitásának meghatározására. Jelenleg 30 klinika és kórház használ ilyen mérőkészüléket. Mivel a mérésügyről szóló 8/1976 MT rendelet előírja, hogy Magyarországon minden olyan méréshez, amelyhez joghatás fűződhet, csak hitelesített vagy használati etalonra visszavezetett mérőeszközt lehet használni, az OMH elhatározta az említett készülékek hitelesítését. Az első hitelesítést ^{125}I és ^{131}I radionukliddal 1982-ben végeztük el, melynek eredményéről már részletesen beszámoltunk¹. A jelen előadásban az ^{99m}Tc és ^{57}Co radionukliddal 1984-ben lefolytatott hitelesítés tapasztalatairól számolunk be.

A HITELESÍTÉS MEGSZERVEZÉSE

Az aktivitásmérő készülékek hitelesítéséhez az eddigi hagyományos gyakorlathoz képest új módszert választottunk, melynek a "hitelesítéssel egyenértékű minősítő vizsgálat" /továbbiakban röviden hitelesítés/ elnevezést adtuk. E módszer szerint a szükséges méréseket a tényleges felhasználói gyakorlat és körülmények között a készülék tulajdonosa végzi el, az OMH-től kapott radioaktív hiteles anyagminták és mérési utasítás segítségével. Így nemcsak a készülék megfelelő működése, hanem egyuttal a gyakorlatban való helyes alkalmazása is ellenőrizhető. A módszer további előnye, hogy nem kell a készüléket az OMH-ba és vissza szállítani, így az üzemidő-kiesés minimális, egyuttal a hitelesítés költsége is kisebb.

A korábbi hitelesítés tapasztalataira építve szerveztük meg 1984 tavaszán az aktivitásmérők ^{99m}Tc és ^{57}Co radionukliddal való hitelesítését.

A hosszú felezési idejű ^{57}Co -ot, mivel γ -energiája közel egyező a ^{99m}Tc -ével, ellenőrzésként kívántuk felhasználni, számítva a ^{99m}Tc rövid felezési ideje miatt esetleg felmerülő problémákra.

A HITELESÍTÉSSEL EGYENÉRTÉKŰ MINŐSÍTŐ VIZSGÁLAT

A hitelesítéshez szükséges radioaktív hiteles anyagmintákat /továbbiakban RHA/ az OMH radioaktivitás-mérések osztálya készítette el. Az osztály

egyik alaptevékenysége RHA-k készítése. Ezeket szilárd vagy folyadék etalon formában bocsátjuk a felhasználók rendelkezésére. Az RHA-k aktivitását abszolút módszerrel határozzuk meg, nagy pontossággal. Méréseink megbízhatóságát a világ vezető metrológiai intézményeivel végzett rendszeres összehasonlító mérésekkel ellenőrizzük.

Az aktivitásmérő készülékek vizsgálatához 3 g. tömegű radioaktív oldatot tartalmazó RHA-kat készítettünk, melyeket 5 ml-es leforrasztható üvegampullákba töltöttünk.

Az oldatok kémiai összetétele:

- $\text{Na}^{99}\text{Tc}^{\text{m}}\text{O}_4$ 0,9% NaCl oldatban,
- $^{57}\text{CoCl}_2$ 25 μg Co/g 0,1 mol/l HCl oldatban.

Az oldatok radioaktív koncentrációját abszolút módszerrel /mérési összbizonytalanság ^{57}Co -nál $\pm 0,7\%$, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -nél $\pm 3\%$ /, az egyes ampullák aktivitását relatív módszerrel is meghatároztuk.

Felzési időként a következő adatokat használtuk:

- ^{57}Co : /271,77 \pm 0,10/ d,
- $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$: /6,007 \pm 0,012/ h.

Ellenőriztük továbbá, hogy az RHA-k nem tartalmaznak-e olyan mennyiségű radioaktív szennyező komponenst, amely befolyásolhatja a mérési eredményt.

A RHA-kat a készüléktulajdonosokhoz egy-egy darab, egy gyártási sorozatból való, 2 ml-es műanyagfecskendővel, a mérési utasítással, valamint a kitöltendő mérési adatlapokkal együtt juttattuk el. A mérési utasításban felhívtuk a felhasználó figyelmét, hogy készülékét a műszerkönyv utasításai szerint használja. A hitelesítés során a következő méréseket kellett elvégezni mindkét radionukliddal:

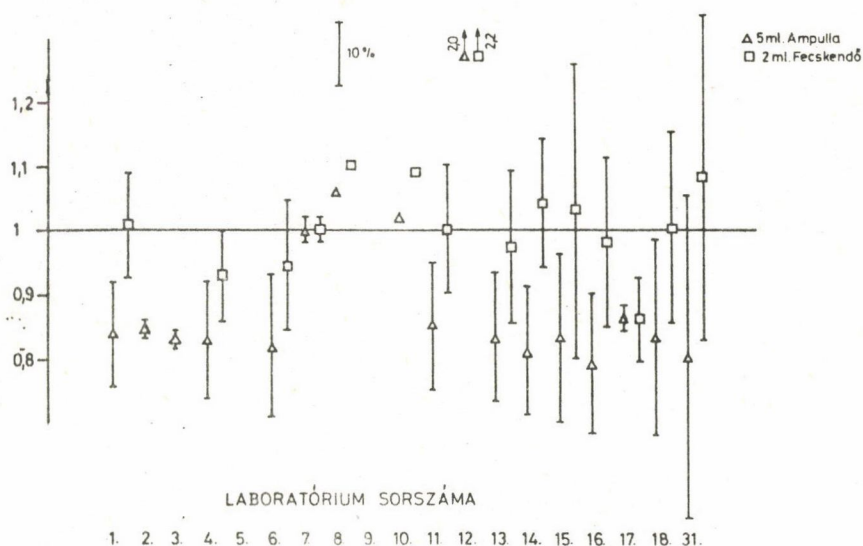
- a készülék kalibrálása a saját ^{137}Cs kalibráló sugárforrásának segítségével;
- háttérmérés;
- az 5 ml-es ampullában lévő oldat aktivitásának meghatározása és a mérési összbizonytalanság becslése;
- az ampulla felbontása és 1-1,5 ml térfogat átszivása a 2 ml-es műanyag fecskendőbe;
- a fecskendőben lévő oldat aktivitásának meghatározása és a mérési összbizonytalanság becslése.

A fecskendőben lévő oldat aktivitásának mérésekor a tényleges rutin feladatnak megfelelő mérést kellett elvégezni, így e mérés eredményéből felvilágosítást kaptunk a készülékek helyes használatáról. A résztvevők a mérés eredményét és a mérési körülményeket a mérési adatlapon közölték az OMH-val.

A mérési adatlap kérdéseit úgy állítottuk össze, hogy mind a műszer működésének helyessége, mind pedig a mérést végző személy tevékenysége nyomon követhető legyen, a készülék beállításától a mérési bizonytalanság meghatározásáig.

A HITELESÍTÉS EREDMÉNYE

Az 1984 márciusában $^{99}\text{Tc}^m$ és ^{57}Co radionukliddal végzett hitelesítésben 16 intézmény 17 készüléke vett részt. A mérés eredményei a közös referencia-időpontban - az OMH által abszolút módszerrel meghatározott aktivitás-, illetve radioaktiv koncentrációértékekre vonatkoztatva - az 1. és 2. ábrán láthatók. A résztvevők név helyett csak sorszámmal vannak feltüntetve; az intézmények csak a sajátjukat ismerik.



1. ábra

A közölt aktivitásérték/OMH-érték ^{99m}Tc radionuklídra

Az ábrákból egyértelműen kitűnik, hogy a közölt aktivitásértékek mind az ampulláknál, mind pedig a fecskendőknel - leszámítva egy meghibásodott készüléket és a nem Robotron gyártmányuakat /12., illetve 8. és 10. sorszámuak/ - egymással nagyon jól egyeznek, de az ^{57}Co radionuklid esetében a műanyagfecskendőknel 15%-kal, $^{99}\text{Tc}^m$ radionuklid esetében az 5 ml-es üvegampulláknál 17%-kal szisztematikusan eltérnek az OMH-értéktől. Nyilvánvaló, hogy az eltérést a gyárilag helytelenül megadott kalibrációs faktor okozza.

Külön ki szeretnénk emelni, hogy a 7. sorszámu intézmény készülékét korábban, külön kérésre, az OMH már hitelesítette $^{99}\text{Tc}^m$ radionukliddal. A je-

len ellenőrzésnél az akkor megadott kalibrációs faktort állították be, és az így mért aktivitás névleges értéke megegyezett az OMH-értékkel.



2. ábra

A közölt aktivitásérték/OMH-érték ^{57}Co radionuklidra

A mérési eredmények kiértékelése után a résztvevők a helyes korrekciós faktorokat tartalmazó vizsgálati bizonyítványt kaptak.

KÖVETKEZTETÉS

Az aktivitásmérő készülékek mérésügyi hatósági ellenőrzésének tapasztalatait tanulságosnak és eredményesnek itéljük. A hitelesítés során egyrészt helyesbítettük a készülékek gyári kalibrálásának rendszeres hibáját a ^{57}Co és $^{99}\text{Tc}^m$ radionuklidra is, másrésztől több felhasználónál még az első mérés során, 1982-ben kiderítettük, hogy a készüléket nem megfelelően használják. Ennek eredményeként az 1984-ben végzett hitelesítés során egy esetben sem fordult elő helytelen beállításból vagy használatból adódó hiba.

A tapasztalatok alapján az aktivitásmérő készülékeket a jövőben is rendszeresen hitelesíteni kívánjuk.

IRODALOM

1. Szörényi Á., Vágvölgyi J., *Izotóptechnika* 26./1983/ 1

 R E N D E Z V É N Y

RADIOAKTIV GYÓGYSZEREK ÉS JELZETT VEGYÜLETEK

Nemzetközi Konferencia, Tokió, 1984. október 22-26

Jánoki Győző

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató-intézet, Budapest, P. 101. 1775

/Érkezett 1984. december 18-án/

A Nemzetközi Atomenergia-ügynökség által szervezett konferencia célja az volt, hogy áttekintse az 1973-ban Koppenhágában tartott kongresszus óta a radioaktív gyógyszerek, jelzett vegyületek kutatása és fejlesztése, valamint alkalmazása területén végbement fejlődést. A konferencián 26 országból közel 200 szakember vett részt. Az előadások és a bemutatott poszterek a következő témakörökkel foglalkoztak: orvosi célú izotóptermelés; izotópgenerátor-rendszerek; monoklonális antitestek jelzése és felhasználása; ^{99m}Tc -mal jelzett radioaktív gyógyszerek kémiaiája, új gyógyszerek tervezése; radioaktív gyógyszerek előállítás és ellenőrzése; tracer-előállítás és minőségellenőrzés RIÁ-hoz; a radioaktív gyógyszerek helyzete és távlatai; "in vitro" és egyéb eljárások; bioeloszlási vizsgálatok radioaktív gyógyszerkészítményekkel.

Az egyes témák legjobb szakemberei összefoglaló előadást tartottak. Ezen előadások közül kiemelkedően érdekesek voltak az alábbiak.

Small Cyclotrons and the Production of Positron Emitters. Present and Future címmel A.P. Wolf /USA/, az ismert szakember átfogó előadást tartott az un. kis teljesítményű ciklotronban előállított izotópok felhasználásával végzett kísérleteiről, valamint az előállított vegyületek medicinális alkalmazhatóságáról.

Az ilyen izotópok ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F stb./ kitűnően alkalmazhatók a különféle megbetegedések diagnosztizálására, különösen ott, ahol a detektáláshoz szükséges pozitronemissziós tomográf /PET/ is rendelkezésre áll. Véleménye szerint a 80-as évek végére a ciklotron és PET alkalmazásával kidolgozott eljárások egy része már rutin lesz a fejlett országok gyógyászati ellátásában. Jelenleg 64 ciklotron-PET-központ működik a világon, több van építés alatt, és még több a tervezés fázisában.

Hasonló érdekes volt a R.Boyd /Ausztrália/ által tartott Radionuclide Generator Technology Status and Prospects című előadás is. Áttekintette a gyógyászati szempontból legjelentősebb generátortípusokat, előnyeiket és hátrányaikat. Érdekes volt megfigyelni, hogy a hasadvány ^{99}Mo alkalmazása mellett a reaktorban előállított ^{99}Mo alkalmazása is növekvő tendenciát mutat.

Nagy várakozás előzte meg a monoklonális ellenanyagok klinikai nukleáris medicinában történő alkalmazhatóságát taglaló két előadást, S. Nishi /Japán/ Clinical Application of Monoclonal Antibodies és Y. Arano és mások /Japán/ Bifunctional Chelating Agent for $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ Labelled Monoclonal Antibody című előadását. Megállapítható, hogy a sokat ígérő eredmények ellenére a széleskörű gyógyászati alkalmazás előtt még számos alapkérdés tisztázandó, így pl., hogy hogyan növelhető az ellenanyag specifikussága, hogyan csökkenthető minimálisra a jelzési reakció káros hatása stb.

G. Subramanian /USA/ Routine Clinical Use of Radiopharmaceuticals in Developed Countries címmel tartott összefoglaló előadást. Ismertette, hogy mely radioaktív gyógyszereket alkalmazzák rutinszerűen a fejlett országokban. Érdekességként megemlítette, hogy a máj és epeutak leképezésére, a klinikai célnak megfelelően, 12-féle HIDA-származék van forgalomban. Ez a bőség jellemezte a többi alapvizsgálathoz beszerezhető radioizotópok választékát is.

H.N. Wagner, Jr. /USA/ Radiopharmaceuticals in Nuclear Medicine. Frontiers in Clinical Research című előadásában áttekintette a radioaktív gyógyszerek tudományának fejlődését és további lehetőségeit. Véleménye szerint a ciklotron-PET-központok elterjedése minőségi változást hoz a nukleáris medicinában, és felhívta a figyelmet az un. magneto-radiofarmakonokra, amelyeket az NMR-vizsgálat fog igényelni.

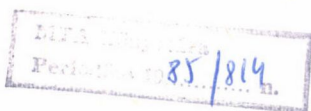
KÖNYVISMERTETÉS

M. Argentini: Labelling with Iodine. A Review of the Literature /1982/. Swiss Federal Institute for Reactor Research Wuerenlingen, Div. IP. 5303, Switzerland

Az orvosi izotópdiagnosztika, valamint a biológiai és gyógyszerkutatók egyre nagyobb számban igénylik a jódiotóppal jelölt vegyületeket. Az ilyen jellegű kutató-fejlesztő munkát végzők számára nagy segítséget nyújthat M. Argentini részletes összefoglaló munkája, amely 10 fejezetben, 297 oldalon tárgyalja a jódiotópokkal elvégezhető jelzéseket. Az egyes fejezetek rövid, elméleti bevezetőt tartalmaznak, majd az adott reakció nyújtotta lehetőségeket nagyszámu konkrét szintézis keretében szemlélteti a szerző.

Az első fejezetben az egyes jódozó ágenseket tárgyalja, a második fejezetben az alifás nukleofil szubsztitúció tudnivalóit. Rövid elméleti bevezetést követően az S_{N} és S_{N}^2 reakciókat, az oldószer és katalizátor befolyásoló hatását, a szerkezet és reaktivitás összefüggését ismerteti, majd igen nagy teret szentel a Finkelstein-reakciót alkalmazó szintéziseknek.

A harmadik fejezet a kettős kötésre történő elektrofil addíciót tekinti át, míg a negyedik az aromás elektrofil szubsztitúciót tárgyalja.



Argentini ezután az aromás nukleofil szubsztitúció alkalmazását ismerteti. A hatodik fejezetben röviden kitér a gyökös reakciók segítségével végrehajtható jelzésekre, a hetedikben pedig az olvadékban lejátszatható szintézisekre. A következő fejezetben külön kiemeli, fontosságuknak megfelelően, a proteinek és peptidek jelzési lehetőségeit, ezen belül a humán szérumalbumin, a fibrinogén és Bleomycin példáján összehasonlítja az egyes jelzési módszerek előnyeit és hátrányait.

A kilencedik fejezetben a ^{123}Xe és ^{125}Xe izotópokból kiinduló, ^{123}I és ^{125}I izotópokkal jelzett vegyületek előállításai lehetőségeivel ismerkedhetünk meg.

A munka utolsó részében Argentini néhány, többlépéses reakció segítségével előállítható vegyület szintézisét ismerteti részletesen. A könyv 480 tételes irodalomjegyzékkel zárul.

A "Labelling with Iodine" tömör, nagy szakmai igényességgel megírt, igen részletes összefoglaló munka. Célkitűzésénél fogva elsősorban a jódjelzett vegyületeket szintetizáló radiokémikusok, szerves kémikusok és gyógyszerészek munkáját segítheti, de hasznos kézikönyv lehet azok számára is, akik a kutató munkájuk során szükséges jódjelzett vegyületeket maguk kívánják előállítani.

Jánoki Győző

Országos "Frédéric Joliot-Curie"
Sugárbiológiai és Sugáregészség-
ügyi Kutatóintézet

HIREK

A Magyar Orvostudományi Nukleáris Társaság 1984. december 1-én tartott tisztújító közgyűlése új vezetőséget választott.

Elnök: Csernay László; általános elnökhelyettes: Kocsár László; alelnök: Maschek Tivadar, Veres Árpád, Vittay Pál; főtitkár: Hernády Tibor; főtitkár-helyettes: Molnár Gyula; titkár: Krasznai István; pénztáros: Simkovics Miklós; pénztárellenőr: Földes János; jegyző: Szilvási István.

A külügyi bizottság elnöke Molnár Gyula, az oktatási bizottság elnöke Sass Vilmos, az ifjúságpolitikai felelős Szilvási István, a mérés-technikai munkacsoport vezetője Krasznai István, az "in vitro" munkacsoport vezetője Földes János, az "in vivo" munkacsoport vezetője Varga Győző, a számvizsgáló bizottság elnöke Bános Csaba, tagja R. Halmágyi Margit, Dabasi Gabriella, Jánoki Győző, a háznagy Dabasi Gabriella lett. A radiofarmakológiai munkacsoport vezetőjévé Jánoki Győzöt választották.



A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

IZOTÓPINTÉZETE

1525 Budapest Pf. 77 Telefon: 692-233 Telex: 22-5360 izot h

RIA-KÉSZLETEK

GASZTROENTEROLÓGIAI VIZSGÁLATRA

^{125}I -Inzulin RIA készlet	100 csöves	RK-2
^{125}I -Isotest RIA készlet	25 csöves	RK-1

A PAJZSMIRIGYMŰKÖDÉS VIZSGÁLATÁRA

^{125}I -T3 RIA készlet	50 csöves	RK-11
^{125}I	100 csöves	RK-110
^{125}I -T4 RIA készlet	50 csöves	RK-12
^{125}I -TSH RIA készlet	hamarosan kapható	

TERMÉKENYSÉGVIZSGÁLATRA

^{125}I -tesztoszteron RIA készlet	100 csöves	RK-21
^{125}I -/szérum/ progeszteron RIA készlet	100 csöves	RK-20
^{125}I -prolaktin RIA készlet	125 csöves	RK-JC-34

TERHESSÉGVIZSGÁLATRA

^{125}I -HPL RIA készlet	60 csöves	RK-JC-30
-----------------------------------	-----------	----------

KUTATÁSRA

^3H -PGF $_{2\alpha}$ RIA készlet	100 csöves	HTK-1
^{125}I -PGF $_{2\alpha}$ RIA készlet	100 csöves	RK-15
^{125}I -6-keto-PGF $_{2\alpha}$ RIA készlet	100 csöves	RK-16
^{125}I -tromboxán B $_2$ RIA készlet	100 csöves	RK-17

EGYÉB CÉLRA

^{125}I -ACTH RIA készlet	hamarosan kapható	
^{125}I -Kortizol RIA készlet	hamarosan kapható	
^{125}I -Digoxin RIA készlet	59 csöves	RK-JC-32
^{125}I -Ferritin IRMA készlet	50 csöves	RK-OV-1
^{125}I -HGH RIA készlet	hamarosan kapható	
^{125}I -Myoglobin RIA készlet	60 csöves	RK-JC-33
^{125}I -/tej/ progeszteron RIA készlet	100 csöves	RK-13

FORGALMAZZA



1121 BUDAPEST, Konkoly Thega Miklós út/29/33.
 ✉ 1525 BUDAPEST, Pf.: 77
 Telefon: 695 076
 Telex: 22 5360

309.024 X

AZ IZOTÓPTECHNIKA 1984. ÉVI TARTALOMJEGYZÉKE

1. szám

Heterogén izotópcseré és csereáram-sűrűség fém/elektrolit rendszerben Kónya J.	1
A ¹⁵ N-izotóphigitásos vizsgálatok egy módszertani kérdésről I. Bakonyi G., Nosek J.	23
Egyszerű eljárások hasadási termékek korának meghatározására Solymosi J., Vodicska M., Gaál L., Bäumlér E.	34
Atomerőmű környezetellenőrzése on-line számítógép felhasználásával ... Deme S.	54
Kromátbevonat vizsgálata radioaktív izotópos nyomjelzéssel Drozda T., Maleczki E., Farkas Gy.	65
Tiroxinmérésen alapuló hipotireózis-szűrővizsgálati módszer Havass Z.	75
SUGÁRBIOLÓGIAI ÉS ATOMERŐMŰVI SUGÁREGÉSZSÉGÜGYI KUTATÁSOK Konferencia. Előadáskivonatok	
Bevezetés Köteles Gy.	81
A paksi atomerőmű vízkibocsátást ellenőrző rendszerének kidolgozása . Ormai P., C.Szabó I.	82
A radioaktív légszennyezők emissziójának laboratóriumi ellenőrzési programja a paksi atomerőműnél C.Szabó I., Ormai P.	82
A paksi atomerőmű I. blokkja indítása alatti sugárvédelmi mérések ... Juhász L.	83
Integrális α- és γ-sugárzásmérés lakóépületekben Paripás B., Somogyi Gy., Nikl F., Takács S., Rohács Gy.	83
Immobilizált 8-hidroxi-kinolin felhasználása víz nyomelemtartalmának meghatározására Bokori E.	84
Humán limfocitákon keletkező DNS-száltörés vizsgálata kombinált UVA /közeli ultraibolya sugárzás/ és UVC /távoli ultraibolya sugárzás/ be- sugárzás hatására Almássy Zs., Holmberg, M.	85
Röntgensugárzás okozta sejtfelszíni töltésváltozás morfológiai vizsgálata Somosy Z., Kubászova T., Köteles Gy.J.	86
Röntgensugárzás hatása limfociták magátméretjére in vivo Pikli I-né, Somosy Z.	86
A prosztaciklinképzés dóziszfüggő változása akut ⁶⁰ Co-γ-besugárzás után, patkány artériában Horváth Gy., Benkő Gy.	86
"Össejt" elválasztása csontvelőből, a csontvelő fagyasztása és ol- vasztása utáni életképesség vizsgálata Halasy K., Fehér I., Aczél Á.	87
Extracellulárisan alkalmazott kataláz hatása baktériumspórák sugárérzékenységére Dám A., Gázsó L.	87
Tolerinnel kezelt és ⁶⁰ Co-gamma-besugárzott patkányok nukleozid- uriája Keresztes P., Pallos J., Csató E., Bertók L., Szabó L.	88

Az ultrahang biológiai hatása in vivo	88
Székely Gy., Lendvai I.	
Jódkinetikai vizsgálatok sokcsatornás analizátorral	89
Turai I.	
A vér radiojód-koncentrációjának "in vivo" és "in vitro" meghatározása és dinamikája stabilis jódos kezelés hatására	89
Turai I.	
Humán kazein előállítása, jódjelzése és immunszérum termeltetése radioimmunoassay kidolgozásához	90
Szabó Gy., Offenmüller K., Kőrösi L.	
KÖNYVISMERTETÉS	
Nuclear Medicine - Factors Influencing the Choice and Use of Radionuclides in Diagnosis and Therapy, NCRP Report No 70, Bethesda, 1982 /Bursics L./	91
HIREK	92

2. szám

Az MTA Izotópintézete TECHIDA készítményével végzett klinikai vizsgálatok	93
Pávicz L., Láng J.	
A γ -spektrum automatikus számítógépes kiértékelésére használt "ACTIV" és "SAMPO 80" program egyes tulajdonságainak összehasonlítása	101
Pátzay Gy., Tuméndembérél, B., András L.	
Felkészülés ^{67}Ga , ^{123}I és ^{201}Tl ciklotronizotópot tartalmazó radiógyógyszerek hazai előállítására	110
Környei J.	
Euthyreotikus egyének szérum-tiroxinszintjének meghatározása RK-12 készlettel	117
Krasznai I., Földes J., Paksy A., Varga P., Bodócs J-né	
A hazai gyártmányu ^{125}I -6-keto-prosztatglandin $\text{F}_{1\alpha}$ RIA készlet klinikai vizsgálata	120
Gyertyánfy G., Földes J., Tóth G.	
HIREK	128

3. szám

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓPINTÉZETE - 1959-1984	
25 éves az Izotópintézet	131
Veres Á.	
Izotóptermelés	140
Lengyel T.	
Technéciumtermelés	145
Zsinka L.	
A technécium-99m diagnosztikai felhasználása	156
Törkő J.	
A radiojód-termelési technológia és a radiojódozás új távlatai	160
Miller J.	
In vitro radioaktív gyógyszerek előállítása	164
Tóth G.	
Jelzett szerves vegyületek előállítása	171
Bursics L.	

Radioaktív gyógyszerek minőségének ellenőrzése	174
Szarvas Tibor	
AZ ORSZÁGOS RÖNTGEN- ÉS SUGÁRFIZIKAI INTÉZET VII. IZOTÓPDIAGNOSZTIKAI SZEMINÁRIUMÁN ELHANGZOTT ELŐADÁSOK	
I. Bevezetés	179
Szilvási I.	
II. Radioimmuno-eljárások megbízhatóságának vizsgálata	179
Mohari K.	
III. A pajzsmirigy izotópvizsgálata	180
Földes J.	
IV. EKG-vel kapuzott nukleáris kardiológiai eljárások	185
Csernay L.	
V. A szivizom-perfúzió vizsgálata	188
Csernay L.	
VI. A nukleáris kardiológia hagyományos eljárásai	190
Istvánffy M.	
VII. A kolloid-májszcintigráfia	191
Szilvási I.	
VIII. A koleszcintigráfia	194
Szilvási I.	
IX. A tüdő izotópos vizsgálata	196
Hernády T.	
X. A vese izotópos vizsgálata	199
Hernády T.	
XI. A csont-izületi szcintigráfia	203
Rajtár M.	
KÖNYVISMERTETÉS	
Iodine-129: Evaluation of Releases from Nuclear Power Generation, NCRP Report No. 71, National Council on Radiation Protection and Measurement, Bethesda, 1983 /Golder E/	206
<u>4. szám</u>	
Nagy hepatotrópiájú radiofarmakkal / ^{99m} Tc-p-butyl-IDA/ végzett • koleszcintigráfia	207
Szilvási I., Bohár L., Bor K., Kopcsányi Zs.	
A koleszcintigráfia jelentősége az intrahepatikus térfoglaló folyamatok kórismézésében	214
Szilvási I., Kopcsányi Zs., Pastinszky I., Bodor E-né, Bohár L.	
A k ₀ -standardizálási módszer alkalmazása mezőgazdasági minták reaktorneutron-aktivációs analitikai elemzésénél	220
András L., Kőrösi F., Pátzay Gy.	
A májfunkció altatás hatására bekövetkező változásának izotó- pos vizsgálata kisállatokon	234
Le Qui Cuong, Spett B., Szilvási I., Kiss B., Jakab T	
Kvaterner benzotriazol származékok növényi metabolizmusa	243
Klivényi G., Szarvas T., Márton J.	

IZOTÓPOK DIAGNOSZTIKUS ALKALMAZÁSÁNAK SUGÁREGÉSZSÉGÜGYI KÉRDÉSEI
A KORSZERŰ SUGÁRVÉDELEM TÜKRÉBEN

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoportjának
és a Magyar Orvosi Nukleáris Társaság Méréstechnikai Munkacso-
portjának tudományos ülése, Budapest, 1984. november 10.

Radioaktív izotópok orvosi alkalmazásának etikai kérdései..... 253
Sztanyik B.L.

A foglalkozási sugárterhelés országos ellenőrzésének működési
alapelvei és a radionuklidok egészségügyi alkalmazásával járó
sugárterhelés 262
Bojtor I., Thék Gy., Sztanyik B.L.

A nukleáris orvosi gyakorlatban használt aktivitásmérők metro-
lógiai ellenőrzése ^{99m}Tc és ^{57}Co radioaktív hiteles anyagmintával 275
Szörényi Á., Vágvölgyi J.

RENDEZVÉNY

Radioaktív gyógyszerek és jelzett vegyületek. Nemzetközi Konferencia,
Tokió, 1984. október 22-26 /Jánoki Gy./ 280

KÖNYVISMERTETÉS

M. Argentini: Labelling with Iodine. A Review of the Literature
/1982/ Swiss Federal Institute for Reactor Research Wuerenlingen,
Div. IP. 5303, Switzerland /Jánoki Gy./ 281

HIREK 282

SZERZŐI NÉVMUTATÓ

A	Aczél A.	1	87	L	Láng J.	2	93
	Almássy Zs.	1	85		Le Qui Cuong	4	234
	András L.	2	101		Lendvai I.	1	88
		4	220		Lengyel T.	3	140
B	Bakonyi G.	1	23	M	Maleczki E.	1	65
	Bäumler E.	1	34		Márton J.	4	243
	Benkő Gy.	1	86		Miller J.	3	160
	Bertók L.	1	88		Mohari K.	3	179
	Bodócs J-né	2	117	N	Nikl F.	1	83
	Bodor E-né	4	214		Nosek J.	1	23
	Bohár L.	4	207	O	Offenmüller K.	1	90
	Bojtor I.	4	262		Ormai P.	1	82
	Bokori E.	1	84	P	Paksy A.	2	117
	Bor L.	4	207		Pallos J.	1	88
	Bursics L.	1	91		Paripás B.	1	83
		3	171		Pastinszky I.	4	214
C	C. Szabó I.	1	82		Pátzay Gy.	2	101
Cs	Csató E.	1	88			4	220
	Csernay L.	3	185		Pávics L.	2	93
D	Dám A.	1	87		Pikli I-né	1	86
	Deme S.	1	54	R	Rajtár M.	3	203
	Drozda T.	1	65		Rohács Gy.	1	83
F	Farkas Gy.	1	65	S	Solymosi J.	1	34
	Fehér I.	1	87		Somogyi Gy.	1	83
	Földes J.	2	117		Somosy Z.	1	86
		2	120		Spett B.	4	234
		3	180	Sz	Szabó Gy.	1	90
G	Gaál L.	1	34		Szabó L.	1	88
	Gazsó L.	1	87		Szarvas T.	3	174
	Golder F.	3	206			4	243
Gy	Gyertyánfy G.	2	120		Székely Gy.	1	88
H	Halasy K.	1	87		Szilvási I.	3	179
	Havass Z.	1	75			3	191
	Hernády T.	3	196			3	194
	Holmberg M.	1	85			4	207
	Horváth Gy.	1	86			4	214
I	Istvánffy M.	3	190			4	234
J	Jakab T.	4	234		Szörényi Á.	4	275
	Jánoki Gy.	4	280		Sztanyik B.L.	4	253
		4	281			4	262
	Juhász L.	1	83	T	Takács S.	1	83
K	Keresztes P.	1	88		Thék Gy.	4	262
	Kiss B.	4	234		Tóth G.	2	120
	Klivényi G.	4	243			3	164
	Kónya F.	1	1		Törkő J.	3	156
	Kopcsányi Zs.	4	207		Tuméndénbérél, B.	2	101
		4	214		Turai I.	1	89
	Környei J.	2	110	V	Vágvölgyi J.	4	275
	Kőrösi F.	4	220		Varga P.	2	117
	Kőrösi L.	1	90		Veres Á.	3	131
	Köteles Gy.	1	81		Vodicska M.	1	34
		1	86	Zs	Zsinka L.	3	145
	Krasznai I.	2	117				
	Kubászova T.	1	86				

