309.024

IV.

26
1983

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

26. ÉVFOLYAM 1. SZÁM (1983)

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓPINTÉZETE

IZOTOP BUDAPEST

Felelős szerkesztő: Veres Árpád

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

Telefonszám: 166-689

Felelős kiadó: Veres Árpád
Kiadja az MTA Izotópintézete.

Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének házi sokszorositójában.
Felelős vezető: Nagy Károly

*

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

*

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

Előfizetési dij: egy évre 240 Ft
Egyes szám ára: 60 Ft

Engedélyszám: III/SZI/299/1976

Indexszám: 25.399

Megjelenik évente négyszer.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE!

A kéziratot két példányban, magyar nyelven, magyar, orosz és angol nyelvü cimmel, ábra- és táblázatfelirattal, eredeti közlemény esetén pedig ugyancsak e három nyelven készült, kb. 100-150 szónyi kivonattal kérjük. A kézirat stilusa kerülje a hivataloskodó, tudálékos kifejezéseket, a nyelvet szintelenitő, az olvasmányosságot rontó fordulatokat. Szerzőink figyelmébe ajánljuk a "Hivatalos nyelvünk kézikönyve" cimü kiadványt /Biró Á., Grétsy L., Kemény G., Budapest, 1978/. A helyesirás az akadémiai helyesirás szabályait kövesse, a mértékegységek pedig az SI-t.

A kivonat ne ismételje meg a cimet, és ne tartalmazzon üres kifejezéseket. Ne a célt ismertesse, hanem az eredményt, lehetőleg számokkal kifejezve.

Rajzos ábrát tussal kihuzva vagy igen fekete vonalu gyorsmásolatban, fényképet eredetiben kérünk. A képeket, rajzokat kivánságra visszaküldjük.

A szerkesztőség a stiláris és helyesirási változtatás jogát fenntartja magának. A szerzők korrekturát és 50 különlenyomatot, valamint egy tiszteletpéldányt kapnak.

Hirdetést felveszünk, kongresszusi felhivást, értesitést, hirt szivesen fogadunk.

*

Az Izotóptechnika a hazai izotópalkalmazás szerteágazó területeiről és aktuális elvi, valamint módszertani eredményeiről kiván lehetőleg teljes képet adni a hazai szakembernek. Célja, hogy a stabilis és radioaktiv izotópok orvosi, mezőgazdasági, ipari felhasználásában elért alap- és alkalmazott kutatási eredményekről, a sugártechnika és sugárvédelem időszerü és módszertani kérdéseiről, a radioaktiv hulladék biztonságos kezeléséről és más, hasonló területekről tájékoztasson.

Utibeszámoló, konferenciabeszámoló, összefoglaló tanulmány, könyvismertetés formájában tájékoztat az érdemesnek itélt hazai és külföldi eredményekről. Az izotópalkalmazás további fejlődésének és terjedésének elősegitésére ismertetést, vitacikket, tájékoztatót közöl a hazai szakmai körök életéről, problémáiról, javaslatairól.

IZOTÓPTECHNIKA

26. ÉVFOLYAM 1983 1. SZÁM

T A R T A L O M

A nukleáris orvosi gyakorlatban használt ionizációs kamrás aktivitásmérő készülékek mérésügyi ellenőrzése
Szörényi Á., Vágvölgyi J. 1

Метрологическое испытание калибраторов радиоактивных изотопов на ионизационной камере, применяемых в ядерной медицине

Metrological Supervision of Radionuclide Calibrators with Ionization Chamber Used in Nuclear Medical Practice

MB 9100 szcintillációs kamera modulációs átviteli függvényeinek vizsgálata
Krasznai I., Kapus I. 11

Изучение модуляционных функций передачи сцинтилляционной камеры типа MB 9100

A Study of the Modulation Transfer Functions of the MB 9100 Type Scintillation Chamber

Iontranszport tanulmányozása különféle talajfajtákban sugárabszorpciós módszerrel
Varró T., Gelencsér J. 18

Исследование транспорта ионов в плодородных почвах методом поглощения излучения

A Study of Ion Transport in Soils by Radioabsorption Method

Lakószobai radon- és bomlástermék-expozició meghatározása szilárdtest-nyomdetektorral
Paripás B., Somogyi Gy., Takács S. 26

Определение экспозиции радона и дочерных элементов в жилых помещениях с помощью трековых детекторов

Determination of Radon and Daughter Exposures in Dwellings with Solid State Nuclear Track Detectors

Radonmérés a Hajnóczy-barlangban
Somogyi Gy., Varga Zs., Németh Gy., Pálfalvi J., Gerzson I. 38

Измерения радона в пещере Хайноци

Radon Measurements in the Hajnóczy Cave

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

^{14}C-triptofán szerveloszlása és a központi idegrendszerbe való beépülése sugárvédővel előkezelt és besugárzott patkányban
Bodó K., Benkő Gy. 53

Распределение по органам и включение в центральную нервную систему ^{14}C-триптофана у предварительно обработанных радиопротектором и облученных крыс

Distribution of ^{14}C-Tryptophan and Its Incorporation Into the Central Nervous System of Rats Pretreated with Radioprotector and Exposed to Radiation

Endogén formaldehid meghatározása emberi vérben és vizeletben dimedon-^{14}C radiometrikus eljárással
Szarvas T., Szatlóczky E., Volford J., Trézl L., Tyihák E., Rusznák I. 62

Анализ эндогенного формальдегида в крови и мочевине человека радиометрическим методом с помощью реагента димедона-^{14}C

Analysis of Endogenous Formaldehyde in Human Blood and Urine by Radiometric Method, Using Dimedon-^{14}C Reagent

A VI. Kékestetői Izotópdiagnosztikai Szeminárium 70

6. Семинар по изотопной диагностике на Кэкештетэ

6th Seminar on Isotope Diagnostics on the Kékestető

HIBAIGAZÍTÁS

Folyóiratunk 1978. évi 318. oldalán a /3/ képlet nevezőjének első tagja helyesen a következő:

$$\prod_{1}[1 - k_{\omega}(b,i) \frac{w_c(b,i)}{w_g(b)} \varepsilon_T(i)]$$

IZOTÓPTECHNIKA 26 /1/:1-10 /1983/

A NUKLEÁRIS ORVOSI GYAKORLATBAN HASZNÁLT IONIZÁCIÓS KAMRÁS AKTIVITÁSMÉRŐ KÉSZÜLÉKEK MÉRÉSÜGYI ELLENŐRZÉSE

Szörényi Árpád, Vágvölgyi Jenő
Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest, Pf. 19, 1531

/Érkezett 1982. szeptember 1-én/

BEVEZETÉS

Az elmult két évtizedben hazánkban is széleskörüen elterjedt a különféle radioaktiv izotópok diagnosztikai és terápiás alkalmazása. Ezzel összhangban szükségessé vált, hogy az egészségügyi intézmények izotóplaboratóriumai rendelkezzenek megfelelő pontosságu, egyszerüen kezelhető aktivitásmérő készülékkel /a gyakorlatban elterjedt korábbi elnevezéssel: dózis- vagy radioizotóp-kalibrátorral/, mellyel a vizsgálati vagy gyógyitási céllal a betegnek beadandó radioaktiv oldat aktivitása közvetlenül a beadás előtt meghatározható.

1980-81-ben az ország különféle intézményei husz NDK gyártmányu, 27013 tipusszámu aktivitásmérő készüléket szereztek be, és 1982-ben ujabb 12 készülék üzembehelyezése várható.

Az aktivitásmérő készülék alkalmas különféle radioaktiv oldatok aktivitásának gyors és viszonylag pontos meghatározására. Két fő részből: aknás ionizációs kamrából és kiértékelő-kijelző egységből épül fel. Méréstartománya 0,04 MBq-től 40 GBq-ig terjed. A megadott mérési összbizonytalanság ±5%. A készülékkel mérhető radionuklidokhoz - a gyakorlatban leggyakrabban előforduló mérőedényekre - a mért aktivitásérték térfogatfüggésének korrigálására korrekciós táblázatok tartoznak. A készülékkel 33-féle radionuklid mérhető, melyek közül 11 kalibrációs tényezője nyomógombbal állitható be.

Az országos Mérésügyi Hivatal /továbbiakban OMH/ már 1979-ben elvégezte a készülék tipusvizsgálatát, és megállapitotta, hogy rendeltetésének megfelelően müködik, a megadott müszaki adatokat teljesiti.

Ennek ellenére, amikor a készüléktulajdonosok használatba vették az aktivitásmérő készülékeket, rendellenességeket tapasztaltak, melyek tisztázása végett felkeresték az OMH-t is. Igy pl. a készülékeknek a felhasználókhoz való szállitása során elcserélték a tartozékként küldött kalibráló ^{137}Cs-sugárforrásokat, és előfordult, hogy egy ilyen sugárforráshoz különböző aktivitásértékeket feltüntető bizonylatot küldtek.

Ezért elhatároztuk, hogy a közeljövőben elvégezzük a készülékek hitelesitését is. A mérésügyről szóló 8/1976 MT rendelet ugyanis kimondja, hogy hazánkban minden olyan méréshez, amelyhez joghatás füződhet, csak hitelesitett vagy alapmérőeszközre visszavezetett mérőeszközt lehet használni.

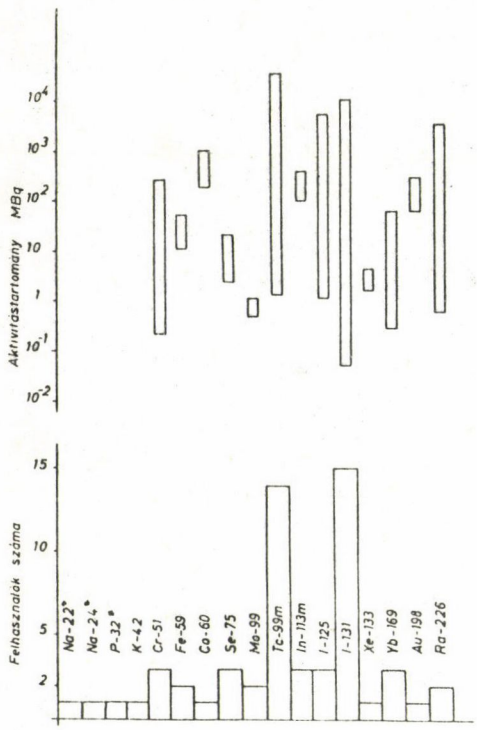
A HITELESÍTÉS MEGSZERVEZÉSE

Az aktivitásmérő készülékek hitelesitése előtt meg kellett tudnunk, hogy milyen radioizotópok mérésére használják leggyakrabban ezeket a készülékeket. Ebből a célból 1981. juniusában minden készüléktulajdonosnak kérdőivet küldtünk, melyben az alábbi főbb kérdésekre kértünk választ:

a/ a készülék alkalmazási helye,
b/ a mérésért felelős személy neve,
c/ a készülék tipusa és gyártási száma,
d/ alkalmazási terület,
e/ a leggyakrabban mért radioaktiv izotópok és a leggyakrabban mért aktivitástartomány,
f/ a leggyakrabban használt mérőedény és az aktiv oldat térfogata,
g/ a készülék használata során szerzett legfontosabb tapasztalatok.

A megkérdezett intézmények közül, egy kivételével, mindegyik válaszolt.

Két klinikáról, mivel ott más tipusu aktivitásmérőket is használnak, kitöltött kérdőivet kaptunk egy Nuclear Chicago és egy Picker gyártmányu készülékről is, amelyeket szintén bevontunk a mérésügyi ellenőrzésbe. A válaszokat kiértékelve megtudtuk, hogy melyek a leggyakrabban mért radioizotópok és aktivitástartományok /1. ábra/, és milyenek a leggyakrabban használt mérőedények /2. ábra/.

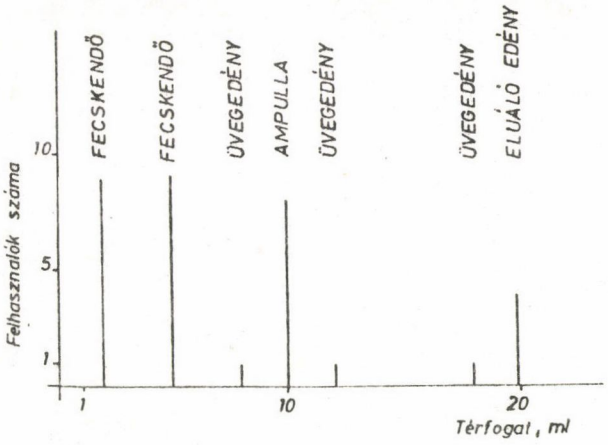


1. ábra

A leggyakrabban mért radioizotópok és aktivitástartományuk. *: az aktivitástartományt nem közölték.

Наиболее часто измеряемые радиоактивные изотопы и их диапазон активности
*: диапазон активности не сообщен

The most frequently measured radionuclides and their activity range. *: activity rang range was not reported.



2. ábra

A leggyakrabban használt mérőedények

Наиболее часто применяемые измерительные посуды

The most commonly used measuring containers

Az 1. ábrából látható, hogy a legtöbb intézmény $^{99}Tc^{m}$ és ^{131}I izotóp aktivitásának mérésére használja a készüléket.

A felmérés alapján a leggyakrabban alkalmazott használati mérőedény a 2 ml-es és 5 ml-es müanyag fecskendő.

A kérdőiven beérkezett adatokat is figyelembe véve, az aktivitásmérő készülékek hitelesitéséhez az eddigi hagyományos gyakorlathoz képest *új módszert* választottunk, melynek a *"hitelesitéssel egyenértékű minősitő vizsgálat"* /továbbiakban röviden hitelesitès/ elnevezést adtuk. E módszer szerint a szükséges méréseket a tényleges felhasználói gyakorlat és körülmények között a készülék tulajdonosa végzi el, az OMH-tól kapott radioaktiv hiteles anyagminták és mérési utasitás segitségével. Igy nemcsak a készülék megfelelő müködése, hanem egyuttal a gyakorlatban történő helyes alkalmazása is ellenőrizhető. A módszer további előnye, hogy nem kell a készüléket az OMH-ba és visszsza szállitani, és igy az üzemidő-kiesés minimális, egyuttal a hitelesités költsége is kisebb.

Első lépésként a ^{125}I és ^{131}I radioizotóppal végeztük el a hitelesitést. A radioizotópok kiválasztásánál az volt a fő szempont, hogy a felezési idő elég nagy legyen ahhoz, hogy az ország különféle helységeibe történő sugárforrás-szállitás ne növelje jelentősen a mérési bizonytalanságot. A ^{125}I izotóp, kis energiája /27,4 - 35,4 keV/ miatt, nagyon alkalmas a készülékek helyes müködésének és a detektorok, valamint a használati mérőedények falvastagság-szórásából adódó bizonytalanság kimutatására. A ^{131}I izotóp, melyet a kérdőivre adott válaszok alapján a legtöbb helyen használnak, már elég nagy energiáju γ-sugárzással rendelkezik, igy az előbb emlitett bizonytalanságok csak csekély mértékben befolyásolják a mérési eredményt. Ezzel a radioizotóppal elsősorban a készülékeknek a gyakorlatban történő helyes alkalmazását tudtuk ellenőrizni.

A hitelesités elvégzése előtt több helyen felmerült, hogy a ^{131}I izotóp

helyett miért nem a legnagyobb mennyiségben használt $^{99}Tc^{m}$ izotópot választottuk. Kellő gyakorlat és tapasztalat hiányában azonban nem tartottuk célszerünek a rövid felezési ideje miatt problematikusabb $^{99}Tc^{m}$-mel bevezetni ezt az uj hitelesitési módszert. A jövőben, természetesen, már e mérések tapasztalataira épitve, $^{99}Tc^{m}$-mel és még további radioizotópokkal is el kivánjuk végezni a készülékek hitelesitését.

A RADIOAKTÍV HITELES ANYAGMINTÁK ELKÉSZÍTÉSE

Az OMH sugárfizikai mérések főosztálya egyik alaptevékenysége radioaktiv hiteles anyagminták /továbbiakban RHA/ készitése. Ezeket szilárd vagy folyadék etalon formában bocsátjuk a felhasználók rendelkezésére. Az RHA-k aktivitását abszolut módszerrel határozzuk meg, nagy pontossággal. Méréseink megbizhatóságát a világ vezető metrológiai intézményeivel végzett rendszeres összehasonlító mérésekkel ellenőrizzük. Az aktivitásmérő készülékek hitelesitéssel egyenértékü minősitő vizsgálatához 3 g tömegü ^{125}I és ^{131}I radioaktiv oldatot tartalmazó RHA-t készitettünk, melyet 5 ml-es leforraszthető üvegampullába töltöttünk ($Na^{125}I$ és $Na^{131}I$ (50 µg KI + 50 µg $Na_2S_2O_3$ + 50 µg KIO_3)/g deszt. viz). Az oldatok radioaktiv koncentrációját abszolut módszerrel (összbizonytalanság ^{125}I esetében ± 0,8%, ^{131}I esetében ± 0,7%), az egyes ampullák aktivitását relativ módszerrel (összbizonytalanság ^{125}I esetében ± 1,3%, ^{131}I esetében ± 0,9%) is meghatároztuk. Ellenőriztük továbbá, hogy az RHA-k nem tartalmaznak-e olyan mennyiségü radioaktiv szennyező komponenst, amely befolyásolhatja a mérési eredményt. Az aktivitásértékeket 1982. február 5, 12^{h} referenciaidőre számitottuk ki. A ^{125}I izotóp felezési idejeként (59,89 ± 0,15) napot, a ^{131}I esetében (8,020 ± 0,002) napot használtunk.

A HITELESÍTÉSSEL EGYENÉRTÉKŰ MINŐSÍTŐ VIZSGÁLAT

Az aktivitásmérő készülékek hitelesitését a következő intézmények rendelték meg:

Állami Szivkórház, Balatonfüred
Bács-Kiskun megyei Tanács Kórháza, Kecskemét
Békés megyei Tanács Kórháza, Gyula
Debreceni Orvostudományi Egyetem
Megyei Tanács "Jósa András" Kórháza, Nyiregyháza
Az MTA Izotópintézete, Budapest /2 laboratórium/
Országos Onkológiai Intézet, Budapest
Orvostovábbképző Intézet, Budapest
Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Intézet, Budapest
Pécsi Orvostudományi Egyetem /2 laboratórium/
Semmelweis Orvostudományi Egyetem, Budapest /2 laboratórium/

Somogy megyei Tanács Tüdőgyógyintézete, Mosdós
Szegedi Orvostudományi Egyetem
Tolna megyei Tanács Kórháza, Szekszárd
Weil Emil Kórház, Budapest.

/Két intézmény nem kérte az aktivitásmérő készüléke hitelesitését./

A ^{125}I és ^{131}I RHA-kat a készüléktulajdonosokhoz egy-egy darab, egy gyártási sorozatból való, 2 ml-es müanyag fecskendővel, a mérési utasitással, valamint a kitöltendő mérési adatlapokkal együtt juttattuk el. A mérési utasitásban felhivtuk a felhasználó figyelmét, hogy a készüléket a müszerkönyv utasitásai szerint használja. A résztvevőknek a következő méréseket kellett elvégezniük, mindkét radioizotóppal:

- a készülék kalibrálása a saját ^{137}Cs kalibráló sugárforrásának segitségével;
- 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 müanyag fecskendőbe;
- a fecskendőben lévő oldat aktivitásának meghatározása és a mérési összbizonytalanság becslése.

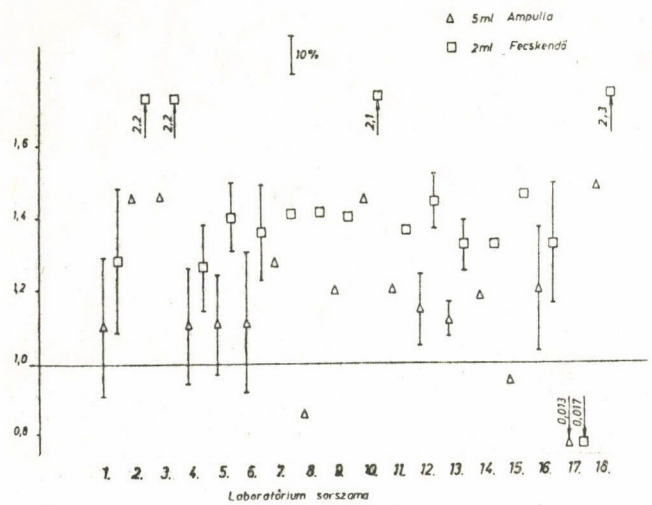
A fecskendőben lévő oldat aktivitásának mérésekor a tényleges rutin feladatnak megfelelő mérést kellett elvégezni, igy e mérés eredményéből információkat kaptunk a készülékek helyes használatáról. A résztvevők a mérések eredményét és a mérési körülményeket a mérési adatlapon közölték az OMH-val. Az adatlapon a következő válaszokat kellett megadni, mindkét radioizotópnál:

- a készülék tipusa, gyártási száma,
- a saját kalibráló sugárforrás száma, valamint aktivitása a referencia és a mérési időpontban,
- az ampulla méréséhez beállitott kalibrációs tényező,
- az ampulla mérésének időpontja,
- a háttér értéke,
- az ampullában lévő oldat aktivitása,
- a mérés becsült összbizonytalansága,
- az aktiv tömeg geometriai középpontjának és az ionizációs kamra felső szintjének távolsága,
- a fecskendő méréséhez beállitott kalibrációs tényező,
- a fecskendő mérésének időpontja,
- a mért oldat térfogata,
- a háttér értéke,
- a fecskendőben lévő oldat aktivitása,
- a mérés becsült összbizonytalansága,
- az aktiv tömeg geometriai középpontjának és az ionizációs kamra felső szintjének távolsága.

A mérési adatlap kérdéseit ugy állitottuk össze, hogy mind a müszer müködésének helyessége, mind pedig a mérést végző személy tevékenysége nyomon követhető legyen, a készülék beállitásától a mérési bizonytalanság meghatározásáig.

A MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A mérési eredmények a ^{125}I és ^{131}I radioizotópokra a közös referenciaidőpontban - az OMH által abszolut módszerrel meghatározott aktivitás-, illetve radioaktivkoncentráció-értékekre vonatkoztatva - a 3. és 4. ábrán láthatók. A résztvevők név helyett csak sorszámmal vannak feltüntetve; az intézmények csak a sajátjukat ismerik.

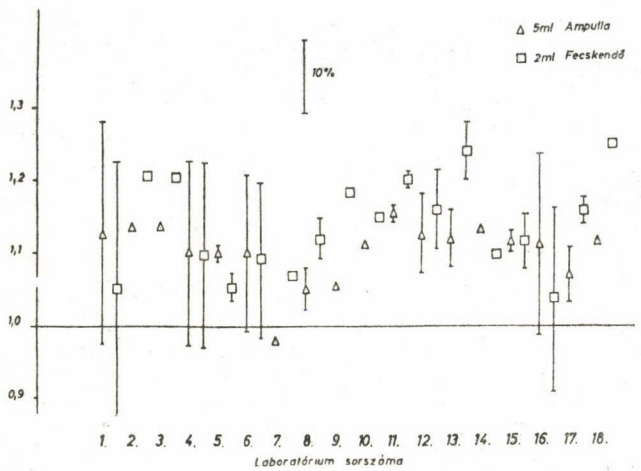


3. ábra

A közölt aktivitásérték/OMH-érték ^{125}I radioizotópra

Сообщенное значение активности/значение ОМХ для радиоактивного изотопа ^{125}I

Reported activity/OMH activity for ^{125}I



4. ábra

A közölt aktivitásérték/OMH-érték ^{131}I radioizotópra

Сообщенное значение активности/значение ОМХ для радиоактивного изотопа ^{131}I

Reported activity/OMH activity for ^{131}I

ÁLTALÁNOS TAPASZTALATOK

A 3. és 4. ábráról egyértelmüen kitünik, hogy mind a ^{125}I, mind a ^{131}I izotópra kapott mérési eredmény nagyobb a helyes értéknél. Ez igaz az ampullában és fecskendőben mért aktivitásértékre is. Különösen a ^{125}I fecskendőben mért aktivitása tér el nagymértékben a helyes értéktől.

Egyes kiugróan eltérő eredmények ellenére - a két szélső érték között több, mint két nagyságrend eltérés van - az ábrákból leolvasható, hogy a résztvevőknek mintegy a fele közel azonos értékkel tér el a helyes értéktől. Ennek nyilvánvaló oka a készülékek hibás gyári kalibrálása, mig a jelentős eltérések oka - mint a későbbiekben látni fogjuk - elsősorban a készülékek helytelen használata.

A KÉSZÜLÉKEK BEÁLLITÁSÁVAL KAPCSOLATOS ÉSZREVÉTELEK

A készüléknek a mérés előtti, saját sugárforrással végzett ellenőrzésével kapcsolatban arra hivtuk fel a felhasználók figyelmét, hogy azt a müszerkönyv előirásai szerint végezzék el. Annak ellenére, hogy a helyes beállitás a müszerkönyvben egyértelmüen le van irva, a résztvevőknek mintegy 30%-a helytelen, hibás mérésre vezető beállitással használta a készüléket /helytelen kalibrációs faktor megválasztása, az oldat rossz helyre történő behelyezése az ionizációs kamra aknájába stb./.

HÁTTÉRPROBLÉMÁK

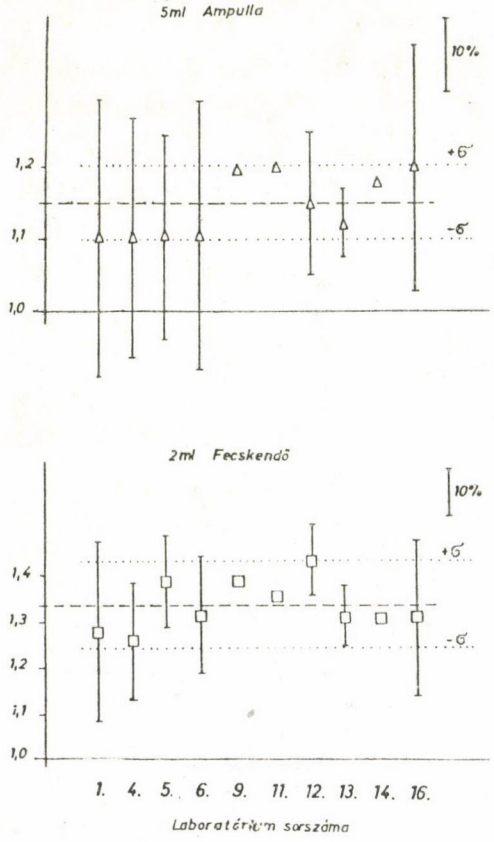
Jelentős, három nagyságrendnyi különbség van a mért háttérértékek között. Előfordult, hogy a háttér értéke közel azonos volt a mért aktivitás értékével. Ez annak tulajdonitható, hogy egyes felhasználók nem forditanak kellő gondot a készülék megfelelő, kis hátterü helyen való elhelyezésére, illetve az ionizációs kamra árnyékolására.

MÉRÉSI BIZONYTALANSÁG

A mérési adatlapon a felhasználó által becsült mérési összbizonytalanságot is kérdeztük. Négy esetben semmilyen, egy esetben 0%, a többiben ±0,1% - ±17% közötti értékeket kaptunk. A helyes és a mért aktivitás értéke csak négy esetben volt a felhasználó által megadott bizonytalansági határon belül. Ezekből az adatokból arra a következtetésre jutottunk, hogy a mérésügynek az orvosi mérések területén jelentős feladata, hogy a felhasználókkal megismertesse a mérési eredmények összbizonytalansága helyes meghatározásának módszerét és fontosságát.

A VIZSGÁLATI BIZONYÍTVÁNYOK KIÁLLÍTÁSA

Az 5-6. ábrán láthatók annak a 10 résztvevőnek a mérési eredményei, akik a beküldött adatok szerint megfelelően állitották be készüléküket, és helyesen végezték el a méréseket. Az ábrán feltüntettük a mérési eredmények 68%-os megbizhatósági szintü /1 σ/ szórását is. A korrekciók után ez a 10 intézmény a ^{125}I és a ^{131}I radioizotópra a hitelesitéssel egyenértékü minősitő vizsgálatról 2 évig érvényes bizonyitványt kapott. Vizsgálati bizonyitványt kapott még a két nem NDK gyártmányu készülékkel rendelkező intézmény is. Egy készülékről, amelyet a felhasználó kérésére nem sokkal az ellenőrző vizsgálatok előtt az OMH már hitelesitett, nem állitottunk ki ismételten vizsgálati bizonyitványt.

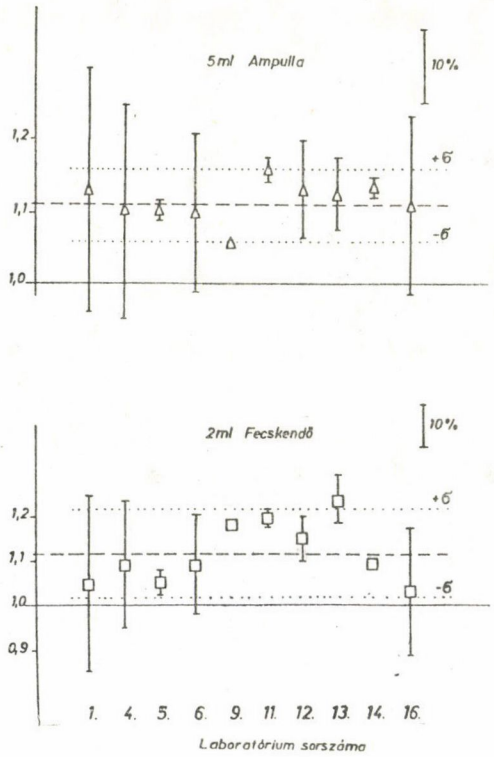


5. ábra

A méréseket helyesen elvégző intézmények által közölt aktivitás-érték/OMH érték ^{125}I radioizotópra

Значения активности, сообщенные правильно проводившими измерения организациями/значение ОМХ для радиоактивного изотопа ^{125}I

Results of activity measurements regarded as correct/OMH activity for ^{125}I



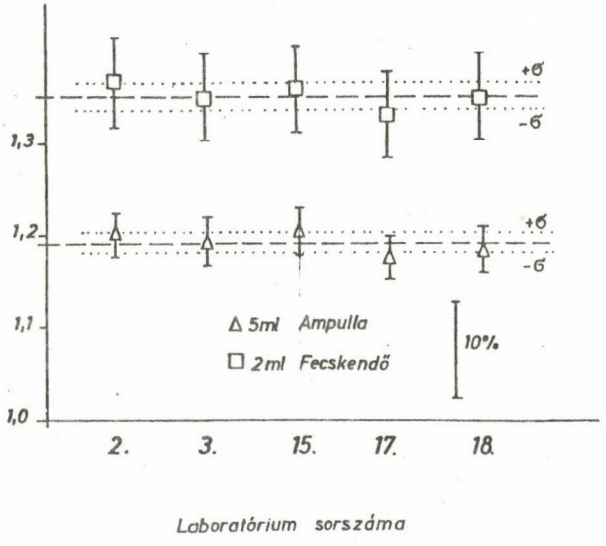
6. ábra

A méréseket helyesen elvégző intézmények által közölt aktivitás-érték/OMH érték ^{131}I radioizotópra

Значения активности, сообщенные правильно проводившими измерения организациями/значение ОМХ для радиоактивного изотопа ^{131}I

Results of activity measurements regarded as correct/OMH activity for ^{131}I

Azt az öt készüléket, amelyekkel hibás mérési eredményt kaptak, beszállittattuk az OMH-ba, és az aktivitásmérések laboratóriumában magunk végeztük el hitelesitésüket a már ismertetett módszerrel. A mérési eredmények a 7. és 8. ábrán láthatók. Az aktivitásértékek átlaga 3%-on belül megegyezett a korábbi 10 helyesen mérő intézmény által mért átlaggal, a mérési eredmények szórása pedig ^{131}I esetében ±0,3% /1 σ/, ^{125}I esetében ±1,3% /1 σ/ volt.

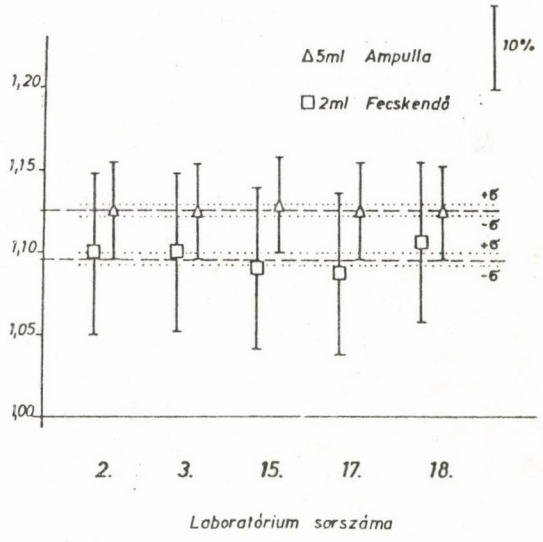


7. ábra

A felhasználók készülékeivel az OMH-ban mért aktivitásérték/OMH érték ^{125}I radioizotópra

Значения активности, измеренные на приборах потребителей/значение ОМХ для радиоактивного изотопа ^{125}I

Activity measured by user's radionuclide calibrators at OMH/OMH activity for ^{125}I



8. ábra

A felhasználók készülékeivel az OMH-ban mért aktivitásérték/OMH érték ^{131}I radioizotópra

Значения активности, измеренные на приборах потребителей/значение ОМХ для радиоактивного изотопа ^{131}I

Activity measured by user's radionuclide calibrators at OMH/OMH activity for ^{131}II

Megállapitottuk, hogy a korábbi eltérő eredmények oka a készülékek helytelen használata volt.

Ezek után ezeknél a készülékeknél is elvégeztük a helyes kalibrációs tényezők meghatározását, és kiadtuk a hitelesitési bizonyitványt.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az aktivitásmérő készülékek mérésügyi hatósági ellenőrzésének tapasztalatait igen tanulságosnak és eredményesnek itéljük. Külön örömünkre szolgál, hogy ezt nemcsak mi, hanem a felhasználók többsége is igy itélte meg. A vizsgálat során egyrészről helyesbitettük a készülékek ^{125}I és ^{131}I izotóp esetében végzett gyári kalibrálásának rendszeres hibáját, másrészről több felhasználónál kideritettük, hogy a készüléket nem megfelelően használja. Ugy érezzük, hogy ezzel sikerült jelentősen hozzájárulnunk a magyar nukleáris

orvosi gyakorlatban végzett mérések megbizhatóságának növeléséhez. Az első tapasztalatok alján a jövőben el kivánjuk végezni az aktivitásmérő készülékek hitelesitését további radioizotópokkal is, elsősorban a $^{99}Tc^{m}$-mel.

IRODALOM

1. *Jedlovszky R., Szokolyi L., Szörényi Á.*, Mérés és Automatika 24 /1976/ 99
2. *J. Legrand, J.-P Perolat, F. Lagoutine, Y. Le Gallic*, Table de Radionucléides CEA-BNM-LMRI, Saclay, France, 1974-80
3. *M.J. Woods*, NPL Report RS 56, 1981

*

A mérésügyről szóló 8/1976 /IV.27/ MT rendelet értelmében minden olyan méréshez, amelyhez joghatás füződhet /igy a nukleáris orvosi mérésekhez is/ csak hitelesitett mérőeszközt lehet használni.

Beszámolunk a nukleáris orvosi gyakorlatban hazánkban használt aktivitásmérő készülékek ^{125}I és ^{131}I radioizotóppal végzett hitelesitéssel egyenértékü, ellenőrző vizsgálatának módszeréről és eredményéről. A vizsgálat igazolta, hogy az aktivitásmérő készülékeket - hasonlóan a dózismérőkhöz - be kell vonni a mérésügyi hatósági ellenőrzésbe.

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ КАЛИБРАТОРОВ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ НА ИОНИЗАЦИОННОЙ КАМЕРЕ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ
Сэрени, А., Вагвэльди, Й.

В соответствии с постановлением Совета министров ВНР №8/1976 /IV.27/ МТ о законодательной метрологии для всех измерений, из которых могут вытекать юридические последствия, должны быть применены проверенные средства измерения /такими являются и измерения в области ядерной медицины/. Описываются использованные методы и результаты метрологического испытания калибраторов радиоактивных изотопов медицинского назначения, проведенного с помощью радиоактивных изотопов ^{125}I и ^{131}I. В результате испытания было установлено, что калибаторы радиоизотопов, подобно дозиметрам, подлежат метрологическим испытаниям и проверке.

METROLOGICAL SUPERVISION OF RADIONUCLIDE CALIBRATORS WITH IONIZATION CHAMBER USED IN NUCLEAR MEDICAL PRACTICE
Szörényi, Á., Vágvölgyi, J.

Pursuant to the decree of the Hungarian Council of Ministers on legal metrology 8/1976 /IV.27/ MT measurement involving legal effect /e.g. measurements in nuclear medicine/ can only be performed with verified measuring instruments. The paper outlines the method and results of verification for radionuclides ^{125}I and ^{131}I of radionuclide calibrators used in Hungarian nuclear medical practice. The experiences proved that the radionuclide calibrators, similarly to radiation dosimeters, should be submitted for metrological supervision.

IZOTÓPTECHNIKA 26 /1/: 11-17 /1983/

MB 9100 SZCINTILLÁCIÓS KAMERA MODULÁCIÓS ÁTVITELI FÜGGVÉNYEINEK VIZSGÁLATA

Krasznai István[1], Kapus István[2]

[1] Semmelweis Orvostudományi Egyetem, I. Belgyógyászati Klinika, Budapest, Korányi S.u.2, 1083

[2] Fővárosi Tanács János Kórházának Izotóplaboratóriuma, Budapest, Pf. 243, 1536

/Érkezett 1982. szeptember 7-én/

A leképező rendszerek - közöttük a γ-sugaras képalkotók - teljesitőképességének jellemzésére jól használható a modulációs átviteli függvény (MÁF(ν) fogalma[1-6], amelyet az /1/ egyenlettel definiálhatunk:

$$K(\text{mód}) = \text{MÁF}(\nu).T(\text{mód}) \qquad /1/$$

ahol

K(mod)- a képmoduláció,
T(mod)- a leképezendő tárgy modulációja,
MÁF(ν)- a modulációs átviteli függvény,
ν - a térfrekvencia[1].

A definiáló összefüggés szerint MÁF(ν) = 1-nél nincsen átviteli veszteség, a tárgy modulációja megjelenik a képben is, mig a MÁF(ν) = 0 érték az átvitel folyamán bekövetkező teljes információveszteséget jelenti. Egy leképező rendszer "jóságát" az mutatja, hogy az őt jellemző átviteli függvény értéke mennyire közeliti meg az egységet. Korábbi dolgozatunkban[2,3] vizsgáltuk a MÁF(ν) alakulását scannerek esetén, most feladatul tüztük ki az átviteli függvények értékének meghatározását a Gamma Müvek MB-9100 tipusu gammakamerájánál, különféle kollimátorok és készülékbeállitás esetén. Eredményeinket összehasonlitjuk a scannerek hasonló paramétereivel.

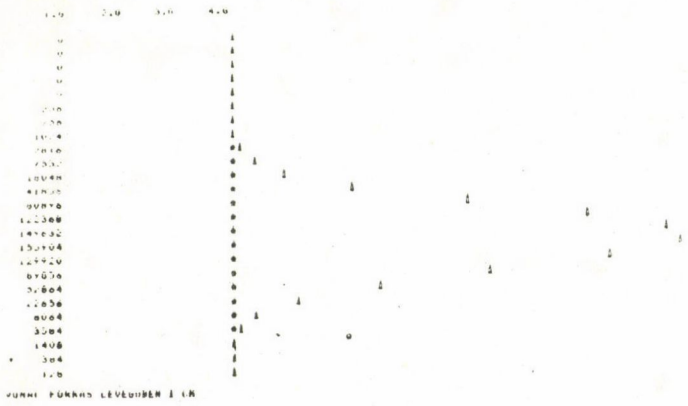
VIZSGÁLATI MÓDSZER ÉS ESZKÖZÖK

A leképező rendszer modulációs átviteli függvénye - különböző térfrekvenciákra - meghatározható az un. vonaleloszlási függvény ($N_L(x,y)$) Fourier-integráljaként[4]:

$$\text{MÁF}(\nu) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} N_L(x,y)\cos 2\pi\nu\, x\, dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} N_L(x,y)\, dx} \,. \qquad /2/$$

A vonaleloszlási függvény egy kicsiny szélességü "egydimenziós" forrás képének intenzitáseloszlási görbéje. Esetünkben a vonalforrást egy 25 cm hosszu, 1,5 mm átmérőjü üvegcsőbe /pipettába/ töltött radioaktiv ^{99m}Tc izotópot tartalmazó oldat jelentette. A vonaforrás aktivitása 8 - 25 MBq között változott. Vonalforrásunkat speciális, házilag készitett tartóra helyeztük, ami lehetővé tette a pipetta reprodukálható helyzetváltoztatását 2 mm-es lépésekben. A vonalforrás

beütésszám eloszlási függvényét /$N_L(x,y)$/az MB 9100 gammakamera és ME 9101 adatfeldolgozó segitségével határoztuk meg. Dinamikus frame üzemmódban 0,05-01 frame/s képfelvételi sebességgel 25 felvételt készitettünk minden egyes vonaleloszlási függvény meghatározásához. Az egyes frame expoziciós idők lejárata után /10 - 20 másodpercenként/ a vonalforrást 2 mm-rel elmozditottuk a kamera tengelyére merőleges irányban, a forrás és a detektor közti állandó távolság betartása mellett. A felvételsorozat elkészülte után 30 pixel hosszu és 1 pixel szélességü, "rés alaku" ROI-t /region of interest/ jelöltünk ki, és ennek megfelelő időgörbét generálva[7] megkaptuk a rendszer vonal- /beütésszám-/ eloszlási függvényét /1. ábra/. A modulációs átviteli függvényt a /2/ képletből határoztuk meg, HP-67 tipusu kalkulátorra irt program alapján[8].



1. ábra

MB 9100 gammakamera nagy felbontóképességü kollimátorával készitett vonaleloszlási függvény az adatfeldolgozó mátrixnyomtatójával kirajzolva

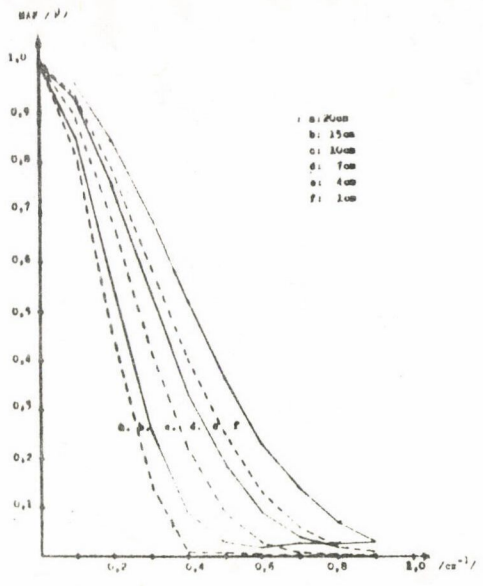
Функция линейного распределения, полученная на гамма камере MB 9100 с коллиматором высокого расрешения, нарисованная матричным печатающим устройством системы обработки данных

Line distribution function produced by the high-resolution collimator of the MB-9100 gamma chamber and plotted by the matrix printer of data processor

EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉS

A modulációs átviteli függvény értékét a kamera mindhárom kollimátora esetében /PNÉ = parallel nagy érzékenységü, PNF = = parallel nagy felbontásu, és DIV = divergens kollimátor/ határoztuk, a forrás és detektor közti Z távolság különböző értékei mellett. A Z értéke 1 cm /kontakt/ és 20 cm között változott. Eredményeinket a 2-4. ábra mutatja. Az 5. és 6. ábrán idézzük[3] az MB 8100 scanner két nagy szerv vizsgálatára alkalmas kollimátorának MÁF(ν) értékét is.

Az összehasonlitás szemléletesen mutatja azt a tényt, hogy kamerával /parallel és divergens kollimátorok esetén/ a legjobb felbontóképesség a kontakt elhelyezéssel érhető el. A tárgyat a detektortól távolitva a rendszer átviteli képessége rohamosan romlik. Ezt bizonyitja képszerüen a 7. ábra, amely PNÉ kollimátorral "bar" fantomról[1] készitett két felvé-

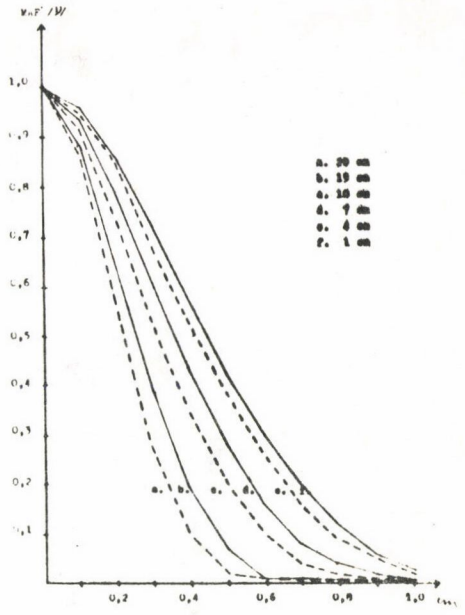


2. ábra

A gammakamera nagy érzékenységü kollimátorával kapott modulációs átviteli függvénysereg. Paraméter: a kollimátorfelszintől mért távolság

Семейство модуляционных функций передачи, полученное коллиматором высокой чувствительности гамма камеры. Мараметр: расстояние от поверхности коллиматора

Modulation transfer functions produced by the high-sensitivity collimator of the gamma chamber. Parameter: the distance from collimator surface



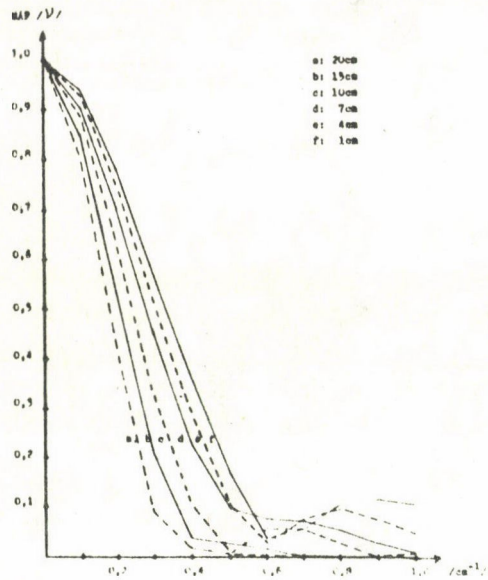
3. ábra

A gammakamera nagy felbontóképességü kollimátorával kapott modulációs átviteli függvénysereg. Paraméter: a kollimátorfelszintől mért távolság

Семейство модуляционных функций передачи, полученное коллиматором высокого разрешения гамма камеры. Параметр: расстояние от поверхности коллиматора

Modulation transfer functions produced by the high-resolution collimator of the gamma chamber. Parameter: the distance from the collimator surface

telt mutat. Az A képnél a fantomot "kontakt", mig a B képnél a detektortól 20 cm távolságban helyeztük el. A kontakt felvétel kiváló felbontóképessége 20 cm távolságból már csak igen durva információk átvitelére alkalmas. A scannerek átviteli tulajdonsága - fókuszáló kollimátoraik sajátossága miatt - legjobb a fókuszsikban, illetve környezetében /mélységélesség/. A két leképező rendszert két térfrekvencián /0,2 és 0,5 cm^{-1}/ hasonlithatunk össze. A kis térfrekvencia a viszonylag nagy méretü mig a nagy térfrekvencia a relativ kicsiny kiterjedésü anomália, kimutatási képességéről ad felvilágositást. Eredményeinket a 8. és 9. ábra mutatja. A nagyobb kiterjedésü elváltozás kimutatása lényegében azonos teljesitőképességgel érhető el kamerával, illetve scannerrel /eltekintve a scanner 91 furatu kollimátorától, ami a vizsgált 12 - 18 cm közötti régióban nem alkalmas felvétel készitésére/. A kis elterjedésü anomália kimutatására a legjobb teljesitőképességü a scanner 163 furatu kollimátora, amelynek használata azonban, érzéketlensége miatt, sok esetben korlátozott. A ka-

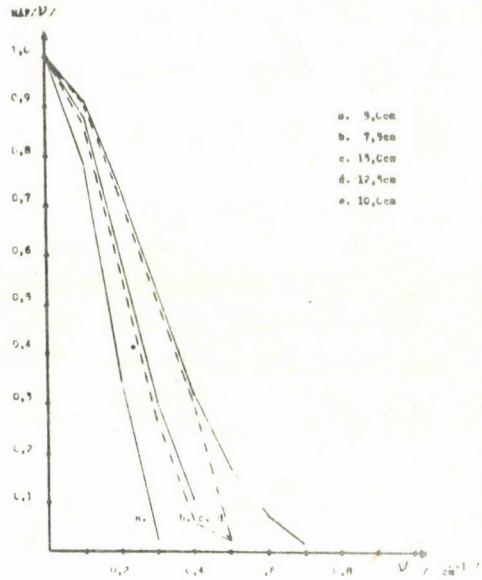


4. ábra

A gammakamera divergens kollimátorával kapott modulációs átviteli függvények. Paraméter: a kollimátorfelszintől mért távolság*

Модуляционные функции передачи, полученные дивергентным коллиматором гамма камеры. Параметр: расстояние от поверхности коллиматора

Modulation transfer functions produced by the divergent collimator of the gamma chamber. Parameter: the distance from the collimator surface



5. ábra

MB 8100 scanner 61 furatu kollimátorának modulációs átviteli függvényei[2,3]

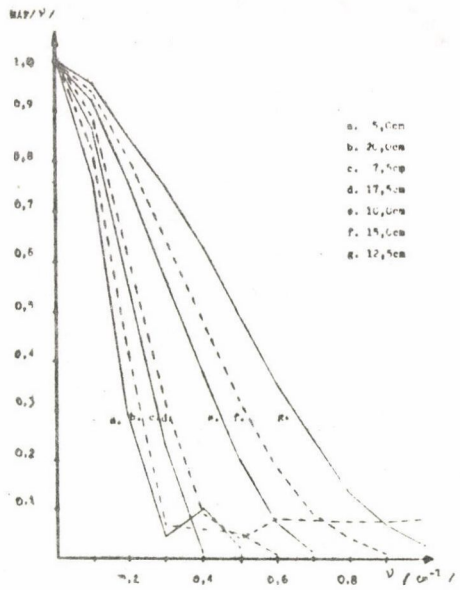
Модуляционные функции передачи коллиматора с 61 отверстиями скеннера типа MB 8100[2,3]

Modulation transfer functions of the 61-hole collimator of the MB 8100 scanner[2,3]

mera PNF kollimátorának teljesitőképessége azonban nemcsak eléri, de meg is haladja a többi scanner kollimátor /közöttük a rutinban általánosan használt 61 furatu kollimátor/ teljesitőképességét.

Az elmondottak alapján megállapithatjuk, hogy nagy, 4-5 cm kiterjedésü elváltozás kimutatására a kamera és a scanner kollimátorok teljesitőképessége kb. azonos. A néhány centiméter nagyságu elvátozás kimutatására rutin körülmények között a kamera PNF kollimátora jobb teljesitőképességü, mint a scanner 61 /ujabb készülékeknél 55/ furatu kollimátora. A speciális körülmények között alkalmazható 163 furatu mélyfókuszu scanner kollimátor teljesitőképessége azonban jelentősen meghaladja a kamerakollimátorok lehetőségeit /9. ábra/.

*A görbéknek a nagyobb frekvenciánál nem monoton csökkenése valószinüleg a numerikus integrálás hibájából származik.

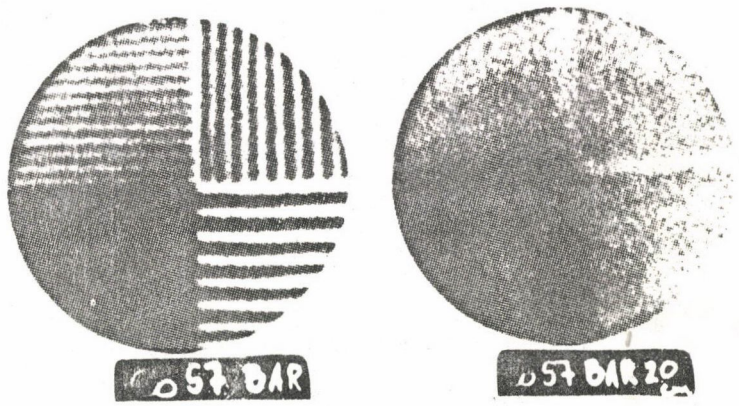


6. ábra

MB 8100 scanner 163 furatu, mély fókuszu kollimátorának modulációs átviteli függvényei[2,3]

Модуляционные функции передачи коллиматора глубокого фокального расстояния с 163 отверстиями свеннера типа MB 8100[2,3]

Modulation transfer functions of the 163-hole, deep focussing collimator of the MB 8100 scanner[2,3]



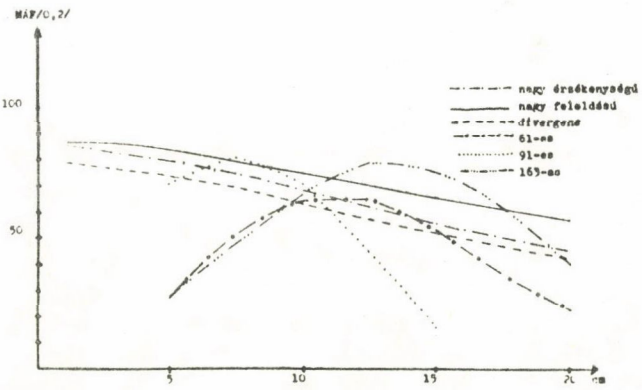
A B

7. ábra

^{57}Co sik sugárforrással "bar" fantomról készitett felvételek. Az A kép 1 cm-ről, a B 20 cm-ről készült.

Изображение решетчатого фантома, полученное источником ^{57}Co. Изображение А получено с расстояния 1 см, а В - с 20 см.

Images of a bar phantom, taken with a ^{57}Co plain source. Image A was taken from 1 cm, B from 20 cm.

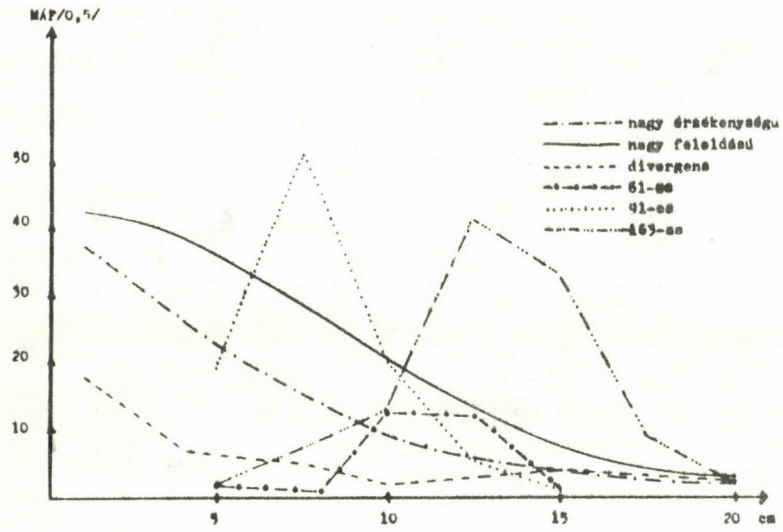


8. ábra

Kamera- és scannerkollimátorok modulációs átviteli függvényének távolságfüggése $\nu = 0{,}2\ cm^{-1}$ térfrekvenciánál

Зависимость модуляционных функций передачи коллиматоров гамма камеры и скеннера от расстояния, при пространственной частоте $0{,}2\ см^{-1}$

The distance dependence of modulation transfer functions of the chamber and the scanner collimators at $0.2\ cm^{-1}$ field frequency



9. ábra

Kamera- és scannerkollimátorok modulációs átviteli függvényének távolságfüggése $\nu = 0{,}5\ cm^{-1}$ térfrekvenciánál

Зависимость модуляционных функций передачи коллиматоров гамма камеры и скеннера от расстояния, при пространственной частоте $0{,}5\ см^{-1}$

The distance dependence of modulation transfer functions of chamber and scanner collimators at $0.2\ cm^{-1}$ field frequency

* * *

A kisérletekben és számitásokban végzett lelkiismeretes munkájáért ezuton mondunk köszönetet Nagyné Török Anna asszisztensnek.

IRODALOM

1. *F.D. Rollo*, Nuclear Medicine, Physics, Instrumentation and Agents. Saint Louis, Mosby, 1977
2. *Krasznai I.*, Szcintigráfiás készülékek teljesitőképességének vizsgálata I. Izotóptechnika 22 /1979/ 1
3. *Krasznai I., Kanyár B., Szilvási L-né*, Szcintillációs készülékek teljesitőképességének vizsgálata II., Izotóptechnika 21 /1978/ 51
4. *W.J. McIntyre, S.O. Federuk, C.C. Harris, D.E. Kuhl, J.P. Mallard*, Sensitivity and Resolution in Radioisotope Scanning, Nucl. Med. 2 /1969/ 99
5. *K. Rossmann*, Point Spread-Function, Line Spread-Function and Modulation Transfer Function, Radiology 93 /1969/ 257
6. *Porubszky T.*, Röntgenképátviteli rendszerek modulációs átviteli függvényének mérése, Kórház és Orvostechnika 20 /1982/ 92
7. *Csernay L., Csirik J., Makay Á., Máté E.*, MB 9101 tipusu adatfeldolgozó és megjelenitő rendszer szcintillációs kamerához, SEGAMS Kézikönyv, Gamma Müvek, Budapest, 1980
8. *P.M. Rőnai, D.L. Kirch*, Rapid, Rigorous Computation of Modulation Transfer Function on Pocket Calculator, J.Nucl.Med. 18 /1977/ 579

*

Mérési eljárást ismertetünk, amellyel meghatároztuk a Gamma Müvek MB-9100 tipusu gammakamerájának modulációs átviteli függvényeit. A forrás és a detektor közti különféle távolságokból kapott modulációs átviteli függvények alapján összehasonlitottuk a kamera és az MB-9100 szines dot scanner /Gamma Müvek/ kollimátorainak teljesitőképességét. Nagy elváltozás kimutatására a két rendszer kb. azonos felbontóképességü, mig kicsiny /néhány centiméteres/ anomália rutin körülmények közötti kimutatásához a kamerakollimátorok felbontóképessége a jobb. A scanner speciális, mély fókuszu /163 furatu/ kollimátorának teljesitőképessége azonban jelentősen meghaladja a kamerakollimátorokét, a vizsgált 12-18 cm közötti mélységben.

ИЗУЧЕНИЕ МОДУЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ПЕРЕПАЧИ СЦИНТИЛЛЯЦИОННОЙ КАМЕРЫ ТИПА МВ 9100

Краснаи, И., Капуш, И.

Описывается метод измерения, с помощью которого были определены модуляционные функции передачи гамма камеры типа МВ 9100 производства комбината Гамма /ВНР/. На основе модуляционных функций передачи, полученных с различных расстояний между источником и детектором проведено сравнение возможностей коллиматоров гамма камеры и скеннера типа МВ 8100 /комбинат Гамма/. При выявлении больших изменений две системы имеют примерно одинаковые разрешения, а при выявлении небольших /несколько сантиметров/ аномалий при рутинных условиях разрешение гамма камеры лучше. Но при рассмотренных глубинах 12-18 см возможности глубокофокусного коллиматора /163 отверстий/ скеннера значительно превышают возможности коллиматоров гамма камеры.

A STUDY OF THE MODULATION TRANSFER FUNCTIONS OF THE MB 9100 TYPE SCINTILLATION CHAMBER

Krasznai, I., Kapus, I.

Modulation transfer functions of the gamma chamber type MB 9100 of the Gamma Works were determined. Performance of collimators of the chamber and of the colour dot scanner type MB 8100 /Gamma Works/ were compared with the help of modulation transfer functions for various source-detector distances. For detecting big anomalies both systems have equal resolution while in detecting small /a few centimeters large/ anomalies in routine circumstances the resolution of chamber collimators proved to be better. The performance of the deep-focussing, 163-hole scanner collimator, however, substantially exceeds that of the chamber collimators, in the depth range of 12-18 cm studied.

IZOTÓPTECHNIKA 26 /1/: 18-25 /1983/

IONTRANSZPORT TANULMÁNYOZÁSA KÜLÖNFÉLE TALAJFAJTÁKBAN SUGÁRABSZORPCIÓS MÓDSZERREL

Varró Tibor[1], Gelencsér Judit[2]

[1]A Kossuth Lajos Tudományegyetem Izotóplaboratóriuma, Debrecen, Pf. 10, 4010

[2]A Kossuth Lajos Tudományegyetem Könyvtára, Debrecen, Pf. 10, 4010

/Érkezett 1982. szeptember 8-án/

BEVEZETÉS

A növények termelési folyamatába elsősorban a talaj fizikai, kémiai és biológiai paraméterein keresztül lehet, és kell ma és a közeljövőben beavatkozni. A növények termelési potenciálját csak akkor tudjuk kiaknázni, ha folytonosan biztositjuk, illetve pótoljuk a növény anyagtermelésének épitőköveit, a vizet és az ásványi anyagokat. Termőtalajaink nagy részének tápanyagkészlete nem tudja fedezni a növény tápanyagigényét. Ez a helyzet évtizedek óta a nitrogén, a foszfor és kálium tekintetében. A tápanyag-utánpótlás szerves trágya és mütrágya formájában történik. Az egyoldalu mütrágyázás azonban megbontja a tápanyagegyensulyt, és táplálkozási zavarokhoz vezet. Az optimális fejlődés egyik feltétele, hogy a különféle tápanyagok meghatározott, kiegyensulyozott arányban álljanak rendelkezésre. A növények mindenkori kielégitő tápanyagellátottsága döntően függ a talaj tápanyagszállitó képességétől, a diffuziótól és a tömegáramlás sebességétől.

A diffuziót és a tömegáramlás sebességét jelentősen befolyásolja a talajszerkezet, a humusztartalom, a szorpciós kapacitás, a vizáteresztő képesség, a talajnedvesség, a hőmérséklet és a pH.

VIZSGÁLATI ANYAGOK

A vizsgálathoz különféle termőtalajokat használtunk. Néhány jellemző adatukat az 1. táblázatban adtuk meg.

A különböző szerkezetü és jellegü talajmintákat és vizsgálati adataikat a Hajdu-Bihar megyei Növényvédő és Agrokémiai Laboratórium és a Debreceni Agrártudományi Egyetem Kutatóintézete /Karcag/ bocsátotta rendelkezésünkre. A vizsgálathoz ^{22}Na, ^{42}K, ^{137}Cs, ^{45}Ca, ^{54}Mn, ^{60}Co, ^{65}Zn, ^{59}Fe és ^{32}P izotópot alkalmaztunk.

A radioaktiv ionok törzsoldatát salétromsavval készitettük el. A törzsoldatok salétromsav-koncentrációja 10^{-3} mol dm^{-3} volt. A radioaktiv foszfátoldat pH-ja 6,0 volt. Analitikailag tiszta vegyszereket alkalmaztunk.

1. táblázat

A vizsgált talajminták jellemző adatai

Характерные данные исследованных почв

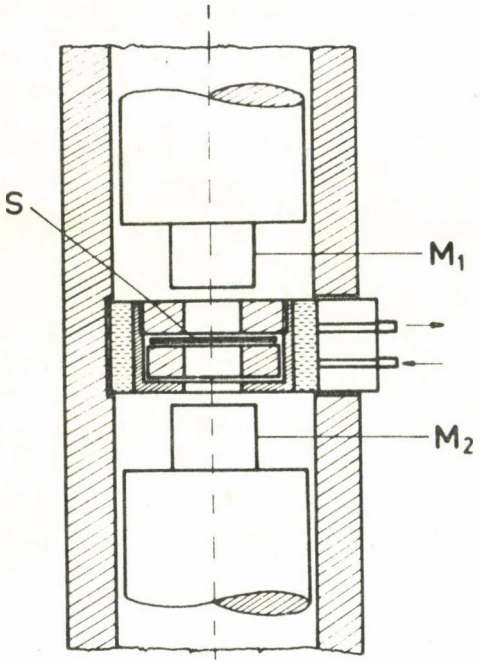
Characteristics of the examined soils

Vizsgálati adatok	Talaj tipus					
	Homok	Vályog	Vályogos agyag	Agyag	Szikes	Bolygatatlan
Kötöttségi szám	25	40	52	55	55	38
pH /vizben/	7,7	7,3	5,8	6,6	9,6	4,8
pH /KCl-ban/	7,3	6,9	5,1	5,9	8,2	4,3
Humusz [%]	0,25	2,8	3,2	3,1	0,75	2,7
Felvehető P_2O_5 [mg/100 g]	5,4	21,1	11,1	32,7	33,7	-
Felvehető K_2O [mg/100 g]	9,3	36,5	50	50	27,3	36
Mechanikai összetétel						
<0,001 mm [%]	5,8	26,6	37,0	47,4	32,6	17,8
0,001 - 0,01	3,2	18,0	25,2	22,2	16,2	30,6
0,01 - 0,25	91,0	55,4	37,8	30,4	51,2	51,6
Kapilláris vizemelés 5h-nál [mm]	350	125	45	28	0	0

VIZSGÁLATI MÓDSZER

A talajban végbemenő transzportfolyamatok vizsgálatára a sugárabszorpciós módszert használtuk. E módszert Hevesy és Seith[1] alkalmazta elősz̈ör α-sugárzó izotópok fémekben lejátszódó transzportfolyamatának tanulmányozására. A módszert Anderson[2], Zimen[3] és Johansson, Lindner[4] β-sugárzó izozópokra is kiterjesztette, majd Krjukov és Zsuhovickij[5] fejlesztette tovább. Méréstechnikájuk lényege az, hogy a plánparalel minta egyik oldalára radioaktiv izotópot viszнek fel, és mérik az egyik oldalon a radioaktiv sugárzás intenzitását, majd a mintát megforditva, a minta másik oldalán is meghatározzák a radioaktiv sugárzás intenzitását. A radioaktiv izotóp diffuziója következtében, a diffuziós idő növelésével, az egyik oldalon csökken, a másik oldalon nő a radioaktiv sugárzás intenzitása. Igy a pontos geometriai helyzet és a diffuziós közeg β-sugárabszorpciós együtthatójának ismerete nélkül határozható meg a diffuziókoefficiens.

A sugárabszorpciós módszer alkalmazásánál a talajminta egyik oldalára radioaktiv izotópot vittünk fel. A mintát vékony fólia segitségével légmentesen zártuk, és termosztált körülmények között mértük a minta két oldalán a radioaktiv sugárzás intenzitását az idő függvényében. A mérőberendezés sematikus rajza az 1. ábrán látható.



1. ábra

A sugárabszorpciós mérőrendszer sematikus rajza. M_1 és M_2 - szcintillációs mérőfej, S - a minta

Схема измерительной системы по поглощению излучения. M_1 и M_2 - сцинтилляционные зонды, S - образей

Schematic diagram of the radioabsorption measurement system. M_1 and M_2 - scintillation measuring heads, S - sample

Két szcintillációs mérőfejet alkalmaztunk. A "kétmérőfejes" eljárás, amellett, hogy gyorsabb és pontosabb, mint az eddig alkalmazott sugárabszorpciós eljárások, lehetővé teszi a stabilis mérőrendszer kialakitását, ideális vizsgálati módszert biztosit a talajban végbemenő mikro-anyagmozgás mérésére.

A talajban lejátszódó anyagmozgást, vizsgálataink szerint, döntően három folyamat: a diffuzió, az anyagáramlás és a szorpció határozza meg. Igy a talajban lejátszódó anyagmozgás leirására a Lapidus és Amundson[6] által először megoldott

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D^* \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \frac{m}{w} \frac{\partial a}{\partial t} - u \frac{\partial c}{\partial x} \qquad /1/$$

összefüggést alkalmaztuk, amely a fenti három folyamatot veszi figyelembe. Itt c - az anyagkoncentráció a minta felületétől mért x mélységben, t - a minta és oldatfázis érintkezési ideje, D^* - a diffuziókoefficiens, u - az anyagáramlás sebessége, m - az egységnyi térfogatu talaj tömege, w - a talaj porozitása, azaz a talaj egységnyi térfogatára vonatkoztatott pórustérfogat, a - a fajlagos szorbeált anyagmennyiség.

Az /1/ összefüggés visszavezethető Fick II. törvényére[7], amelynek közvetlen sugárabszorpciós mérésadatokra vonatkozó megoldását Krjukov és Zsuhovickij[5] adta meg:

$$\log \frac{I_2 - I_2}{I_1 + I_2} = \log K - \frac{0{,}434\ \pi^2 D t}{l^2} \ , \qquad /2/$$

ahol I_1 és I_2 - a minta egyik, illetve másik oldalán mért radioaktiv sugárzás intenzitása, K - állandó, értéke a közeg β-sugárabszorpciós együtthatójától

függ, D - a diffuziókoefficiens, t - a diffuziós idő és l - a minta vastagsága. Méréseink kiértékelésére a /2/ összefüggést alkalmaztuk.

A sugárabszorpciós módszert elsőként alkalmaztuk a talajban végbemenő mikro-anyagmozgás mérésére[8,9].

A talajban végbemenő transzportfolyamatok vizsgálatánál a talajmintához hozzáadtuk a megfelelő mennyiségü vizet, és a mintát homogenizáltuk. A homogenizált nedves talajt a mintatartó korongok közepén lévő, 1 cm átmérőjü lyukba helyeztük, miután a mintatartó korongot alul stiroflex fóliával és müanyag ragasztó szalaggal zártuk. A minta felületére a megfelelő radioaktiv oldatból néhány tized mikrolitert vittünk fel, majd a mintát felülről is zártuk. A mintát a mintatartó edényben a termosztált mérőrendszerbe helyeztük, és a megfelelő hőmérséklet beállása után folyamatosan, percenként mértük a minták radioaktiv sugárzásának intenzitását. A transzportfolyamatot 4-8 óráig követtük nyomon.

MÉRÉS ÉS EREDMÉNY

Vizsgálatainknál különféle tipusu, 37,5% viztartalmu termőtalajfajtákban és egy bolygatatlan talajmintában tanulmányoztuk a Na^+, K^+, Cs^+, Ca^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+}, Fe^{3+}, és HPO_4^{2-} ionok transzportfolyamatát. A K^+ és Zn^{2+} ionokkal végzett mérésnél a minták vastagsága 3 mm, a további ionoknál 1 mm volt. A diffuziókoefficienseket a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat

Termőtalajfajtákban végbemenő iontranszport-folyamatokra jellemző effektiv diffuziókoefficiensek, 25°C-on, 37,5%-os viztartalomnál

Эффективные коэффициенты диффузии, характерные для процесса транспорта ионов, происходящего в плодородных почвах при температуре 25°C и влажности 37,5%

Effective diffusion coefficients, characterizing the ion transport processes in soils. Temperature: 25°C, humidity 37.5%

Diffundáló ion	Effektiv diffuziókoefficiens [10^{-14} m^2 s^{-1}]					
	Homok	Vályog	Vályogos agyag	Agyag	Szikes	Bolygatatlan
Na^+	18 000	10 000	12 000	11 500	9 100	6 500
K^+	8 500	3 500	3 500	3 500	3 100	-
Cs^+	360	270	150	250	280	380
Ca^{2+}	4 100	630	900	530	250	460
Mn^{2+}	630	280	730	420	190	820
Co^{2+}	190	110	100	130	79	-
Zn^{2+}	2 500	1 000	93	1 100	30	770
Fe^{3+}	0,72	0,04	0,27	0,17	0,11	0,38
HPO_4^{2-}	19	830	18	24	180	35

Különböző jellegü talajfajtákban megvizsgáltuk néhány ion mozgását a Debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem Fizikai Kémiai Intézetében előállitott komplexképző[10] jelenlétében. A talaj viztartalma 37,5%, a talajoldatban a komplexképző koncentrációja 0,1 mol dm^{-3} volt. A 3. táblázatban a komplexképző jelenlétében és komplexképző nélkül meghatározott effektiv diffuziókoefficienseket foglaltuk össze.

3. táblázat

A Ca^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+} és Fe^{3+}-ionok talajban végbemenő transzportfolyamatára jellemző effektiv diffuziókoefficiensek komplexképző jelenlétében és komplexképző nélkül, 25°C-on. Viztartalom 37,5%, a talajoldatban a komplexképző koncentrációja 0,1 mol.dm^{-3}

Эффективные коэффициенты диффузии, характерные для процесса транспорта ионов Ca^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}и Fe^{3+} в почвах, в присутствии и отсутствии комплексного образователя при температуре 25°C. Влажность 37,5%, концентрация комплексного образователя в растворе почвы 0,1 моль $дм^{-3}$

Effective diffusion coefficients, characterizing the transport processes of the ions Ca^{2+} Co^{2+} Zn^{2+} and Fe^{3+} in soils at 25°C, in the presence and absence, respectively, of a complex forming agent. Humidity: 37.5%, concentration of the complex forming agent: 0.1 mole dm^{-3}

Diffuziós rendszer		Effektiv diffuziókoefficiens [10^{-14} m^2 s^{-1}]	
		Komplexképző jelenlétében	Komplexképző nélkül
Ca^{2+} -	Homok	7 000	4 100
	Agyag	4 900	530
	Vályogos agyag	5 400	900
	Vályog	5 500	630
	Szikes	5 100	250
Co^{2+} -	Homok	2 000	190
	Agyag	860	130
	Vályogos agyag	1 400	100
	Vályog	810	110
	Szikes	910	79
Zn^{2+} -	Homok	10 000	2 500
	Agyag	2 400	1 100
	Vályogos agyag	4 500	93
	Vályog	5 900	1 000
	Szikes	4 200	30
Fe^{3+} -	Homok	710	0,72
	Agyag	430	0,17
	Vályogos agyag	90	0,27
	Vályog	500	0,04
	Szikes	130	0,11

A vályogos agyagból és Fe^{3+}-ból álló rendszerben a talajoldat különböző komplexképző koncentrációjánál vizsgáltuk a transzportfolyamatot. Az eredményt a 4. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat

A Fe^{3+}-ionok effektiv diffuziókoefficiense vályogos agyagtalajban, a talajoldat különböző komplexképző koncentrációjánál, 25 C-on. A talaj viztartalma 37,5%

Эффективные коэффициенты диффузии ионов Fe^{3+} в глинистой почве при разных концентрациях комплексного образователя, при температуре 25°C. Влажность почвы: 37,5%

Effective diffusion coefficients of Fe^{3+}ions in clay-loamy soil in the presence of various concentrations of the complex forming agent at 25°C. Humidity: 37.5%

A komplexképző koncentrációja a talajoldatban [mol dm^{-3}]	Effektiv diffuziókoefficiens [10^{-14} m^2s^{-1}]
0	0,27
0,02	2,7
0,03	2,5
0,04	5,0
0,05	6,7
0,07	10
0,08	43
0,10	90

ÉRTÉKELÉS

Néhány tápion /K^+, Ca^{2+}, HPO_4^{2-}/ és mikrotápion /Na^+, Cs^+, Zn^{2+}, Mn^{2+}, Co^{2+} és Fe^{3+}/ mozgását összehasonlitottuk 37,5% viztartalmu, különböző jellegü /homok, vályog, vályógos agyag, agyag, szikes/ talajban, 25°C-on. Az ionok effektiv diffuziókoefficiense a 10^{-16} m^2 s^{-1}-10^{-10} m^2 s^{-1} tartományban változott. A kationok mozgása leggyorsabb homoktalajban, leglassubb vályog és szikes talajban. A HPO_4^{2-} ion mozgása leggyorsabb a vályog és szikes talajban, és leglassubb homoktalajban.

A kationok effektiv diffuziókoefficiense a következő sorrendben változik:

savanyu talajban:

$Na^+ > K^+ > Mn^{2+} > Zn^{2+} > Ca^{2+} > Cs^+ > Co^{2+} > Fe^{3+}$,

lugos talajban:

$Na^+ > K^+ > Ca^{2+} > Cs^+ > Mn^{2+} > Co^{2+} > Zn^{2+} > Fe^{3+}$,

semleges talajban:

$Na^+ > K^+ > Ca^{2+}$, $Zn^{2+} > Mn^{2+} > Cs^+ > Co^{2+} > Fe^{3+}$.

Megállapitottuk, hogy komplexképző jelenlétében a Ca^{2+}, Co^{2+} Zn^{2+} és Fe^{3+}-ionok effektiv diffuziókoefficiense több nagyságrenddel nő. A talajoldatban a komplexképző koncentrációjának növelésével nő az ionok effektiv diffuziókoefficiense.

A jelenleg alkalmazott módszerek időigényesek, kisérletileg nehezen kivitelezhetők; főképpen ez az oka, hogy a talajban végbemenő iontranszport folyamatáról kevés számadat áll rendelkezésre.

A sugárabszorpciós módszer a radioaktiv ionok mikroelmozdulását érzékenyen követi, s ennek megfelelően gyors, széles méréstartományban alkalmazható módszer, jól reprodukálható eredményt ad, lehetővé teszi a termőtalajban lejátszódó transzportfolyamatokat befolyásoló tényezők széleskörü vizsgálatát.

*

IRODALOM

1. *Hevesy, G. W. Seith,* Z.Phys. 56 /1929/ 790
2. *J.S. Anderson, J.R. Richards,* J. Chem. Soc. 537 /1946/
3. *K.E. Zimen, F. Johansson, M. Hillert,* J. Chem. Soc. 392 /1950/
4. *R. Lindner, G. Johansson,* Acta Chem. Scand. 4 /1950/ 307
5. Ш.Н. Крюков, А.А. Жуховицкий, Докл. Акад. Наук СССР 90 /1953/ 379
6. *L. Lapidus, N.R. Amundson,* J. Phys. Chem. 56 /1952/ 984
7. *Ph. Frank, R. Mises,* Die Differential- und Integralgleichungen der Mechanik und Physik, Dover, New York, 1961
8. *Varró T., Gelencsér J., Mádi I.,* Izotóptechnika 21 /1978/ 265
9. *Varró T., Mádi I., Somogyi Gy.,* M. Kém. F. 87 /1981/ 441
10. *Beck M., Országh L., Rábai Gy.,* szabadalmi bejelentés, 1979. jan. 26.

*

Termőtalajban sugárabszorpciós módszerrel vizsgáltuk a Na^+, K^+, Cs^+, Ca^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{3+} és HPO_4^{2-} ionok transzportfolyamatát. Az ionok effektiv diffuziókoefficiense 10^{-16}- 10^{-10} $m^2.s^{-1}$ tartományban változott. Komplexképző hatása a Ca^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+} és Fe^{3+} ionok effektiv diffuziókoefficiense több nagyságrenddel nőtt.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТА ИОНОВ В ПЛОДОРОДНЫХ ПОЧВАХ МЕТОДОМ ПОГЛОЩЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ
Варро, Т., Геленчер, Ю.

Был изучен транспорт ионов Na^+, K^+, Cs^+, Ca^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{3+} и HPO_4^{2-}. Эффективные коэффициенты диффузии изменялись от 10^{-16} до 10^{-10} $м^2сек^{-1}$. Под действием комплексного образователя эффективный коэффициент диффузии ионов Ca^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+} и Fe^{3+} увеличился на несколько порядков.

A STUDY OF ION TRANSPORT IN SOILS BY RADIOABSORPTION METHOD

Varró, T., Gelencsér, J.

The transport processes of Na^{+}, K^{+}, Cs^{+}, Ca^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Mn^{2+}, Fe^{3+} and HPO_4^{2-} ions were studied. The effective diffusion coefficients varied in the interval of 10^{-16}- 10^{-10} m^2s^{-1}.The coefficients of Ca^{2+}, Co^{2+}, $Zn^{2+}$and Fe^{3+} ions increased by several orders as a result of adding complex-forming agent.

IZOTÓPTECHNIKA 26 /1/: 26-37 /1983/

LAKÓSZOBAI RADON- ÉS BOMLÁSTERMÉK-EXPOZICIÓ MEGHATÁROZÁSA SZILÁRDTEST-NYOMDETEKTORRAL

Paripás Béla[1], Somogyi György[2], Takács Sándor[1]

[1]Borsod-Abauj-Zemplén megyei Közegészségügyi és Járványügyi Állomás, Miskolc, Pf. 186, 3501

[2]Az MTA Atommagkutató Intézete, Debrecen, Pf. 51, 4001

/Érkezett 1982. október 18-án/

BEVEZETÉS

A nagy radontermék-expozició tüdőrákkeltő hatása az irodalomból jól ismert[1]. A lakótérben elszenvedett, lényegesen kisebb, ám az egész lakosságot a születéstől a halálig érő expozició hatásáról viszont alig vannak ismereteink. Várható, hogy az átlagot meghaladó radontermék-expoziciónak kitett lakosság körében a tüdőráktöbblet esetleg statisztikailag is kimutatható. Ennek érdekében, egy uj, szilárdtest-nyomdetektoros mérési módszert alkalmazva, 1980. végén vizsgálatokat kezdtünk. Közvetlen céljuk annak eldöntése volt, hogy a Borsod-Abauj-Zemplén megye különböző tájegységein tapasztalt, szignifikánsan eltérő tüdőrák-gyakoriság[2] összefüggésben lehet-e a lakószoba levegőjében előforduló radon-bomlástermékek átlagos aktivitáskoncentrációjával.

A radon-bomlástermékek pillanatnyi aktivitáskoncentrációjának mérésére már jól bevált módszerek állnak rendelkezésre[3,4]. Alkalmazásukkal azonban - a különböző időben végzett mérések adatainak nagy fluktuációja miatt - a lakosság éves sugárexpozicijára csak nagy hibával lehet következtetni. Méréseinket ezért egy uj, hazánkban eddig ilyen célra még nem használt módszerrel végeztük, amely a fenti hibalehetőséget jelentősen csökkenti.

Az általunk alkalmazott mérőeszköz az összes és a radon okozta α-sugárzás időintegrált expozicióját méri két müanyag szilárdtest-nyomdetektorral. Az eszköz külön előnye, hogy energiaforrást nem igényel, s kellő érzékenysége van a környezetben tipikusan előforduló, természetes eredetü, sugárzó anyagok α-radioaktivitásának meghatározására.

RADON- ÉS RADONTERMÉK-EXPOZICIÓ

A talaj és az épitőanyagok ^{226}Ra-tartalmával és emnálóképességével arányosan a lakótér levegőjébe ^{222}Rn gáz áramlik. A radon radioaktiv bomlása során - részben szabad, részben aeroszolhoz kötött állapotban - a levegőben ^{218}Po, ^{214}Pb és ^{214}Bi /^{214}Po/ bomlástermék is megjelenik. A ^{222}Rn és az emlitett bomlástermékek aktivitáskoncentrációját rendre Q_0, Q_1, Q_2, Q_3-mal jelölve, a lakó-

tér levegőjében rejlő un. *potenciális α-energiakoncentráció* t időpillanatban, az irodalomban szokásos definició[5] szerint, az

$$E_\alpha[WL] = 0{,}01\ F\ Q_0[pCi/l] \qquad /1/$$

összefüggésből számolható, ahol

$$F = (0{,}1\ Q_1 + 0{,}52\ Q_2 + 0{,}38\ Q_3)/Q_0 \qquad /2/$$

az un. *radioaktiv egyensúlyi tényező* és 1 WL /"working level"/ $1{,}3\cdot10^5$ MeV/l levegő.

Adott, 0-T közti időintervallumban az $E_\alpha(t)$ potenciális α-energiakoncentrációju légtérben tartózkodó személy által elszenvedett tüdődózis közelitőleg a radontermék-expozicióval tekinthető arányosnak. A radontermék-expozició az /1/ egyenlet integráljával mérhető, vagyis

$$\int_0^T E_\alpha(t)\,dt\ [WLh] = 0{,}01\bar{F} \int_0^T Q_0(t)\,dt\ [pCih/l], \qquad /3/$$

ahol definició szerint:

$$\int_0^T Q_0(t)\,dt = \bar{Q}_0 T \qquad /4/$$

az un. *radonexpozició*,

$$\bar{F} = (0{,}1\ \bar{Q}_1 + 0{,}52\ \bar{Q}_2 + 0{,}38\ Q_3)/\bar{Q}_0 \qquad /5/$$

az adott légtérre jellemző *átlagos radioaktiv egyensúlyi tényező*[6], a

$$\bar{Q}_i = \frac{1}{T}\int_0^T Q_0(t)\,dt \qquad i = 0,\ 1,\ 2,\ 3, \qquad /6/$$

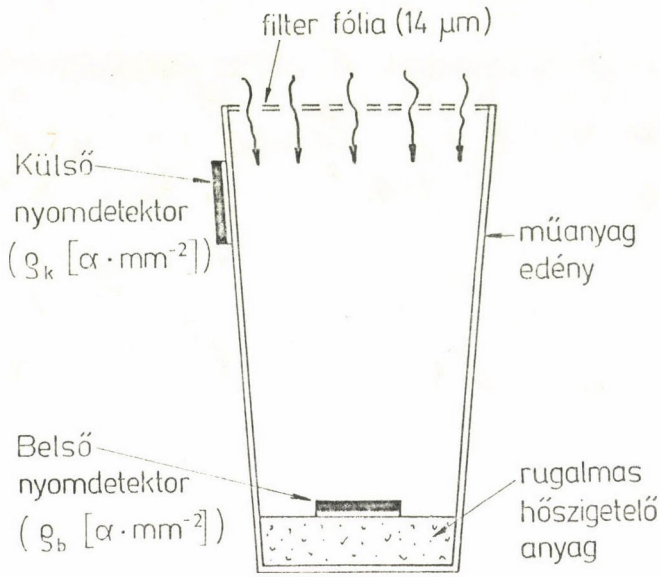
mennyiség pedig a T idő alatt mérhető *átlagos aktivitáskoncentráció* a radonra, illetve bomlástermékeire vonatkozóan.

Jelen munkánkban azt tekintettük feladatunknak, hogy olyan egyszerü mérési módszert találjunk, amely lakótér levegőjében alkalmazható a $\bar{Q}_0T$ radonexpozició mérésére és az $\bar{F}$ átlagos egyensulyi tényező meghatározására. Előkészületeket tettünk azonban olyan módszer kifejlesztésére is, amellyel a $\bar{Q}_0T$ radonexpozició és a $\bar{Q}_1T$ és $\bar{Q}_3T$ polóniumexpozició külön-külön is meghatározható.

MÉRÉSI MÓDSZER

A $\bar{Q}_0T$ és $\bar{F}$ mennyiség meghatározásához két, LR-115 tipusu, Kodak gyártmányu, cellulóznitrát nyomdetektort alkalmaztunk, a Frank és Benton által

ajánlott elrendezésben[7]. A mérőeszköz vázlatos képét az 1. ábrán tüntettük fel. Az egyik nyomdetektor alul nyitott müanyag edényben, a fedőlap közepére rögzitve helyezkedik el. A másik nyomdetektor az edény külső falára van felerősitve. Az edény nyitott végét alkalmasan megválasztott vékony filter fó-



1. ábra

A radonexpozició ($\bar{Q}_oT$) és az átlagos radioaktiv egyensulyi tényező ($\bar{F}$) meghatározására használt mérőeszköz vázlatos képe

Схематический рисунок измерительного прибора, применяемого для определения экспозиции радона $\bar{Q}_oT$ и множителя среднего равновесия $\bar{F}$

Schematic section of the measuring device used for determining the radon exposure $\bar{Q}_oT$ and the mean equilibrium factor $\bar{F}$

liával zárjuk le, hogy megakadályozzuk az edényen kivüli levegőben lévő radon-bomlástermékek és az esetleg jelenlévő toron /^{220}Rn/ bejutását. Az 54 s-os felezési idejü toron a filter fólián való átdiffundálás közben gyakorlatilag lebomlik.

A mérőedényen kivüli és belüli $Q_o(t)$ és $Q_b(t)$ radonaktivitás-koncentráció között, t időpontban a

$$\frac{dQ_b(t)}{dt} = D\,\frac{A}{\delta V}\,[Q_o(t) - Q_b(t)] - \lambda Q_b(t) \qquad /7/$$

összefüggés teremt kapcsolatot[8], ahol D a radon diffuziós állandója a filteranyagban, $cm^2 s^{-1}$-ben, A és δ a filter fólia területe cm^2-ben, illetve vastagsága cm-ben, V a mérőedény térfogata cm^3-ben, λ a ^{222}Rn α-bomlási állandója bomlás/s-ben.

A /7/ egyenlet integrálása, majd kisebb átalakitása után azt kapjuk, hogy

$$\bar{Q}_b T = \int_0^T Q_b(t)dt = k_F \int_0^T Q_o(t)dt + \frac{\delta V}{DA} k_F [Q_b(0) - Q_b(T)], \qquad /8/$$

ahol

$$k_F = [1 + (\lambda \delta V/DA)]^{-1} \qquad /9/$$

a filter fólia radonáteresztő-képességét jellemző állandó.

A /8/ összefüggésből látható, hogy a $Q_b(0) = Q_b(T)$ feltétel teljesülése esetén

$$\bar{Q}_b T = k_F \bar{Q}_o T, \qquad /10/$$

vagyis a mérőedényen kivüli és belüli radonexpozició lineárisan arányos egymással. Az emlitett feltétel jól teljesithető, ha a mérőedényeket szabad levegőn zárjuk le, majd az expozició után, de még a szétszedés előtt, néhány napig ugyanitt tároljuk.

A következő feladat annak meghatározása, hogy milyen összefüggés áll fenn az 1. ábrán jelzett belső és külső detektorokkal mérhető ρ_b, illetve ρ_k nyomsürüség és a vizsgált légtérben lévő radon és radontermékek átlagos aktivitáskoncentrációja között. Ehhez tudnunk kell a következőket: az általunk alkalmazott szilárdtest-nyomdetektor /13 μm vastag LR-115 cellulóznitrát/ érzékeny rétegén áthaladó α-részecskék látens nyomát kémiai maratással /10% NaOH, 60°C, 2 h/ tettük mikroszkóppal láthatóvá. A nyomsürüség meghatározásánál azonban csak az érzékeny rétegen teljesen átmaródott fényes nyomokat /lyukakat/ vettük figyelembe. Az általunk alkalmazott nyommaratási körülmények és mérőedénygeometria mellett a detektorra és a mérőedény belső falára lerakódott radontermékek nyomperforációt nem tudnak létrehozni. Ennek megfelelően a belső detektoron mért ρ_b nyomsürüség és az edényen belüli $\bar{Q}_b T$ radonexpozició arányos egymással. Ennek és a /10/ összefüggésnek a figyelembevételével tehát felirhatjuk, hogy

$$\rho_b = k_F k_D \bar{Q}_o T , \qquad /11/$$

ahol k_D az adott mérőedény-geometriánál és nyommaratási feltételeknél a nyomdetektor regisztrációs hatásfokát jellemzi a ^{222}Rn α-részecskéire vonatkozóan.

Amint a /11/ összefüggésből látható, ismert radonkoncentrációju térben a $k_F k_D$ szorzatot kalibrációs mérésekből megállapitva,- a lakószoba radonexpozíciója egyetlen belső detektorral[9,10] meghatározható. Ebben az esetben azonban a radontermék-expoziciót csak egy átlagos egyensulyi tényező feltételezésével becsülhetjük meg. Irodalmi adatok szerint $\bar{F}$ lakószobára várható átlagértéke 0,5 körül van[11]. Megjegyezzük, hogy $\bar{F}$ ismeretében egyedül a külső detektor is alkalmas radontermék-doziméter lehet[12].

A külső nyomdetektor a lakóterek levegőjében lévő radonnak és bomlástermékeinek együttes hatását érzékeli, vagyis az összes α-expozicióval arányos "jelet"ad.
Ekkor tehát

$$\rho_K = k_D \int_0^T [Q_0(t) + Q_1(t) + Q_3(t)]\, dt = k_D(\bar{Q}_0+\bar{Q}_1+\bar{Q}_3)T, \qquad /12/$$

ha csak radon és radontermékek vannak jelen, ami az esetek nagyrészében teljesül.

A /12/ összefüggés felirásánál természetesen nem nyilvánvaló, hogy miért kell a ^{218}Po (Q_1) és ^{214}Po (Q_3)-től származó α-részecskékre is ugyanazt a k_D nyomregisztrációs hatásfokot alkalmazni, mint a ^{222}Rn (Q_0) esetében. Ezen feltételezésünknek a helyessége azonban a következő gondolatmenet alapján belátható: az általunk használt, LR-115 tipusu nyomdetektorban lyuk csak adott E_{max} és E_{min} közti energiával /R_{max} és R_{min} hatótávolsággal/ rendelkező részecskéknél /esetünkben ez kb. 4 és 2 MeV/ és ezeknél is csak a detektorfelülethez képest mért 90° és ϑ_c közti belépési szögtartományban alakulhat ki[13] ($\vartheta_c \approx 40°$). Ennek megfelelően a detektor a környező levegőből az E_0 maximális energiáju /R_0 hatótávolságu/ α-sugárzásból csak a $90°-\vartheta_c$ kupszögü kup palástja és az $R_1 = R_0-R_{max}$, illetve $R_2 = R_0-R_{min}$ sugaru gömbfelület által határolt térrészből érkezőt regisztrálja. Belátható, hogy ezen α-részecskéktől származó nyomok /ténylegesen a detektor érzékeny rétegén átmenő lyukak/ sürüsége a

$$\rho_{ki} = \frac{1}{2}\bar{Q}_i T \int_{R_1}^{R_2} \int_{\vartheta_c}^{\pi/2} \sin\vartheta\cos\vartheta\, d\vartheta dr, \qquad /13/$$

összefüggésből számolható, ahonnan

$$\rho_{ki} = \frac{1}{4}\bar{Q}_i T(R_2-R_1)\cos^2\vartheta_c = \frac{1}{4}\bar{Q}_i T(R_{max}-R_{min})\cos^2\vartheta_c. \qquad /14/$$

Eszerint a "félvégtelen" térbe elhelyezett külső nyomdetektor regisztrációs hatásfoka:

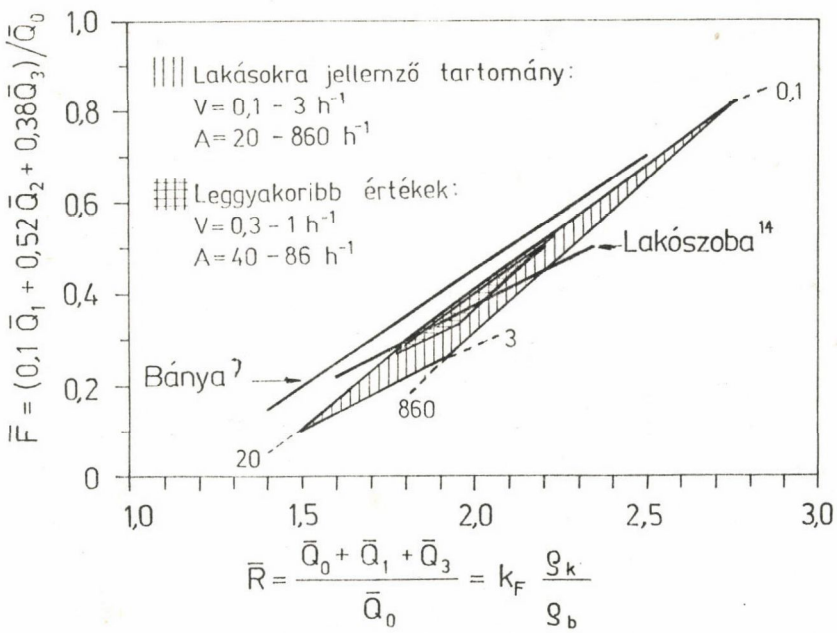
$$k_D = \frac{1}{4}(R_{max}-R_{min})\cos^2\vartheta_c, \qquad /15/$$

vagyis az α-részecskék E_0 maximális energiájától valóban független, ahogy eredetileg a /12/ összefüggés felirásánál állitottuk. /Megjegyezzük, hogy az általunk használt detektornál $k_D = 0{,}244$, vagyis kb. 25%-os regisztrációs hatásfoku/.

Ha a mérőeszközünkben a külső és belső nyomdetektort egyidejüleg használjuk, akkor a velük mért nyomsürüség arányából, amely a /10/ és /12/ összefüggés felhasználásával:

$$\frac{\rho_k}{\rho_b} = \frac{1}{k_F} \frac{\bar{Q}_0 + \bar{Q}_1 + \bar{Q}_3}{\bar{Q}_0} = \frac{1}{k_F} \bar{R} \ , \qquad /16/$$

a tényleges $\bar{F}$ egyensulyi tényezőt is megbecsülhetjük. Az ehhez szükséges $\bar{F} = f(\bar{R})$ összefüggés meghatározása azonban nem könnyü feladat. Kisérleti vizsgálatára még nem volt lehetőségünk. E helyett a 2. ábrán két irodalmi mérést közlünk[7,14], amelyet bányában, illetve lakószobában végeztek a radon és leány-



2. ábra

Az $\bar{F}$ és $\bar{R}$ mennyiség közt várható összefüggés: saját elméleti számitások és irodalmi kisérleti adatok bánya[7] és lakószoba[14] légterére. V a légcsere sebessége, A a szabad ionok aeroszolokhoz való kötődési állandója

Ожидаемое соотношение $\bar{F}$ и $\bar{R}$: собственные вычисления и экспериментальные данные для кубатуры домов[14] и копей[7]
v - скорость циркуляции воздуха, A - постоянное связи свободных ионов с аэрозолями

Relations, expected for $\bar{F}$ versus $\bar{R}$: own theoretical values and published experimental data for air of mine[7] and dwellings[14].
v - rate of air exchange, A - rate of free ions attachement to aerosols

elemei egyidejüleg meghatározott koncentrációja alapján. Ugyanitt ábrázoltuk az elméletileg várható legvalószinübb esetek tartományát is, amelyeket Jacobi egyenleteinek felhasználásával[15], a gyakorlatban tipikusan előforduló ventillációs és aeroszol-paramétereknél[11,15,16], stacionárius koncentrációegyensulyokat feltételezve számoltunk.

A 2. ábrán feltüntetett tartományok számitása során a következő, állandónak feltételezett paramétereket használtuk: a szabad atomok falhoz kötődési állandója (26 h^{-1}), az aeroszolok kitapadási állandója (0,065 h^{-1}) s a visszalökődési paraméter (0,83), amely azt jelzi, hogy az α-bomlást követően a radon leányelemei milyen valószinüséggel válnak le az őket hordozó aeroszol részecskékről[16].

A 2. ábrán az $\overline{F} = f(\overline{R})$ összefüggésre elméletileg várható legvalószinübb tartomány világosan kirajzolódik. Ugyanakkor azt is meg kell állapitanunk, hogy az ezen áthuzható görbék alapján becsült $\overline{F}$ értékek szórása elég nagy lehet.

ELŐZETES EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A fentiekben vázolt mérési módszert alkalmazva 1980 decembere és 1981 juniusa között, Borsod-Abauj-Zemplén megye két településén, 150 napos expoziciós idővel mintegy ötven lakásban végeztünk előzetes mérést. Belőlük a következő tapasztalatok szürhetők le:

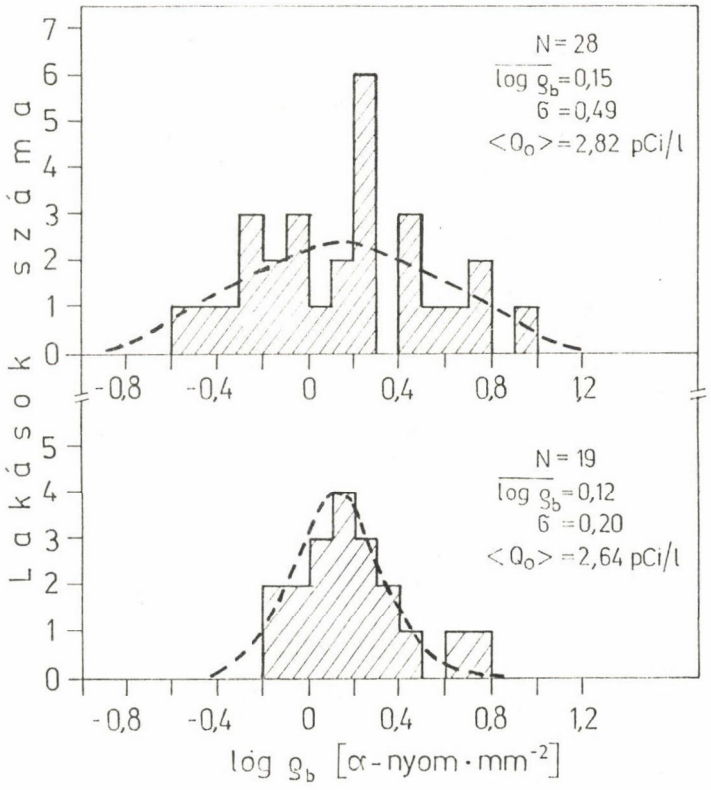
1. a lakószobában mért radon-expozició, a várakozással megegyezően[11,17] lognormális gyakorisági eloszlást követ. Az eredmények a 3. és 4. ábrán láthatók, ahol a mérőedények belső detektorán mért ρ_b [nyom.cm^{-2}] nyomsürüség logaritmusának gyakorisági eloszlását és illesztett

$$n(\log\rho_b) = \frac{N}{10} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-(\log\rho_b-\mu)^2/2\sigma^2\right] \qquad /17/$$

alaku Gauss-görbéket ábrázoltuk. A belső detektorokon mért nyomsürüség radon-expozicióra, kalibrációs méréseink szerint ±20% standard deviációval, az alábbi összefüggések alapján számitható át:

$$1\ \alpha\text{-nyom}\cdot mm^{-2} = 2\ pCi\cdot l^{-1}\cdot 150\ nap = 7{,}2\ nCi\cdot l^{-1}h. \qquad /18/$$

2. A 3. ábrából látható, hogy a nagyobb tüdőrák-gyakoriságot mutató településen a belső detektorokon mért nyomsürüség logaritmusának átlaga ($\overline{\log\rho_b}$) lényegében megegyezik a kontroll területen kapottal, azzal a különbséggel, hogy a szórás (σ) itt lényegesen nagyobb. A nagyobb szórás valamilyen - a lakószobai radonkoncentrációt befolyásoló - környezeti tényező erősebb fluktuációjára utal.



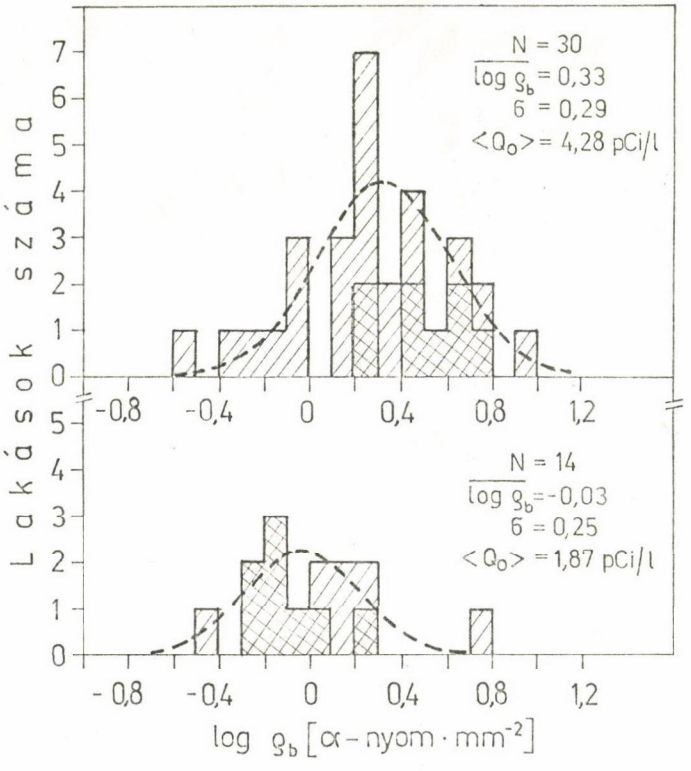
3. ábra

Egy kontroll területen /alul/ és egy nagyobb tüdőrák-gyakoriságot mutató településen /felül/ a lakószoba levegőjében mért $\log\rho_b$ gyakorisági eloszlás. ρ_b a radon által létrehozott α-nyomsürüség 150 napos expozició után, σ a $\log\rho_b$ standard deviációja, $<Q_o>$ a $\log\rho_b$ átlagértékéhez rendelhető radonaktivitás-koncentráció, N a mérőhelyek száma

Распределение частоты $\log\rho_b$, измеренной в воздухе домов на территории контроля /ниже/ и в регионе, где рак легких встречается чаще /выше/
ρ_b- плотность α-треков от распада радона через 150 дней, σ - стандартное отклонение величины $\log\rho_b$, $<Q_o>$ - концентрация активности радона, отнесенная к средней величине $\log\rho_b$, N - число обследованных домов

Frequency distribution of $\log\rho_b$ measured in the air of dwellings in a control area /below/ and in a region with higher risk of lung cancer /above/
ρ_b- α-track density produced by radon during 150 days, σ - standard deviation of $\log\rho_b$, $<Q_o>$ - radon activity concentration related to the mean value of $\log\rho_b$, N - number of dwellings studied

A 4. ábrán az alápincézett és alápincézetlen szobában mért ρ_b nyomsürüség logaritmusának gyakorisági eloszlását ábrázoltuk. A tendencia egyezik más szerzők feltételezésével[11,17], amely szerint a radonexpoziciót - az épitőanyag fajtáján kivül - lényegesen befolyásolja az is, hogy az adott helyiség a talajjal közvetlenül érintkezik-e, vagy nem. Az általunk vizsgált település egyik részterületén /a 4. ábrán kettősen vonalkázva/ az alápincézetlen szobákban mért radonexpozició különösen nagy. Ezt feltehetően a talaj normálisnál nagyobb radonemanációja okozhatja.



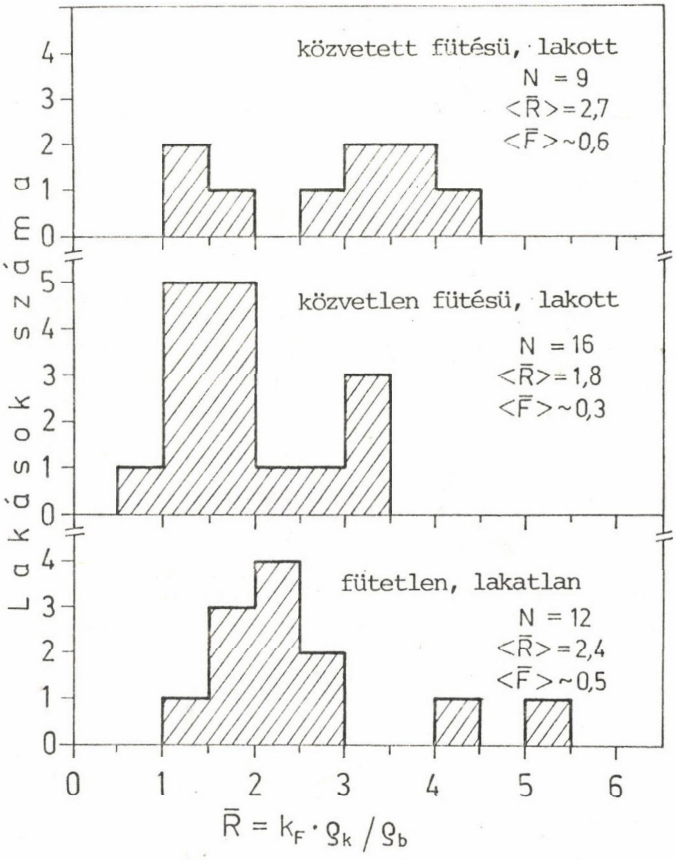
4. ábra

Alápincézett /alul/ és alápincézetlen /felül/ lakásban mért $\log\rho_b$ gyakorisági eloszlás. A keresztező vonalakkal jelölt adatok a vizsgált település egyik anomális részterületéről származnak.

Распределение частоты $\log\rho_b$, измеренной в домах с подвалом /ниже/ и без подвала /выше/. Данные, обозначенные перекреснымиими линиями были накоплены из аномальной части региона.

Frequency distribution of $\log\rho_b$ measured in dwellings with /below/ and without /above/ cellar, respectively. The data marked with crossing lines are measured in an anomalous site of the town studied.

4. Statisztikailag kimutattuk, hogy az összes α-expozició és a radonexpozició hányadosa ($\bar{R} = k_F \rho_k / \rho_b$) összefüggésben van a szoba lakottsági fokával és fütési módjával /5. ábra/. A mérés során megkülönböztettük az un. közvetlen és közvetett fütést. Közvetlen fütésnek neveztük azt, ha a tüzelőt kályhában égetik el. Az összes többi /központi, elektromos stb./ fütési módot közvetettnek nevezzük. A fütési mód és a lakottsági fok közvetlenül a ventillációs és aeroszolparamétereket befolyásolhatja, igy ezen keresztül az $\bar{R}$ hányados eloszlását is.



5. ábra

Az összes α-expozició és a radonexpozició arányának ($\bar{R}$) gyakorisági eloszlása különböző fütési módu és lakottsági foku szobákban

Распределение частоты отношения экспозиций от всех α-частиц и α-частиц от радона, $\bar{R}$, в помещениях с разными способами отопления и разной степенью заселенности

Frequency distribution of the rate $\bar{R}$ of the total α-exposure and radon exposure in dwellings with different heating conditions and population

ÖSSZEFOGLALÁS

Az általunk bevezetett szilárdtest-nyomdetektoros módszer jól használható néhány hónapi integrális radonexpozició pontos mérésére, továbbá a radioaktiv egyensulyi viszonyok első közelitésben végzett becslésére. Az utóbbi meghatározásának nagyobb hibája miatt célszerünek látszik a lakásonként mérhető egyedi $\overline{F}$ érték helyett adott tipusu lakásosztályokra meghatározott $\langle\overline{F}\rangle$ átlagot számitásba venni. Ennek megfelelően, a méréseink során megkülönböztetett lakásosztályoknál, $\langle\overline{F}\rangle$-ra a következő adatokat kaptuk: közvetlen fütésü, lakott szobánál 0,3, közvetett fütésü, lakott szobánál 0,6 és fütetlen, lakatlan szobánál 0,5.

Megemlitjük, hogy norvég lakásokban végzett radonmérés alapján, Stranden[18] 1,4 pCi/l-es átlagos aktivitáskoncentrációkat közölt. Feltételezése szerint (0,3 WLM/év radonbomlástermék-expozicióval és 0,5-es egyensulyi tényezővel számolva) ez az összes tüdőrák-előfordulás 10-15%-át okozhatja, ami 20 éves lappangási idő és 1 WLM évi expozició esetén 10^{-4}-es tüdőrák-kockázati tényezőhöz vezet. Alápincézett lakásban mért adatainkból /lásd a 4. ábrát/ hasonló következtetésre juthatunk. Alápincézetlen lakásban azonban, ahol előzetes méréseink 4,3 pCi/l-es átlagos radonkoncentrációt jeleztek, a bomlástermék-expozíciótól eredő tüdőrák-előfordulás az összes esetek 30-45%-át is elérheti. Meg kell jegyezni azonban, hogy a mérési adatok kis száma miatt e becsléseket még óvatosan kell kezelni. Egyértelmü, reprezentativ adatokhoz a vizsgált megyében még nagyobb statisztikai pontosságu és hosszabb periódust átfogó vizsgálat szükséges. Ennek érdekében az uj módszerrel végzett méréseinket tovább folytatjuk.

IRODALOM

1. UNSCEAR-77, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Sources and Effects of Atomic Radiation, New York, 1977
2. *Takács S.*, Nem közölt eredmények
3. MSZ 19396-80, RaA-, RaB-, RaC-koncentráció gyors mérése munkahelyek és lakószobák levegőjében, 1980
4. *J.W. Thomas*, Health Phys. 23 /1972/ 783
5. Radiation Protection in Uranium and Other Mines, ICRP Publication 24, Annals of the ICRP, Pergamon Press, 1, 1977
6. *T. Domanski, W. Chruscielewski, J. Liniecki*, Nukleonika 20 /1975/ 589
7. *A.L. Frank, E.V. Benton*, Nucl. Track Detection 1 /1977/ 149
8. *R.L. Fleischer*, et al. Health Phys. 39 /1980/ 957
9. *J.C.H. Miles, E.J. Dew*, Proc. 11th Int. Conf. Solid State Nuclear Track Detectors, Bristol, 1981, 569
10. *M. Urban, E. Piesch*, Proc. 11th Int. Conf. Solid State Nuclear Track Detectors, Bristol, 1981, 577

11. Exposure to Radiation from the Natural Radioactivity in Building Materials, Report by a NEA Group of Experts, 1979
12. *T. Domanski, W. Chruscielewski, M. Hofman,* Health Phys. 40 /1981/ 211
13. *G. Somogyi,* Nucl. Instr. Meth. 173 /1980/ 21
14. *A. George,* The Natural Radiation Environment II., Symposium Proc. Houston, Aug. 7-11, 1972, 741
15. *W. Jacobi,* Health Phys. 22 /1972/ 441
16. *E. Stranden, L. Berteig, F. Ugletneit,* Health Phys. 36 /1979/ 413
17. *Tóth Á.,* Sugárfizikai vizsgálatok a lakosság által inhalált RaA-, RaB-, RaC-okozta légzőszervi dózis meghatározására, kandidátusi értekezés, 1971
18. *E. Stranden,* Health Phys. 38 /1980/ 301

*

Vizsgálatot kezdtünk radon és bomlástermékei aktivitáskoncentrációjának meghatározására eltérő tüdőrák-gyakoriságu településeken lévő lakószobák levegőjében. Méréseinket α-részecskére érzékeny müanyag nyomdetektorokat tartalmazó, passziv /energiaforrást nem igénylő/ eszközzel végeztük. Az egyszerü mérőeszköz jól alkalmazható több hónapi, integrális radonexpozició pontos mérésére és a radon és leányelemei közötti egyensulyi viszonyok közelitő becslésére. A módszer első hazai alkalmazásaként, öthónapos expoziciós időt alkalmazva, 50 lakásban végeztünk előzetes mérést. A radonexpoziciót a szoba alápincézettsége, a radioaktiv egyensulyi viszonyokat pedig a fütési mód és a lakottsági fok is befolyásolja.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПОЗИЦИИ РАДОНА И ДОЧЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ
Парипаш, Б., Шомодьи, Дь., Такач, Ш.

Была определена концентрация активности радона и дочерных элементов в жилых помещениях, находящихся в регионах, где частота рака легких отличалась друг от друга. Измерения были проведены с помощью пассивного, т.е. не нуждающегося во внешнем источнике энергии устройства, содержавшего полимерные трековые детекторы, чувствительные к α-частицам. Такой простой прибор позволяет точно измерить интегральную экспозицию радона за несколько месяцев и приблизительно оценить равновесное отношение радона к дочерным элементам. В первом отечественном применении метода были проведены предварительные измерения в 50 домах в течение 5 месяцев. Результаты показывают на то, что наличие или отсутствие подвала влияет на концентрацию радона, а степень заселенности и способ равновесного отопления влияет на равновесное отношение радона к его продуктам распада.

DETERMINATION OF RADON AND DAUGHTER EXPOSURES IN DWELLINGS WITH SOLID STATE NUCLEAR TRACK DETECTORS
Paripás, B., Somogyi, B., Takács, S.

Studies have been started to measure the activity concentrations of radon and its daughters in the air of dwellings in regions with various risks of lung cancer. Our measurements were carried out with passive device, i.e. not equipped with energy source, containing plastic sheets sensitive to α-particles. The simple device can measure the integral radon exposure during several months and estimate the approximate degree of equilibrium between radon and its daughters. As a first home application of the method, preliminary studies were performed in 50 dwellings using an exposure time of 5 months. The results show that the radon exposure is influenced by the existence of a cellar below dwellings. In addition, the degree of radioactive equilibrium is affected by heating conditions and the population in dwellings, too.

IZOTÓPTECHNIKA 26 /1/: 38-52 /1983/

RADONMÉRÉS A HAJNÓCZY-BARLANGBAN

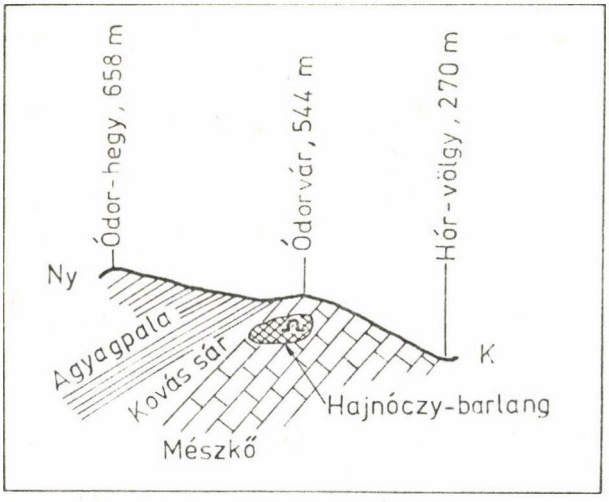
Somogyi György[1], Varga Zsuzsa[1], Németh Gyula[2], Pálfalvi József[3], Gerzson István[4]

[1]Az MTA Atommagkutató Intézete, Debrecen, Pf.51, 4001
[2]Hajnóczy Gimnázium, Tiszaföldvár, 5430
[3]Az MTA Központi Fizikai Kutatóintézete, Budapest, Pf. 49, 1525
[4]Mecseki Ércbányászati Vállalat, Kővágószőllős, 7673

/Érkezett 1982. október 18-án/

A HAJNÓCZY-BARLANG

A Hajnóczy-barlang bejárata a Bükk-hegység délnyugati részén, az Ódorvár déli oldalában, kb. 400 m tengerszint feletti magasságban nyilik. A barlang szürke ladini mészkőben alakult ki, közel ÉK-DNY irányu és ezeket nagyjából merőlegesen keresztező törésvonalak mentén. A hely érdekessége, hogy az idősebb /alsóladini/ agyagpala a barlang egy része felett rátolódott a fiatalabb mészkőre /1. ábra/.



1. ábra

A Hajnóczy-barlang vertikális elhelyezkedése az Ódor-hegy mészkövében

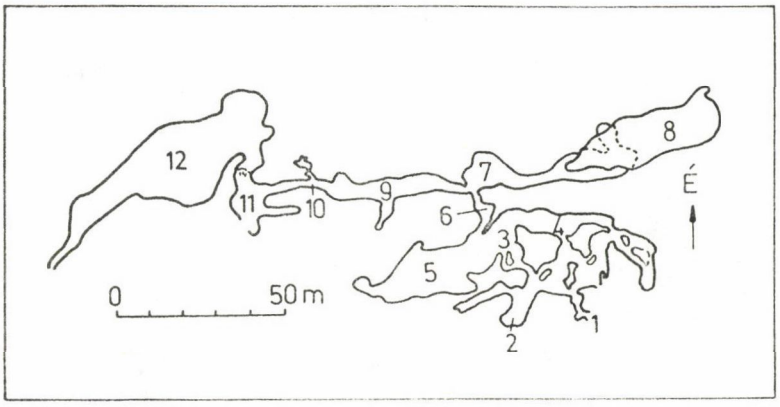
Вертикальный разрез пещеры Хайноци в известняках горы Одор

Vertical position of the Hajnóczy cave in the limestone of Mount Ódor

A barlang a fő törésvonalak kereszteződésénél kialakult, nagyobb méretü termekből és az ezeket összekötő szük, néhol labirintusszerü járatokból áll /2. ábra/. A járatok 1981-ig ismert összhossza megközeliti a 2 km-t. A barlang eddig ismert legmélyebb pontja a bejárat szintje alatt kb. 80 m-rel található.

A léghőmérséklet a barlang különböző helyein 8,5°C és 10,6°C között mozog. A napi hőmérséklet-ingadozás egy-egy helyen legfeljebb ±0,5°C, az évi ±1°C körüli[1]. Légmozgás a barlang legtöbb helyén kimutatható. A levegő az egyetlen ismert bejáraton nyári időszakban kifelé, télen pedig befelé áramlik. A nyári időszakban, a felszini és barlangi levegő közötti 10°C hőmérsékletkülönbség esetén, a bejárati szakaszon a légcsere sebessége 0,4 $m^3 \cdot s^{-1}$ körüli, az áramlás magjában 0,27 $m \cdot s^{-1}$

sebesség mellett. A felszini léghőmérséklet megváltozását a barlangi légáram sebességének megváltozása kb. 30 perc késéssel követi[1]. Mivel a barlangnak - az eddigi rendszeres felszini és földalatti kutatás szerint - csak egyetlen szükebb bejárata van, feltételezhető, hogy a levegő nyári kiáramlása és téli beáramlása tulnyomórészt a kőzetrepedéseken és a talajszemcsék között megy végbe.



2. ábra

A Hajnóczy-barlang vázlatos alaprajza és fő részeinek elnevezése. 1 - Bejárat, 2 - Rom-terem, 3 - Depó, 4 - Lapos-terem, 5 - Nagy-terem, 6 - Leyla, 7 - Galéria, 8 - Óriás terem, 9 - Grand-kanyon, 10 - Hufi-folyosó, 11 - Komszomol-terem, 12 - Tsitsogó

Схематическая карта и названия главных частей пещеры Хайноци. 1 - Вход, 2 - Зал руин, 3 - Кладовая, 4 - Плоский зал, 5 - Большой зал, 6 - Лейла, 7 - Галерея, 8 - Гигантский зал, 9 - Гранд каньон, 10 - Коридор Хуфи, 11 - Зал Комсомола, 12 - Болотистый зал

A schematic map and the names of the main parts of the cave. 1 - Entrance, 2 - Ruin hall, 3 - Depot hall, 4 - Flat hall, 5 - Large hall, 6 - "Leyla", 7 - Gallery, 8 - Giant hall, 9 - Grand Canyon, 10 - "Hufi" passage, 11 - Komsomol hall, 12 - Squelching hall

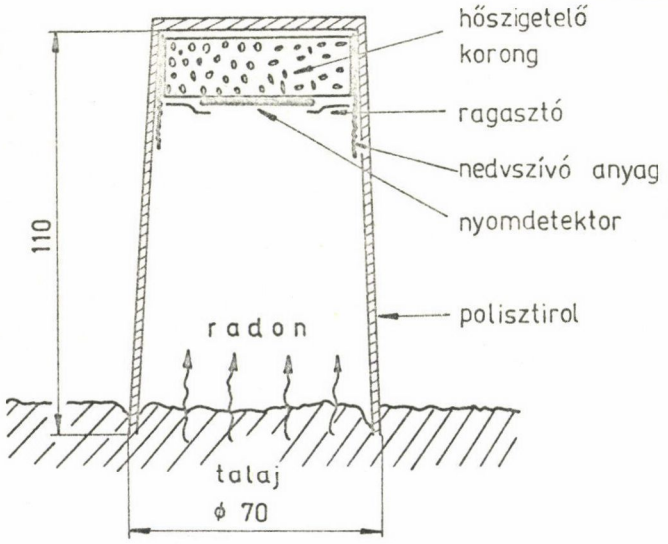
A SZILÁRDTEST-NYOMDETEKTOROS RADONMÉRÉS

A földkéreg anyaga átlagosan 3-4 g/t urániumot és 10-12 g/t tóriumot tartalmaz. Ezek radioaktiv bomlási sorok anyaelemei, tehát mellettük megjelennek leányelemeik, köztük a radon izotópok is. A légnemü radon azonnal szétáramlik a keletkezési helyét körülvevő anyagban. Az uránium bomlási sorában keletkező ^{222}Rn izotóp 3,8 napos felezési ideje elég hosszu ahhoz, hogy mérhető aktivitással a felszinre akár 100 m mélységből is feljusson. A tórium bomlási sorában megjelenő toron gáz /^{220}Rn izotóp/ azonban, rövid, 56 s-os felezési ideje miatt, csak igen kis távolságra tud eljutni /diffuziós úthossza normál levegőben kb. 3 cm/.

Mivel a radon és egyes lányelemei α-bomló izotópok, a barlangi levegőben és talajgázban való jelenlétükről α-sugárzásuk mérésével tudomást szerezhetünk. E mérést zavaró más α-sugárzás a természetben nem található.

Az átlagos radonaktivitás meghatározására irányuló méréseinket ugy végeztük, hogy a mérési helyekre /4. ábra/ hosszabb időtartamra /általában 1 hónapra/ α-részecskékre érzékeny, Kodak-LR-115-II. tipusu szilárdtest-nyomdetektorokat helyeztünk el. A detektorokba becsapódó α-részecskék nyomát kémiai maratással /10% NaOH, 60°C, 2 h/ hivtuk elő. Ennek eredményeképpen a detektorokban néhány mikrométer átmérőjü üregek /un. nukleáris nyomok/ keletkeztek, amelyek felületi sürüségét optikai mikroszkóp alatt meghatároztuk. Ebből meghatároztuk a vizsgált időszakban az adott mérési helyre jellemző átlagos radon-aktivitáskoncentrációt. Ennek során feltételeztük, hogy a barlangi levegő és a talajgáz α-aktivitása döntően a ^{222}Rn-tól és bomlástermékeitől származik. Ennek érvényességét több helyen kisérletileg is igazoltuk.

Kalibrációs adataink szerint 1 pCi/l (37 Bq·m^{-3}) aktivitáskoncentrációju radont tartalmazó térben, teljes radioaktiv egyensuly és 30 napos expoziciós idő esetén, az általunk használt geometriáju mérőeszköz /3. ábra/ érzékenysége 38,6 nyom·cm^{-2}. Ez az érték, abban az esetben, ha a lányelemek teljesen hiányoznak, 27,2 nyom·cm^{-2}-re módosul. Az adott geometriáju mérőedényünk tehát gyakorlatilag csak a radont méri, és elhanyagolható mértékben érzékeny a radioaktiv egyensulyi viszonyokra.



3. ábra

A radonkoncentráció mérésére használt eszköz keresztmetszeti rajza

Схема устройства для определения концентрации радона

Schematic section of the device used for radon concentration measurements

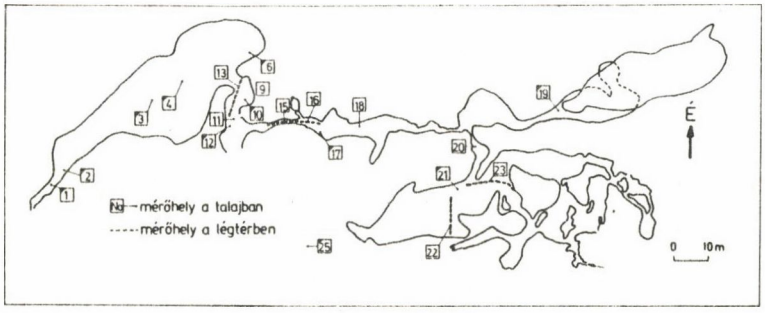
Radonmérési módszerünk megfelelően érzékenynek bizonyult ahhoz, hogy - egy hónapos expozíciókat használva - a földalatti üregek talajában, illetve légterében általában várható 50-500 pCi/l-es radonkoncentrációt[2] kellő pontossággal mérhessük. Módszerünk az eddig ismerteknél /pl. emanometria/ sokkal egyszerübb és olcsóbb, használata különösebb előkészületet nem igényel, ugyanakkor a pillanatnyi ingadozásokat kiküszöbölő, megbizható mérést tesz lehetővé.

Végül megjegyezzük, hogy az itt közölt méréseink során a radon

bomlástermékei aktivitáskoncentrációjának meghatározására nem tettünk kisérletet. Egy ujabb, kétféle érzékenységü nyomdetektort alkalmazó módszerrel azonban ez is megoldható. 1981 folyamán ilyen tipusu barlangi méréseket is elkezdtünk.

A BARLANGI TALAJGÁZ RADONKONCENTRÁCIÓJÁNAK ÉVSZAKI VÁLTOZÁSA

A talajgáz radonkoncentrációja, Magyarország különböző helyein végzett felszinközeli terepi méréseink szerint, éves periódusu fluktuációkat mutat[3]. Feltételeztük, hogy e jelenség megértését elősegitheti, ha ilyen mérést földalatti üregben is végzünk, ahol egyes meteorológiai tényezők kevésbé ingadoznak. Ennek megfelelően, 1978 májusa és 1980 novembere között, a Hajnóczy-barlang különböző részein és a barlang feletti terepen a talajgáz radontartalmának meghatározására egyidejüleg 20 mérőeszközt telepitettünk /lásd a 4. ábrát/. Közülük kettőt-kettőt egy felszini forrásban, illetve a barlang egy-egy kisebb tavában helyeztünk el. Az eszközökben a nyomdetektorokat rendszeresen, általában havonta cseréltük, és értékeltük.



4. ábra

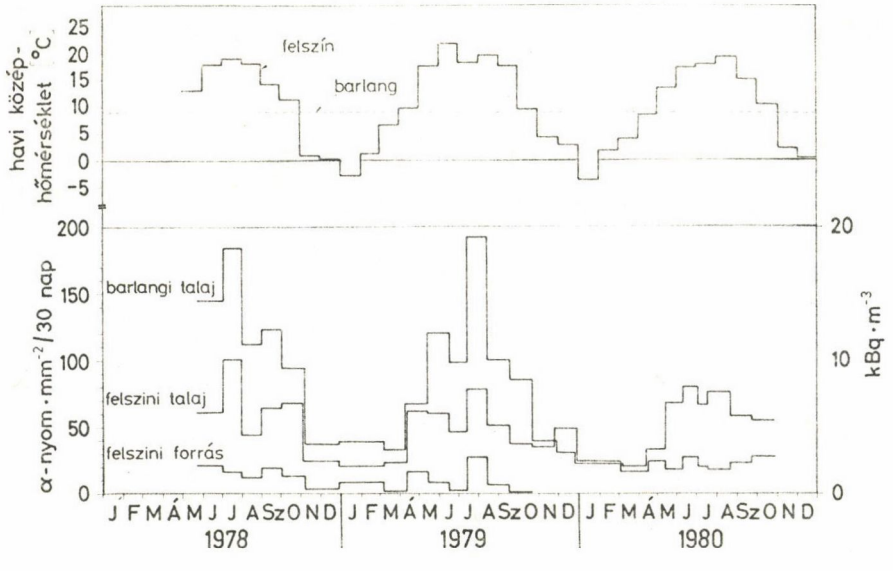
Radonmérési helyek a Hajnóczy-barlangban /a 25. mérőhely a felszini talajban van elhelyezve/. A fekete sarku négyzetek azokat a helyeket jelzik, ahol γ-dózist mértünk.

Места размещения детекторов радона в пещере /детектор 25 находился в почве на поверхности горы/. Квадраты с черным углом показывают места, где была измерена γ-доза.

Radon measuring sites in the cave /site 25 is in the surface ground/. The squares with black top-end indicate the sites where γ-dose was also measured.

A telepités során a mérőeszköz száját a mérőhely talajába mélyitettük. Az egyes mérőhelyeken azonban, az eltérő tipusu és keménységü talajfajták miatt, e müveletet nem lehetett azonos módon elvégezni, ezért a mérési adatok ebből várható tipikus szórásának megállapitására a 21. számu mérőhelyen /4. ábra/ három mérőeszközt is elhelyeztünk, egymástól nem messzebb mint 1 méterre különböző pozíciókban. Az egyik eszköz légtere néhány milliméteres résen keresztül közvetlenül érintkezett a barlangi levegővel. A másik nyilása kb. 1 cm mélyen belemélyedt a barlangi talajba. A mérés tehát a talajgázzal érintkező zárt térben folyt. Végül a harmadik eszköz egy 0,7 m mély gödör alján, a barlangi talajba besüllyesztve helyezkedett el. A 2,5 éves mérési periódusban a három detektorral egyidőben mért radon-aktivitáskoncentráció átlagos szórása ±19%-nak adódott.

A barlangi talajgázban végzett radonmérés azt mutatta, hogy a felszini talajban már előzőleg tapasztalt szezonális változást a barlangba telepitett detektorok is jelzik, de itt a tendencia világosabban, finomabb ingadozásoktól mentesen jelentkezik /5. ábra/. A barlangi talajgáz radon-aktivitáskoncentrációjának a maximuma a nyári hónapokra, minimuma pedig a novembertől áprilisig tartó periódusra esett. 1978-1979-ben az egyes mérőhelyeken tapasztalt maximális és minimális aktivitáskoncentráció arányának átlaga a Nagy-teremben 6,5, a Grand-kanyonban 6,1, a felszini talajgázban pedig 5 körüli értéknek adódott.



5. ábra

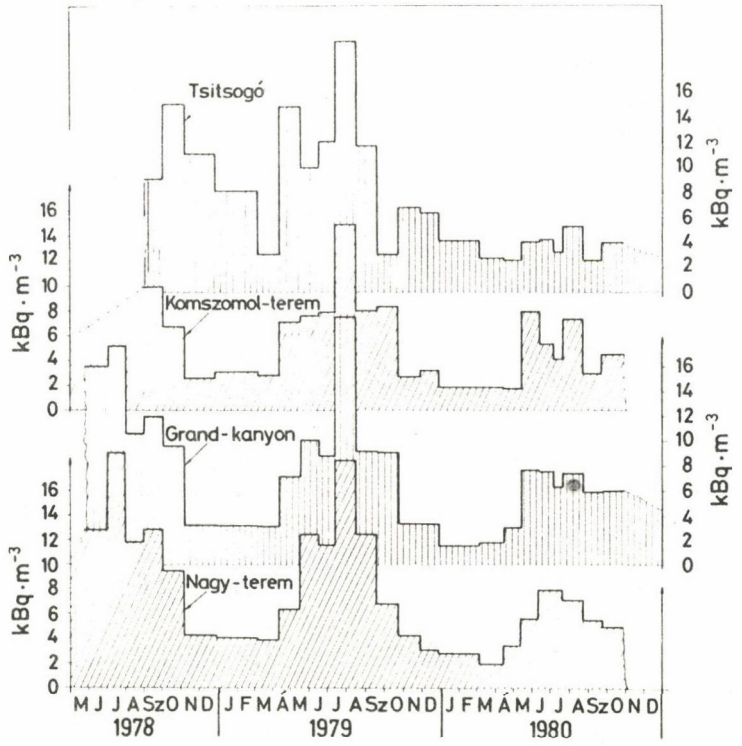
Alsó ábra: az egyes mérőhelyeken mért radon-aktivitáskoncentráció átlagának szezonális változása a barlangi és a barlang feletti talajgázban, valamint egy felszini forrásban. Felső ábra: a felszini és barlangi átlagos léghőmérséklet változása a mérési periódus alatt

Снизу: Сезонное изменение средних концентраций активности радона в газе почвы, на поверхности горы и в воде подземного источника. Выше: Изменение средней температуры воздуха в пещере и на поверхности за время измерений

Below: Seasonal variation of the average of the Rn-activity concentrations measured in soil gas in and above the cave and in a surface stream. Above: Indoor and outdoor air temperatures averaged over the measuring periods

Az 1979-1980-as periódusban ugyanezen érték rendre 8,2, 14 és 4,7 volt. A barlangi talajgáznak a teljes mérési időszakra átlagolt radontartalma közel ezerszeresen multa felül a felszini, talajközeli levegő radontartalmát /az utóbbi 7 $Bq \cdot m^{-3}$ körüli/. Ezen hányados a maximális radioaktivitást mutató nyári hónapokban közel 3000.

A legtöbb barlangi mérőhelyen a radontartalom időbeli változása közel hasonlónak mutatkozott /6. ábra/. Ettől eltérést csak a barlang mélyebben fekvő részein tapasztaltunk. Extrém aktivitásával és nagy ingadozásaival ezek közül is kitünt a 4. mérőhely /4. ábra/, ahol 1979. julius vége és augusztus eleje között az egész 2,5 éves periódus alatti legnagyobb aktivitáskoncentrációt észleltük: 44 $kBq \cdot m^{-3}$-t (1190 pCi/l), a felszini levegő radonkoncentrációjának több, mint 6000-szeresét. Érdemes megjegyezni, hogy a barlang feletti talajban, illetve egy, a barlangtól 7 km-re eső felszini mérőhely /Sikfőkut/ talajgázábanis ekkor észleltük az egész mérési periódusban a legnagyobb radonaktivitáskoncentrációt.



6. ábra

A radon-aktivitáskoncentráció szezonális változása a Hajnóczy-barlang négy, nagy térfogatu termében

Сезонное изменение концентрации активности радона в четырех залах с наибольшими объемом пещеры

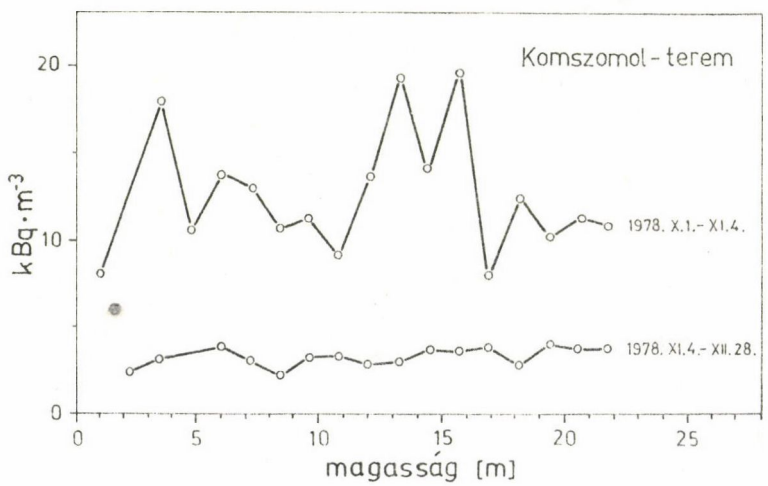
Seasonal variation of Rn-activity concentration in four large-volume halls of the cave

A RADONKONCENTRÁCIÓ VÁLTOZÁSA A BARLANGI ÜREGEK LÉGTERÉBEN

A Hajnóczy-barlang egyes nagyobb járatainak, termeinek légterében a radontartalom tipikus változását függőleges és vizszintes irányban felfüggesztett nyomdetektorokkal is tanulmányoztuk /ezeket a mérési helyeket a 4. ábrán szaggatott vonal jelzi/.

Az egyik méréssorozat az egész barlang legnagyobb függőleges méretü termében, a Komszomol-teremben /13. mérőhely, 4. ábra/ történt, egy 22 m-es magasságot átivelő részben. Az első mérést 1980. október 1. és november 1. között végeztük, amikor a légáramlás átmeneti jellegü volt, s a levegő hol lefelé, hol felfelé áramlott. Ekkor, amint a 7. ábrán látható, az átlagos aktivitáskoncentráció különböző magasságokban igen eltérőnek mutatkozott. Feltünő a vizsgált magasságintervallum alsó és középső szintjén jelentkező helyi maximum. Ezeken a szinteken aknák, járatok torkollnak a terembe.

A második mérést 1980. november 4. és december 28. között végeztük, amikor a légáramlás teljesen télies jellegü volt, azaz a levegő a barlang száján befelé, a Komszomol-teremben pedig gyengén lefelé áramlott. Az ekkor mért aktivitáskoncentráció az egyes magassági szinteken alig különbözik egymástól, értéke 2,2 és 4,3 $kBq \cdot m^{-3}$ között változott /7. ábra/.



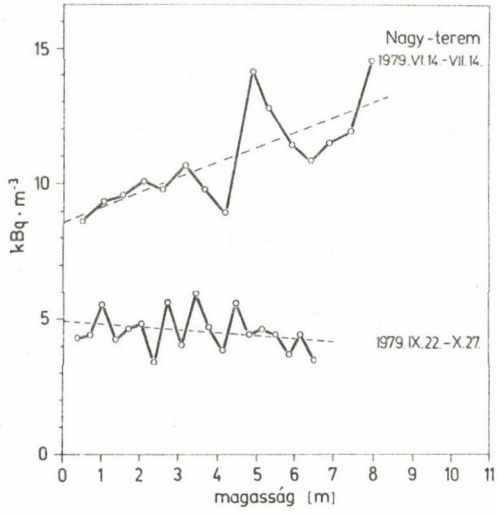
7. ábra

A radon-aktivitáskoncentráció változása a Komszomol-terem levegőjében függőleges irányban, két különböző mérési periódusban

Изменение концентрации активности радона в воздухе зала Комсомола в вертикальном направлении в течение двух различных периодов измерений

Variation of Rn-activity concentration in the air of Komsomol hall in vertical direction, in two different measuring periods

Két méréssorozatot a barlang első harmadában található Nagy-teremben is elvégeztünk /8. ábra, 22. mérőhely/. A vizsgált magasságintervallum 8 m volt. Az első mérési időszakban, 1979. junius 14. és julius 14. között, a légáramlás a barlang bejáratánál kifelé irányult. Az ekkor mért aktivitáskoncentráció, 8,5 és 14,5 kBq·m^{-3} között ingadozva, a magassággal nőtt. Egy másik mérési periódusban, 1980. szeptember 22. és október 27. között, a különböző magasságokban ±20%-on belül egyező aktivitáskoncentrációt tapasztaltunk. Ekkor a légáramlás gyakorlatilag stagnált, mivel a felszini és barlangi átlaghőmérséklet közel azonos volt /lásd az 5. ábra felső részét/.



8. ábra

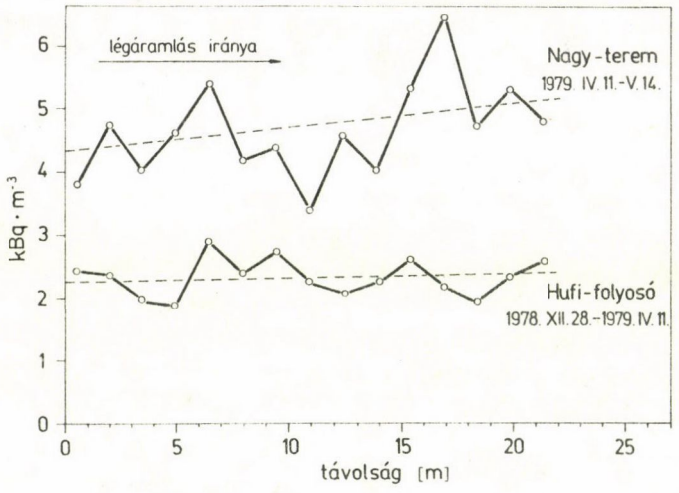
A radon-aktivitáskoncentráció változása a Nagy-terem levegőjében függőleges irányban, két különböző mérési periódusban

Изменение концентрации активности радона в воздухе Большого зала в вертикальном направлении в течение двух разных периодов измерений

Variation of Rn-activity concentration in the air of Large hall in vertical direction, in two different measuring periods

Vizszintes irányban, a talaj felett kb. 1 m magasságban, az aktivitáskoncentráció változását két helyen: a Hufi-folyosóban és a Nagy-teremben vizsgáltuk /4. ábra, 15. és 23. mérőhely/. A Hufi-folyosón egy 22 m hosszu, csőszerü ág mentén, tipikusan télies jellegü időszakban mértünk, amikor a légáramlás igen kis sebességgel a Grand-kanyonból a Komszomol-terem felé haladt. Az ekkor mért aktivitáskoncentráció az áramlás irányában szignifikáns növekedést nem mutatott, átlagértéke 2,4 kBq·m^{-3} volt /9. ábra, alsó görbe/.

A Nagy-teremben a radonaktivitáskoncentráció vizszintes irányu változását egy 21 m hosszu bejárati szakaszon vizsgáltuk, a Leylától a Depó felé tartó, kis sebességü légáramlásban, nyári tipusura forduló, átmeneti légáramlási időszakban. Ekkor az aktivitáskoncentráció, az áramlás irányában haladva, 4,3 kBq·m^{-3} értékről indulva 15%-os átlagos növekedést mutatott /9. ábra, felső görbe/.



9. ábra

A radon-aktivitáskoncentráció változása vizszintes irányu, lassu légáramlat mentén, téli /alul/ és átmeneti /felül/ időszakban

Изменение концентрации активности радона вдоль медленного потока воздуха в горизонтальном направлении в зимний /ниже/ и переходный /выше/ периоды

Variation of Rn-activity concentration in horizontal direction along a slow air flow in a winter /below/ and a transitional /above/ period

γ-DÓZIS MÉRÉSE A BARLANGI ÜREGEK LÉGTERÉBEN

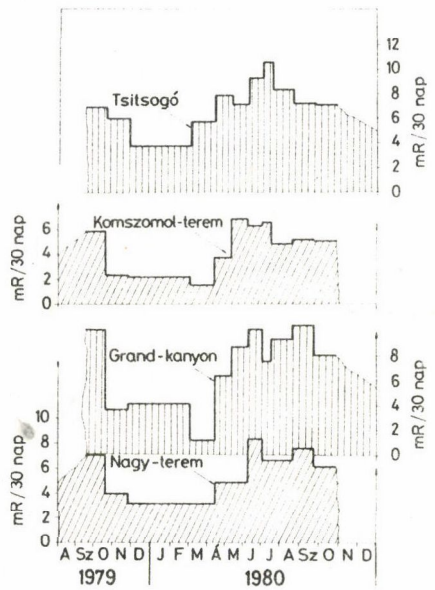
1979. szeptember 17. és 1980. október 27. között a barlang 10 különböző pontján a szilárdtest-nyomdetektorok közvetlen közelében termolumineszcens detektorokat is elhelyeztünk, amelyeket a nyomdetektorokkal együtt kb. havonta cseréltünk. A méréshez $CaSO_4$:Dy detektort választottunk por formájában. Ez az anyag nagy érzékenységü, kicsi a fadingje, s igy segitségével kb. 10%-os pontossággal lehetett mérni a barlang légterében 5-20 mR/hónap körül várható γ-sugárzási szintet.

Minden mérési ponton réztokba zárva 3-3 TL-detektort helyeztünk el. A nedvesedés elkerülésére ezeket még két réteg aluminiumozott polietilén fóliába is behegesztettük. A kozmikus háttérsugárzás figyelembevételéhez, a barlang három pontján, réz és polietilén tokba helyezett detektorokkal, 50 mm falvastagságu ólomtoronyban végeztünk mérést. További kontrolldetektorok segitségével a detektorok szállitása és tárolása közben felszedett járulékos γ-dózist is megbecsültük.

A TL-detektorok kiértékelésére TLD-048 tipusu, KFKI fejlesztésü készüléket használtunk, amelynek nagy érzékenysége kis γ-dózis kiértékelését is le-

hetővé tette. Kalibráláshoz minden mérési sorozatnál kobaltágyut használtunk, amelyet az Országos Mérésügyi Hivatal 3%-os pontossággal hitelesitett. A mérési adatok feldolgozását PDP11/34 tipusu számitógépre irt programmal végeztük.

A barlang négy helyén mért adatok a 10. ábrán láthatók. A dózisértékek az egyes TL-detektorok barlangi környezetéből származó γ-dózis ^{60}Co-γ-ekvivalensének tekinthetők. A 6. és 10. ábrán közölt mérési adatokat egybevetve, a görbék tendenciájának hasonlósága első pillantásra szembetünő. Ez azt jelzi, hogy a γ-aktivitás változó része a barlangi légtérben a radon- és lányelem-koncentráció ingadozásával hozható kapcsolatba.



10. ábra

A barlangi talajgázban nyomdetektorokkal mért átlagos radon-aktivitáskoncentráció és a légtérben TLD-vel mért átlagos γ-dózis változása 1979. szeptember és 1980. november között

Изменение средних концентраций активности радона, измеренных в газе почвы пещеры и средней γ-дозы, измеренной с помощью термолюминесцентных детекторов в период от сентября 1979 до ноября 1980-го года

Variation of the mean Rn-activity concentration measured in the cave soil gas with nuclear track detectors and of the mean γ-dose rates measured in the cave air with TLD-s between September 1979 and November 1980

A BARLANGI RADIOAKTIVITÁS VÁLTOZÁSÁNAK EREDETE

Az átlagos radonaktivitás és γ-dózis mérése kellő statisztikus pontosságu volt, és elég hosszu mérési periódust ölelt át ahhoz, hogy megfelelő korrektséggel megkisérelhessük megkeresni azt a közös környezeti paramétert, amely a barlangban megfigyelt radioaktivitás változását dominánsan meghatározza. Itt jegyezzük meg, hogy a barlangi talajgáz radontartalmára vonatkozó adatokat mások eddig még nem közöltek. A barlangi légtér radioaktivitásának szezonális ingadozásáról is mindössze néhány publikáció tesz említést[2,4-6]. E mérések során azonban csak pillanatnyi /lég- vagy aeroszol-/ mintavételen alapuló radon- vagy lányelem-koncentrációt határoztak meg szcintillációs technikával[4], emanométerrel[5], illetve ionizációs

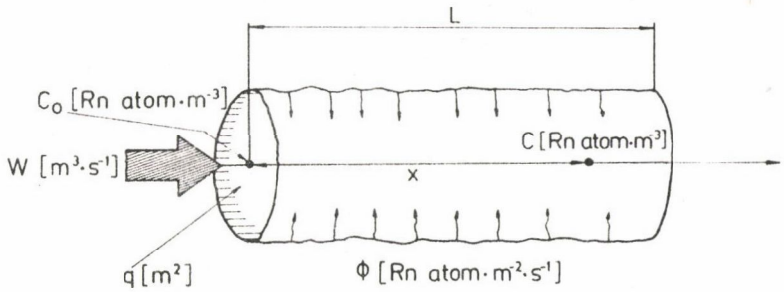
kamrával[2]. Mindössze egyetlen esetben közöltek több napi folyamatos mérésből származó, átlagos barlangi radonkoncentrációt, amelyeket LiF termolumineszcens detektorokon átszivatott levegőben mértek egy téli periódusban[6]. E közlemények megemlitik a természetes barlangi légcsere valószinü szerepét a radontartalom ingadozásának kiváltásában. Az év mindössze néhány napjára kiterjedő, rövid idejü mintavételekre alapozott méréseik azonban nem adnak megfelelő pontosságu és mennyiségü reprezentativ adatot a légcserét feltételezhetően kiváltó felszini és barlangi hőmérséklet különbsége és a radontartalom változása közötti korreláció pontosabb tanulmányozására. Az alábbiakban előbb elméleti megfontolással, majd az egyes mérési adataink közt megfigyelt korreláció bemutatásával járulunk hozzá a fenti jelenség alaposabb megértéséhez.

A barlangi talajgáz vizsgálata során használt mérőegységekbe a mérendő gáz csak az egység alján elhelyezkedő talajrétegeken keresztül juthat be. Az e rétegekből kiáramló radongáz keveredhet a barlangi légtérből ide bediffundáló levegővel. A mérendő radon-aktivitáskoncentráció tehát a környező kőzetekből kiáramló radon fluxusától és a barlangi légtér radontartalmától függ. A radonfluxust jó közelitéssel állandónak tekinthetjük. A légtér radontartalmát azonban ventillációs hatások jelentősen befolyásolhatják. Vizsgáljuk meg e hatások várható tendenciáit.

Nézzük meg először azt a kérdést, hogy dinamikus egyensuly esetén milyen radonkoncentráció-profil várható egy q [m^2] átlagos keresztmetszetü, csőszerü barlangi járat mentén, amelybe állandó irányu légáramlás az ott lévőnél kisebb radonkoncentrációju levegőt szállit /11. ábra/. Legyen egy hosszabb vizsgálati periódus alatt, a járat falának S [m^2] effektiv felületéből a légtérbe diffundáló radon átlagos fluxusa Φ [Rn-atom.$m^{-2}.s^{-1}$], a V térfogatu járatban w [$m^3.s^{-1}$] átlagsebességgel áramló levegő átlagos radonkoncentrációja C_o[Rn-atom$\cdot m^{-3}$], és a járat elejétől x [m] távolságban mérhető radonkoncentráció C [Rn-atom$\cdot m^{-3}$] Ekkor, egy adott x pontban, a radonkoncentráció időbeli változását a

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \Phi \frac{S}{V} - \lambda C - \frac{w}{q} \frac{\partial C}{\partial x} \qquad /1/$$

összefüggéssel irhatjuk le, ahol a jobboldalon lévő tagok rendre a következőket jelentik: az üreg falából a járat egységnyi térfogatu légterébe időegységenként belépő radon atomok száma; az egységnyi térfogatu légtérben λ bomlási állandóval elbomló és onnan a légáramlás által elszállitott radon atomok száma.



11. ábra

A légventillációs modellnél használt paraméterek

Параметры теоретической модели, описывающей процессы вентиляции воздуха

Parameters used in the air ventilation model

A dinamikus egyensuly beállása után $\frac{\partial C}{\partial t} = 0$. Ekkor az /1/ egyenlet megoldása

$$C(x) = C_m - (C_m - C_o) \exp(-x\,\lambda q/w), \qquad /2/$$

ahol $C_m = \Phi\, S/V\lambda$ a légáramlás nélkül kialakuló, maximális radonkoncentráció a V térfogatu barlangi járatban. A fenti összefüggésből nyilvánvaló, hogy kis radontartalmu levegő áramlása mentén kezdetben gyorsan növekvő, majd telités felé tartó radonkoncentráció-profil kialakulása várható. A 7-9. ábra mérései a fentieknek megfelelően értelmezhetők.

Nézzük meg most, hogy egy barlangi járat $\overline{C}$ átlagos radonkoncentrációját hogyan befolyásolhatja a légáramlás sebességének megváltozása. L hosszu járatban az átlagos radonkoncentrációt a

$$\overline{C} = \frac{1}{V} \cdot \int_o^L C(x) q\, dx = C_m - \frac{w}{L\lambda}(C_m - C_o)[1 - \exp(-qL\lambda/w)] \qquad /3/$$

összefüggésből számolhatjuk. Mivel λ értéke kicsi /$2{,}1 \cdot 10^{-6} s^{-1}$/, általában teljesül, hogy $qL\lambda/w \ll 1$ (ha pl. $\frac{w}{q} > 0{,}01$ m/s és $L < 50$ m, akkor $qL\lambda/w < 0{,}01$). Ennek megfelelően a /3/ összefüggés exponenciális tagja helyett sorfejtésének első két tagját használhatjuk. Ekkor azt kapjuk, hogy

$$\overline{C} = C_m - \frac{C_m - C_o}{1 + (V\lambda/w)} . \qquad /4/$$

Ha a barlangba a felszini levegő áramlik be, akkor $C_o \ll C_m$. Ezt figyelembe véve,

/4/ átalakitása után, megkaphatjuk a felszini levegő w beáramlási sebessége és a $\overline{C}$ átlagos barlangi radonkoncentráció elméletileg várható kapcsolatát:

$$\frac{C_m}{\overline{C}} \approx 1 + \frac{w}{V\lambda} \quad . \qquad /5/$$

Az /5/ összefüggésből nyilvánvaló, hogy a barlangba beáramló levegő sebességének növekedésével a légtér átlagos radonkoncentrációjának csökkenése várható.

Ha egy C_{min} koncentráció elérése után a légáramlás leáll, akkor a falakból ujból megkezdődik a barlangi járat radonnal való "feltöltődése". Ennek időbeli lefutását az /1/ differenciálegyenlet megoldásából kaphatjuk, w = 0 esetén:

$$C = C_m - (C_m - C_{min}) \exp(-\lambda t) . \qquad /6/$$

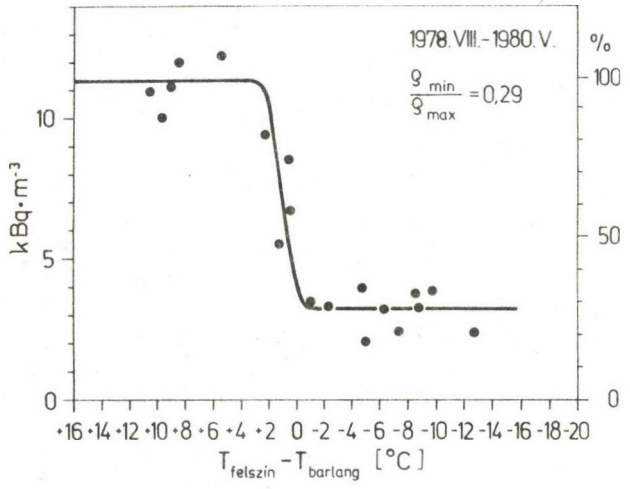
Ebből következik, hogy a légáramlás leállása után az adott légtérre jellemző C_m maximális radonkoncentráció visszaállása még néhány hetet vesz igénybe. Ha pl. a $C_m/C_{min} = 4$ aránnyal számolunk, akkor a radonkoncentráció C_{min}-ről 0,9 C_m-re csak 11 nap alatt tud visszaállni.

Vizsgáljuk meg most azt a kérdést, hogy a radon-aktivitáskoncentrációnak az 5. és 6. ábrán feltüntetett szezonális változása milyen mértékben magyarázható ventillációs hatással. A külső, gyakorlatilag inaktiv levegő a barlangba nyilvánvalóan akkor kezd befelé áramlani, amikor a léghőmérséklet a felszinen /T_f/ alacsonyabb lesz, mint a barlangban /T_b/. Egy $\Delta T = |T_f - T_b|$ hőmérsékletgradiens kialakulása esetén ugyanis, az általános gáztörvény szerint, $\Delta p = P_b \Delta T / T_b$ nyomáskülönbség kialakulása is várható, ami elinditja a légáramlást. Ha Δp nem tulságosan nagy, akkor az áramlást első közelitésben stacionáriusnak tekinthetjük, s a Bernoulli-törvényt alkalmazva, a légáramlás sebessége és a hőmérsékletgradiens között a

$$w = (2\,\Delta p/\rho)^{1/2} = (2p_b/\rho T_b)^{1/2} \sqrt{\Delta T} = \text{konst.} \sqrt{\Delta T} \qquad /7/$$

összefüggés várható, ahol ρ a levegő sürüsége. A barlangi járatok bonyolult szerkezetü falán fellépő nagymértékü surlódás miatt a légáramlás effektiv sebessége természetesen jóval kisebb lesz annál, mint ami a /7/ összefüggésből ténylegesen kiszámolható. Nagyobb áramlásoknál pedig már egy ΔT-től független telitési áramlási sebesség kialakulása is várható. Első közelitésként azonban feltételezzük, hogy a $w \alpha \sqrt{\Delta T}$ jellegü arányosság kis ΔT-értékeknél megmarad. Ezt az /5/ összefüggésnél figyelembe véve azt kapjuk, hogy a radonkoncentrációnak a $\sqrt{\Delta T}$ érték növekedésével forditva arányos csökkenése várható.

Készitsük most el a kisérletileg kapható $\overline{C} = f(\Delta\overline{T})$ relációt, a barlangi talajgázra vonatkozó, 5. ábrán feltüntetett mérések első kétévi adataira támaszkodva. Ekkor a 12. ábrán bemutatott görbét kapjuk, amelyen három jellegzetes szakasz jelentkezik: a maximum, a minimum és egy átmeneti tartomány. A maximumtól jobbra eső görbeszakaszról megállapithatjuk, hogy - a kisérleti hibahatáron belül - az elméletileg várt tendenciával megegyező módon változik.



12. ábra

A barlangi talajgáz átlagos radonaktivitáskoncentrációjának függése a felszini és barlangi levegő átlaghőmérsékletének különbségétől

Зависимость средней концентрации активности радона в газе почвы пещеры от разных средних температур воздуха внутри и вне пещеры

Dependence of the Rn-activity concentration in the cave soil gas on the difference between the outdoor and indoor air temperature

IRODALOM

1. *Miklós G.*, A Hajnóczy-barlang mikroklimája, Karszt és Barlang I-II. /1978/ 11
2. *M.H. Wilkening, D.E. Watkins*, Air Exchange and ^{222}Rn Concentrations in the Carlsbad Caverns, Health Phys. 31 /1976/ 139
3. *G. Somogyi, L. Medveczky, Zs. Varga, I. Gerzson, I. Vados*, Field Macroradiography Measuring Radon Exhalation, Isotopenpraxis 14 /1978/ 343
4. *E. Virágh, A. Urbán*, Radon Concentration Measurements in Caves of Budapest, Period. Polytechn. Elect. Eng. 15 /1971/ 3
5. *L. Rónaki*, Radiological Measurements in the Caves of Mecsek Region, Karszt- és Barlangkutatás VII. /1972/ 127
6. *F.W. Seymore, R.M. Ryan, J.C. Corelli*, Radon and Radon Daughter Levels in Home Caverns, Health Phys. 38 /1980/ 858

*

A radon aktivitáskoncentrációját mértük a Bükk helységben található Hajnóczy-barlang talajgázában és levegőjében, 1978 májusa és 1980 novembere között. A barlang különféle helyeire havonta elhelyezett müanyag nyomdetektorokkal megállapitottuk, hogy a radontartalom éves periódussal ingadozik. A nyári /junius-augusztusi/ és téli /január-márciusi/ időszakra átlagolt radon-aktivitáskoncentráció aránya általában 3-6 körüli. Néhány "anomális" helyen /pl. törésvonal körül/ azonban ennél jóval nagyobb arányt is mértünk. A barlangi talajgáz havi átlagos radon-aktivitáskoncentrációja, a vizsgált 2,5 év alatt, 2-20 kBq.m^{-3} /kb. 50-500 pCi/l/ között ingadozott. 1979 szeptembere és 1980 novembere között termolumineszcens detektorokkal a γ-aktivitás változását is tanulmányoztuk. A barlangi talajgáz radontartalma és a légtér γ-aktivitása határozott korrelációt mutat. A radontartalom kapcsolatban áll a barlangi és felszini léghőmérséklet közti különbséggel. A barlangi radioaktivitás térbeli és időbeli változásának leirására légventillációs modellt javasoltunk.

ИЗМЕРЕНИЯ РАДОНА В ПЕЩЕРЕ ХАЙНОЦИ
Шомодьи, Дь., Варга, Ж., Немет, Дь., Палвальви, Й., Гержон, И.

Представлены результаты измерения концентрации активности радона в газе почвы и в воздухе пещеры Хайноци, находящейся в горах Бюкк. Измерения продолжались от мая 1978-года до ноября 1980-го года. В разных местах пещеры были размещены полимерные трековые детекторы, экспозиция продолжалась обычно один месяц. Содержание радона регулярно изменяется в течение год. Отношение средних величин концентрации активности радона в летний /июнь - август/ и в зимний /январь - март/ периоды изменяется в пределах 3-6 раз. В некоторых случаях были обнаружены гораздо большие изменения этого отношения, в частности в местах геологических аномалий /напр. на линиях излона/.

Средняя месячная концентрация активности радона для газа пещеры за период 2,5 года измерении изменяется между 2-20 кБк м$^{-3}$ /50-500 пкюри/л/. От сентября 1979 до ноября 1980-го года была измерена также γ-активность воздуха пещеры с помощью термолюминесцентных детекторов. Была обнаружена корреляция между содержанием радона в газе почвы и γ-активностью воздуха пещеры. Установлена связь концентрации радона с разностью внешней и внутренней температуры. Предложена модель вентилляции воздуха, позволяющая теоретически описать пространственные и временные изменения радиоактивности.

RADON MEASUREMENTS IN THE HAJNÓCZY CAVE
Somogyi, Gy., Varga, Zs., Németh, Gy., Pálfalvi, J., Gerzson, I.

Radon activity concentration measurements performed in the soil gas and the air of the Hajnóczy cave in mountain Bükk, in a period between May 1978 and November 1980 are presented. Using plastic nuclear track detectors at different sites of the cave for about a month exposure time, it was found that the radon content shows a seasonal variation with a yearly period. The ratio of the mean radon activity concentrations measured in summer /June-August/ amd winter /January-March/ generally varied around 3-6. At a few "anomalous" sites /e.g. around faults/, however, much higher radios were found. The mean monthly radon activity concentrations in soil gas during the 2.5 year varied between 2 and 20 kBq.m^{-3} /about 50-500 pCi/l/. Between September 1979 and November 1980 the variation of γ-activity was also followed with thermoluminescent detectors. A definite correlation was found between radon content of the cave soil gas and the γ-activity of the cave air. A relation is revealed between radon content and outdoor-indoor temperature difference. For the description of the spatial and seasonal variations an air ventilation model is proposed.

IZOTÓPTECHNIKA 26 /1/: 53-61 /1983/

^{14}C-TRIPTOFÁN SZERVELOSZLÁSA ÉS A KÖZPONTI IDEGRENDSZERBE VALÓ BEÉPÜLÉSE SUGÁRVÉDŐVEL ELŐKEZELT ÉS BESUGÁRZOTT PATKÁNYBAN

Bodó Katalin, Benkő György

Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Intézet, Budapest, Pf. 101. 1775

Érkezett 1982. október 19-én

A korábbi irodalmi adatok alapján az idegszövet morfológiailag rendkivül sugárrezisztens[1], ami azt jelenti, hogy csak igen nagy sugárdózis hatására jön létre szerkezeti elváltozás, ezt azonban másodlagosnak, az érrendszer károsodása következményének tartják.

Ezzel szemben, az elmult 15-20 év kutatásai alapján, a központi idegrendszer az ionizáló sugárzással szemben funkcionálisan érzékeny, sőt a besugárzás után elsőként mutat müködésbeli elváltozást.

Mélyrehatóan tanulmányozták a központi idegrendszer, elsősorban a nagyagy besugárzás utáni feltételes reflextevékenységét és a kéreg bioelektromos aktivitását. Megállapitották, hogy az ionizáló sugárzás okozta károsodás az agyban idő- és dózisfüggő. Ugyanez figyelhető meg az ionizáló sugárzás hatására létrejövő agyi szerotoninszint változásában is, bár az egyes szerzők eredményei eléggé eltérnek egymástól.

Ershoff és munkatársai[2] patkányok 450-900 raddal való egésztest-röntgenbesugárzása után különböző időpontokban szignifikáns csökkenést figyeltek meg a vér, lép, a vékonybél és az agy szerotonintartalmában.

A szöveti szerotoninszint röntgenbesugárzás hatására létrejövő csökkenése Langendorff és munkatársai[3] szerint arra vezethető vissza, hogy csökken a nagy energiáju foszfátvegyületek koncentrációja, a dekarboxiláz enzim is károsodik, aminek eredményeként az 5-hidroxitriptofánból /5-HTP/ kevesebb szerotonin szintetizálódik. A szerzők már két órával a 810 raddal végzett egésztest-besugárzás után szerotoninszint-csökkenést mértek patkányok agyában, májában és lépében.

Ugyanakkor Randić és munkatársai[4] patkányok 900 R egésztest-röntgenbesugárzása után közvetlenül, két órával és 24 órával nem találtak szignifikáns változást az agyi szerotonintartalomban.

Palaić és munkatársai[5] nagy dózisu röntgenbesugárzás után 1-2 órával nagymértékben megnövekedett szerotoninszintet mértek a központi idegrendszerben. Eredményeik alapján a szerotoninkoncentráció növekedését a sugárzás okozta közvetlen károsodásnak tekintik.

Streffer és munkatársai[6] a besugárzás utáni szerotonin-bioszintézist tanulmányozták. A triptofánból szerotonint szintetizáló enzimek, a triptofán hidroxiláz és dekarboxiláz aktivitását mérve a következőket tapasztalták: néhány nappal a besugárzás után mindkét enzim aktivitása jelentősen csökkent. Ez összhangban áll olyan kutatási eredményekkel, amelyek szerint néhány nappal a besugárzás után a szerotoninszint csökken. Mivel a szerzők szerint a szerotonint bontó enzimnek, a monoaminooxidáznak az aktivitása az ionizáló sugárzás után nem változik lényegesen, az alacsonyabb szerotoninszint a szintetizáló enzimek csökkent aktivitásának eredménye. E biogén amin hiánya nagymértékben hozzájárul az akut sugárbetegség kifejlődéséhez[7].

Nem ismeretes azonban az irodalomban, hogy a tiokarbamid-származékként ismert S,2-β-aminoetilizotiuronium Br.HBr. /AET/ befolyásolja-e a szerotonin szintézisét, illetve az ionizáló sugárzás okozta károsodást képes-e kivédeni a központi idegrendszerben. Nem ismeretes továbbá az sem, hogy az intravénásan adott, jelzett triptofán szerveloszlása hogyan változik meg sugárvédő hatására, röntgensugárzásra, illetve e kettő együttes hatására.

Kisérleti munkánk során tehát azt a kérdést vetettük fel, hogy az intravénásan adott ^{14}C-L-triptofán patkányszervekben való eloszlása módosul-e az előbbi kritériumok alapján. További munkánkban azt kivántuk tisztázni, hogy a szerotoninnak a véráramba került jelzett prekurzorból való bioszintézise és metabolizmusa hogyan változik meg a sugárvédő dózisban adott AET és a letális röntgensugárzás hatására.

MÓDSZER ÉS ANYAGOK

Kisérleteinket 50, átlagosan 130 g sulyu, R/AxLE/H-F_1-törzsü, him patkányon végeztük /LATI, Gödöllő/. Mivel a szerotonin bioszintézise erősen függ a plazma triptofán- /Try-/ szintjétől, melyet a táplálékkal felvett esszenciális aminosav jelentősen befolyásol, az állatokat egyforma étrenden tartottuk. A szerotonin bioszintézisének napszaki ingadozását figyelembe véve, a kisérleteket a nap meghatározott részében /de. 8-11-ig/ végeztük.[8]

Az állatok farokvénájába $3{,}7 \cdot 10^5$ Bq, fiziológiás sóoldatban oldott L/metilén/ - ^{14}C-triptofánt adtunk be /Amersham International Ltd, England/. Az izotóp fajlagos aktivitása $1{,}924 \cdot 10^3$ MBq/mmol volt. Hordozóként ^{14}C-L--Try-nal szintén intravénásan $6{,}12 \cdot 10^{-2}$ mmol/kg jelzetlen L-Try-t kaptak a kisérleti állatok. Munkánk során a következő kisérleti csoportokat állitottuk össze:

1. $3{,}7 \cdot 10^5$ Bq ^{14}C-L-Try intravénás adása → ölés az ebből való szerotonin-bioszintézishez szükséges 1 óra elteltével /kontroll csoport/;

2. $3,7 \cdot 10^5$ Bq ^{14}C-L-Try iv., majd 20 perc mulva 1 mmol/kg AET intraperitoneálisan /ip./ adva → ölés az izotóp adása után 1 órával;

3. 8 Gy röntgenbesugárzás /OSSKI, THX-250-II. mélyterápiás röntgenkészülék, 200 kV, 20 mA, 0,5 mm C-szürő, 60 cm testközéptávolsággal, szövetekvivalens müanyagkalodában/, után közvetlen $3,7 \cdot 10^5$ Bq ^{14}C-L-Try iv. → ölés 1 óra mulva;

4. 1 mmol/kg AET ip. adása után 20 perccel 8 Gy röntgenbesugárzás után a kisérleti állatok szintén közvetlenül kapták a $3,7 \cdot 10^5$ Bq ^{14}C-L-Try-t iv. → ölés 1 óra mulva.

Az egyes csoportok 10-10 patkányból álltak. Dekapitálás után heparinos óraüvegre véreztettük az állatokat, majd, amilyen gyorsan lehetett, az agyukat eltávolitottuk, rögtön ezután szárazjégen lefagyasztottuk, és a meghatározásig -20°C-on tároltuk.

Ezután kivettük a kisérleti állatok máját, lépét, mindkét veséjét és szivét. A szerveket sulyuk lemérése után meghatározott térfogatu desztillált vizben homogenizáltuk.

A folyadékszcintillációs méréshez a következőképpen készitettük el a mintákat: a szervhomogenizátumokból megfelelő mennyiséget mértünk ki, elszintelenitésüket koncentrált H_2O_2-dal végeztük. 24 óra elteltével a mintákra 0,5 ml Soluent /Packard/ szövetroncsoló anyagot cseppentettünk. 3 napig 60°C-os szárítószekrényben tárolva segitettük elő a roncsolódást, majd a szintelen homogén mintákra mértük rá a szcintillációs koktélt, a Diotolt (250 ml toluol, 250 ml dioxán, 150 ml metanol, 52 g naftalin, 3,85 g 2,5-difenil-oxazol /PPO/, 65 mg 1,4-di-/2-/5-fenil/-oxazoli/-benzol (POPO)) 10 ml térfogatban. Ezután mértük az egyes minták ^{14}C-aktivitását MARK-III (Searle) folyadékszcintillációs számlálón, a standard oldat aktivitása mellett.

A dpm érték alapján számoltuk ki a szervek grammjára vonatkoztatott százalékos szerveloszlást a beadott összaktivitás százalékában, valamint az egyes szervek fajlagos aktivitását is Bq/g-ban kifejezve. Az agyszövet 1 grammjára vonatkoztatot százalékos eloszlást és fajlagos aktivitást a később leirt papirkromatográfiás vizsgálat alapján határoztuk meg, olymódon, hogy a kromatogramon levő összaktivitás alapján - melyet az egész agyi extraktumból vittünk fel - számoltunk vissza az 1 g agyszövetre.

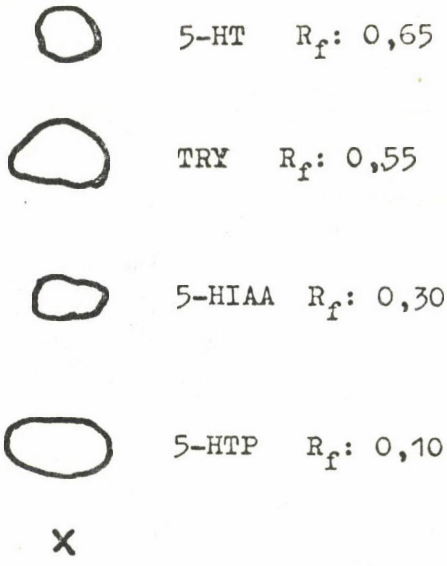
Az agyból a jelzett triptofánt, valamint a belőle szintetizálódott 5-hidroxi-triptofánt, szerotonint és metabolizálódott 5-hidroxi-indolecetsavat az alábbi módszer szerint határoztuk meg: az előzőekben leirtak alapján a -20°C-on tárolt agyat sulymérés után 3 ml hütött savanyu acetonban /95% aceton + + 5% 0,1 N sósav/ homogenizáltuk, majd 8000 ford/min-tal 10 percig centri-

fugáltuk. A felüluszót, amely tartalmazta a jelzett triptofánt és metabolitjait, háromszoros mennyiségü heptán és kloroform 8:1 arányu elegyével ráztuk ki, hogy eltávolitsuk az agyszövetből visszamaradt lipoidokat, amelyek zavarhatták volna a kromatográfiás meghatározást.

Ismételt centrifugálás után az alsó savanyu acetonos fázist kvantitative cseppentettük fel Wattmann I. papirra. A felcseppentett agyszöveti extraktumban levő triptofánt, 5-hidroxi-triptofánt, szerotonint és 5-hidroxi-indolecetsavat a következő futtató eleggyel választottuk szét: n-propanol : 25% ammónia : viz = 200:10:20.

A 16 órás futtatási idő letelte után megszáritottuk a papirkromatogramokat, majd, mivel ezek az indolvázas vegyületek ibolyántuli fényben fluoreszcenciát mutatnak, 254 nm-nél R_f-értékek alapján azonositottuk, és körberajzoltuk a foltokat. Ezután radiokromatográfiás módszerrel mértük a kromatogramon levő foltok aktivitását, szintén folyadékszcintillációs számlálón. Ehhez a méréshez a szcintillációs koktél az un. "narburgi koktél" volt /5 g PPO + 200 mg POPOP 1000 ml toluolban oldva/.

Ezután az egyes foltok aktivitása alapján számoltunk vissza az 1 gramm agyszövetben levő triptofán, 5-hidroxi-triptofán, szerotonin és 5-hidroxi--indolecetsav százalékos mennyiségére, a beadott összaktivitás százalékában kifejezve, valamint meghatároztuk az egyes vegyületekre vonatkozó fajlagos aktivitást is.



1. ábra

Try és metabolitjai R_f-értékei papirkromatogramon

Величины R_f триптофана и его метаболитов на бумажной хроматограмме

R_f values of Try and its metabolites on paper chromatogram

EREDMÉNYEK ÉS MEGBESZÉLÉSÜK

Mérési eredményeinket az 1., 2. és 3. táblázaton tüntettük fel.

Az AET önmagában szignifikánsan növelte a ^{14}C-L-Try-tartalmat a lépben és a vesében, míg a májban szignifikáns csökkenést okozott. Nem változott jelentősebben a vér, a szív, kissé csökkent az agy aktivitása a kontroll csoporthoz képest. Ugyanakkor az ionizáló sugárzás letális dózisának hatására csak a szívben és agyban növekedett meg szignifikánsan a jelzett triptofán mennyisége, a többi szervben és a vérben ennél kisebb volt a növekedés. A vesében csekély mértékben csökkent az izotóp mennyisége a besugárzott patkányoknál.

1. táblázat

^{14}C-L-Try eloszlása patkányszervek 1 grammjában, az iv. bevitt mennyiség százalékában

Распределение ^{14}C-L-Try в 1 грамме крысных органов в процентах внутривенозного введенного количества

Distribution of ^{14}C-L-Try in 1 gramm of rat organs in percents of intravenal administered quantity

Szerv	^{14}C-L-Try	^{14}C-L-Try+ 280 mg/k AET	^{14}C-L-Try+ 800 R	^{14}C-L-Try+ 280 mg/kg AET + 800 R
Vér	0,43±0,15	0,39±0,09	0,54±0,27	0,39±0,31
Lép	0,87±0,05	1,06±0,27 p<0,05	1,32±0,67	0,94±0,85
Máj	1,44±0,19	1,22±0,08 p<0,01	1,67±1,19	1,29±0,91
Vese	1,41±0,08	1,50±0,08 p<0,05	1,35±0,37	0,95±0,36 p<0,01
Szív	0,44±0,05	0,45±0,03	0,69±0,41 p<0,1	0,72±0,22 p<0,01
Agy	$5{,}02.10^{-2}$ $\pm 1{,}88.10^{-2}$	$4{,}59.10^{-2}$ $\pm 6{,}23.10^{-2}$	$10{,}63.10^{-2}$ $\pm 5{,}04.10^{-2}$ p<0,1	$3{,}94.10^{-2}$ $+0{,}78.10^{-2}$ p<0,1

Érdekesen alakult a ^{14}C-L-Try eloszlása a sugárvédővel előkezelt és besugárzott patkányoknál. Nem tapasztaltunk különösebb változást a vér, a lép és máj aktivitásában, bár mind a besugárzott csoportnál, mind pedig az AET-vel előkezelt és 8 Gy röntgendózissal besugárzott patkányoknál ezek az eredmények eléggé eltérőek voltak. Szignifikánsan csökkent viszont a vesében levő

aktivitás, mig a szivben kifejezetten megnőtt a jelzett Try mennyisége. A besugárzott patkányok agyában viszont az AET hatására már majdnem az egyharmadára csökkent az izotóp mennyisége a csak besugárzott patkányokéhoz képest.

2. táblázat

Patkányszervek fajlagos aktivitása iv. adott ^{14}C-L-Try adása után 1 órával, Bq/g±SE

Специфическая активность органов крыса через час после внутривенозного введения ^{14}C-L-Try

Specific activity of rat organs an hour after iv. administration of ^{14}C-L-Try

Szerv	^{14}C-L-Try	^{14}C-L-Try+1mmol/kg AET	^{14}C-L-Try+8 Gy	^{14}C-L-Try+1mmol/kg AET + 8 Gy
Vér	1,33±0,02	1,20±0,06	1,44±0,16	1,21±0,22
Lép	2,71±0,03	9,29±0,18	3,33±0,15	3,46±0,32
Máj	4,49±0,14	3,81±0,05 p<0,05	4,07±0,28	4,59±0,24
Vese	4,41±0,75	4,68±0,05 p<0,05	4,23±0,36	2,97±0,25 p<0,01
Sziv	1,38±0,04	1,40±0,02	2,16±0,29 p<0,10	2,24±0,15 p<0,01
Agy	0,16±0,01	0,14±0,07	0,33±0,06 p<0,10	0,12±0,01

3. táblázat

^{14}C-L-Try beépülése patkányagyba az iv. beadott izotópmennyiség százalékában, 1 g szövetre vonatkoztatva

Накопление ^{14}C-L-Try в мозге крыса в процентах внутривенозного введенного количества изотопа, на 1 г ткани

Uptake of ^{14}C-L-Try in rat brain in percents of iv. administered isotope, in 1 g tissue

	Try	Try + AET	Try + 800 R	Try + AET + 800 R
Try	$1,33.10^{-3}$	$1,22.10^{-3}$	$9,10.10^{-4}$	$1,90.10^{-4}$
5-HTP	$6,54.10^{-3}$	$4,51.10^{-3}$	$1,88.10^{-3}$	$4,97.10^{-3}$
5-HT	$1,99.10^{-3}$	$2,16.10^{-3}$	$1,51.10^{-3}$	$8,84.10^{-4}$
5-HIAA	$1,97.10^{-2}$	$1,65.10^{-2}$	$1,48.10^{-2}$	$4,81.10^{-3}$

A ^{14}C-L-Try eloszlása tehát AET hatására szignifikánsan megváltozik a patkány lépében, májában és veséjében. Az ionizáló sugárzás letális dózisának hatására a vese kivételével mindegyik szervben megnő az izotóppal jelzett anyag mennyisége. Különösen az agyban és a szivben volt kifejezett ez a változás, az izotóp adása után egy órával. AET-előkezelés hatására a besugárzott patkányoknál kisebb volt a növekedés, a szivet kivéve, ahol még erősebb aktivitásnövekedést tapasztaltunk.

Az intravénásan adott ^{14}C-L-Try sugárvédővel való kezelés, besugárzás, illetve e kettő együttes hatására bekövetkező szerveloszlás meghatározása után fontosnak tartottuk megvizsgálni azt is, hogy a jelzett prekurzorból hogyan történik a bioszintézis és metabolizmus a központi idegrendszerben, illetve e folyamatok hogyan változnak meg az emlitett kezelések hatására.

A ^{14}C-L-Try anyagcseréjét az agyból a korábban ismertetett papirkromatográfiás szétválasztás után folyadékszcintillációs méréssel követtük.

A mérések eredményeit a 3. táblázatban, illetve az 1. ábrán mutatjuk be.

A sugárvédő dózisban adott AET önmagában valamelyest csökkentette az agy összaktivitását a kontroll csoporthoz képest. Ezen belül kisebb a ^{14}C-L-Try mennyisége és a jelzett 5-HTP mennyisége is. Valamelyest nagyobb a szerotonin mennyisége, és kisebb az 5-HIAA-vé a kontroll csoporthoz viszonyitva. Az egy-egy kezelési csoporton belül a Try, 5-HTP, a szerotonin, illetve az 5-HIAA mennyiségének egymáshoz való viszonyitása némi felvilágositást ad a szerotonint szintetizáló, illetve bontó enzimek aktivitásáról. Ennek alapján feltételezzük, hogy kisérleti körülményeink között, AET hatására, a szerotonin bioszintézisét meghatározó enzimnek, a Try-hidroxiláznak az aktivitása, valamint az 5-HTP-dekarboxiláz enzim aktivitása valamelyest megnövekedhetett. Ezzel szemben a szerotonint bontó enzimnek, a monoaminooxidáznak /MAO/ az aktivitása AET hatására valamelyest csökkenhetett.

Az ionizáló sugárzás letális dózisának hatására szignifikáns növekedést tapasztaltunk az agy 1 gramm szövetre vonatkoztatott aktivitásában a kontroll csoporthoz képest. Ezen belül lecsökkent a Try mennyisége, mig az 5-HTP mennyisége jelentősen megnövekedett. Feltételezhető tehát, hogy a Try-hidroxiláz enzimaktivitása röntgensugárzás hatására nagymértékben megnő. Jelentősen csökkent viszont az 5-HTP-dekarboxiláz enzim aktivitása, igy a jelzett szerotonin mennyisége ebben a csoportban kisebb volt, mint az előzőkben.

Az irodalmi adatok eléggé ellentmondóak arra vonatkozóan, hogy hogyan változik a MAO aktivitása az ionizáló sugárzás hatására. A mi kisérleti körülményeink között ugy tünik, hogy ennek az enzimnek az aktivitása nem változhatott lényegesen, ugyanis az 5-HIAA mennyisége a szerotoninhoz viszonyitva hasonló, mint a kontroll csoportban.

A sugárvédővel előkezelt és besugárzott patkányoknál a ^{14}C-L-Try beépülése az egész agyba majdnem az egyharmadára csökkent a csak besugárzottakéhoz képest. A jelzett prekurzor mennyisége még kisebb, mint az előző csoportban, viszont kicsi az 5-HTP mennyisége is. Igy valószinü, hogy a Try-hidroxiláz aktivitása már nem növekedett oly mértékben, mint a röntgenbesugárzott patkányoknál. Ezzel párhuzamosan nem csökkenhetett olyan mértékben az 5-HTP-dekarboxiláz aktivitása sem, mint az előző csoportnál. Jelentősen csökkent viszont a jelzett 5-HIAA mennyisége, melyről arra lehet következtetni, hogy az AET, amely önmagában is gátolhatta a MAO enzimaktivitását, az ionizáló sugárzás hatására még inkább MAO-bénitó hatást fejthetett ki.

Mindezek alapján feltételezhető, hogy a szerotonin bioszintézisét meghatározó enzim aktivitásának az ionizáló sugárzás előidézte nagymértékü növekedését az AET jelentősen csökkenthette. Az 5-HTP-dekarboxiláz, amely valószinüleg a röntgensugárzás hatására veszitett enzimaktivitásából, már nem mutatott olymértékü csökkenést az AET előkezelés után. A MAO aktivitása, amely nem változhatott meg lényegesen egy órával a besugárzás után, valószinü, hogy lecsökkent a sugárvédővel védett és besugárzott patkányok központi idegrendszerében.

IRODALOM

1. *Várterész V.*, Sugárbiológia, Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1963
2. *B.H. Ershoff, R. Hellmers, H.F. Wells*, Effects of a Radioprotective Agent on Tissue Serotonin Levels in the X-Irradiated Rat, Proc. Soc. Exp.Biol. Med. 110 /1962/ 536
3. *H. Langendorff, H.J. Meldeing*, Untersuchung über einen biologischen Strahlenschutz, Strahlentherapie 110 /1959/ 505
4. *M. Randić, Z. Super, Z. Lovasen*, Effects of Ionizing Radiation on the Nervous System. IAEA, Vienna 1962, 263. o.
5. *Dj. Palaić, M. Randić, Z. Super*, X-Radiation and 5-Hydroxytryptamine-Content in the Brain of Rats and Mice, Int.J.Rad. 6 /1963/ 241
6. *C. Streffer*, Tryptophan und seine Metabolise in der Radiobiologie und im chemischen Strahlenschutz. Radiol.Clin.Biol. 35 /1966/ 358
7. *C. Streffer*, Strahlen-Biochemie, Heildelberger Taschenbücher Band 59/60, Springer, Berlin - Heidelberg - New York, 1969
8. *S. Gavattini, L. Valzelli*, Serotonin, Elsevier, Amsterdam, 1965
9. *Sztanyik B.L.*, Adatok az AET és szerkezetileg rokon vegyületek sugárvédő hatásához, Kandidátusi értekezés, Budapest, 1965

*

Vizsgáltuk a szerotonin jelzett prekurzorának, a ^{14}C-L.triptofánnak szerveloszlását az AET sugárvédő dózisa, azaz 1 mmol/kg /280 mg/kg/ adása után, az ionizáló sugárzás letális dózisával végzett besugárzás, valamint az AET-vel való előkezelés utáni besugárzás után. Az AET hatására a szerveloszlás megváltozik a lépben, májban, vesében. A sugárzás letális dózisa hatására a vese kivételével valamennyi szervben megnő az izotóppal jelzett anyag mennyisége, mig a sugárvédővel végzett előkezelés után ezek az értékek kisebb mértékben növekedkedtek. Vizsgáltuk a szerotonin ^{4}C-L-triptofánból való bioszintézisét és metabolizmusát is az agyban, az előbb emlitett körülmények között.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ОРГАНАМ И ВКЛЮЧЕНИЕ В ЦЕНТРАЛЬНУЮ НЕРВНУЮ СИСТЕМУ ^{14}C-ТРИПТОФАНА У ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБРАБОТАННЫХ РАДИОПРОТЕКТОРОМ И ОБЛУЧЕННЫХ КРЫС
Бодо, К., Бенкэ, Дь.

Было изучено распределение по органам меченного ^{14}C триптофана, как предшественника серотонина после введения АЭТ в радиозащитной дозе, т.е. 1 ммол/кг после облучения в летальной дозе, а также после предварительной обработки с АЭТ и облучения. Распределение соединения в селезенке, печени и почках меняется под влиянием АЭТ. Под действием летальной дозы облучения во всех органах кроме почек увеличивается количество меченого вещества, в то же время эти количетсва повысились более медленно у облученных и предварительно обработанных радиопротектором крыс. Изучались и биосинтез серотонина из ^{14}C-L-триптофана и его метаболизм в мозге, при вышеописанных условиях.

DISTRIBUTION OF ^{14}C-TRYPTOPHAN AND ITS INCORPORATION INTO THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM OF RATS PRETREATED WITH RADIOPROTECTOR AND EXPOSED TO IRRADIATION
Bodó, K., Benkő, Gy.

Authors examined the distribution in the organs of the labelled serotonin precursor ^{14}C-L-tryptophan after administration in radioprotective dose, i.e. 1 mmol kg^{-1}AET and lethal dose of ionizing radiation and after AET pretreatment and irradiation. The distribution in the spleen, liver and kidneys changes under the effect of the AET. The lethal dose of radiation increases the amount of labelled material in each organ save the kidneys, while after pretreatment with radioprotector these values increase with a lower speed. The biosynthesis and metabolism of serotonin from ^{14}C-L-tryptophan in the brain under the above mentioned conditions were also examined.

IZOTÓPTECHNIKA 26 /1/: 62-69 /1983/

ENDOGÉN FORMALDEHID MEGHATÁROZÁSA EMBERI VÉRBEN ÉS VIZELETBEN DIMEDON-^{14}C RADIOMETRIKUS ELJÁRÁSSAL

Szarvas Tibor[1], Szatlóczky Ernő[2], Volford János[1], Trézl Lajos[3], Tyihák Ernő[4] Rusznák István[3]

[1]Az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

[2]Orvostovábbképző Intézet, II. Sebészeti Klinika, Budapest, Pf. 112, 1389

[3]Budapesti Müszaki Egyetem, Szerves Kémiai Technológiai Tanszék, Budapest, Gellért tér 4, 1111

[4]Gyógynövénykutató Intézet, Budakalász, 2011

/Érkezett 1982. október 20-án/

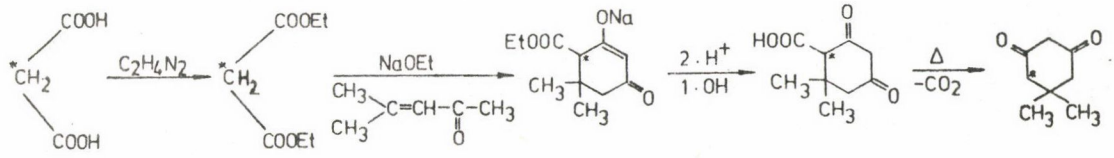
BEVEZETÉS

Általánosan elfogadott, hogy az egy szénatomos anyagcseretermékek átvitele az egyik szubsztrátumról a másikra, interkonverziójuk a tetrahidro-fólsav koenzim közremüködésével a legfontosabb metabolikus átalakulások közé tartozik. Ismeretes a korábbi vizsgálatokról, hogy az állati szövetben különféle formaldehid prekurzorok vannak jelen. A formaldehid fő forrását *in vivo* a metilcsoportok képezik, melyek a metionin és kolin felvételéből, illetve a metionin *de novo* szintéziséből származnak[1]. Azt is megállapitották, hogy meghatározott körülmények között formaldehid keletkezhet az emberi vérben S-adenozil-metioninból, enzimatikus reakcióban[2]. Ugyancsak ismeretes, hogy aminok, igy a dopamin inkubációja S-adenozil-metioninnel vagy 5-metil-tetrahidrofólsavval enzimatikus reakcióban formaldehidet eredményez, mely azután kondenzál a dopaminnal, nem enzimatikus reakcióban, 6,7-dihidroxi-tetrahidroizokinolinná[2,3]. Mindezek mellett különféle -N-metilezett vegyületekből, a demetilázok szubsztrátumjaként, oxidativ demetileződéssel formaldehid keletkezhet *in vivo*[4,5].

Az utóbbi években rendszeresen tanulmányoztuk a formaldehid reakcióit *in vitro* és *in vivo*. Szükségesnek mutatkozott a humán endogén szabad formaldehidszint vizsgálata, mely érzékeny módszer alkalmazását igényelte.
Az analitikai módszer kidolgozásához célul tüztük ki, hogy a növényi endogén formaldehid képződésének vizsgálatában alkalmazott radiometrikus eljárásunkat humán vér és vizelet formaldehid-tartalmának meghatározására fejlesszük tovább. Az eljárás alapja az, hogy a dimedon /5,5-dimetil-1,3-dioxo-ciklohexán/ igen könnyen kondenzál formaldehiddel, illetve egyéb aldehidekkel, stabilis, jól azonositható származék képződése közben[7].

KÍSÉRLETI RÉSZ

A 5,5-DIMETIL-CIKLOHEXANON-1,3-^{14}C ELŐÁLLITÁSA

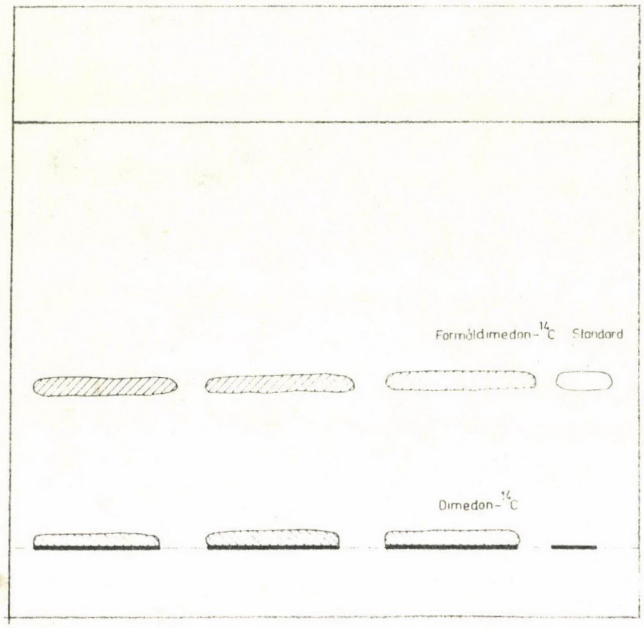


376 mg /3,6 mmol/ malonsav-2-szén-14-et éteres oldatban diazoetánnal reagáltattunk. A reakció után az oldószert 0°C hőmérsékleten ledesztilláltuk. Szintelen olajat kaptunk. A kitermelés 600 mg /3,6 mmol/, 100% volt. Ezt követően 120 mg /5 mmol/ fém nátriumot 2 ml abszolut etilalkoholban feloldottunk, és az oldathoz hozzáadtuk a 600 mg radioaktiv malonésztert. Keverés közben a malonésztert mezitiloxiddal kondenzáltuk /0,6 ml ∿5 mmol/ argon atmoszférában, 120°C hőmérsékleten, 3 óra alatt, visszafolyó hütő alkalmazása mellett. A reakcióterméket ezután kálium-hidroxiddal /0,56 g 3 ml vizben/ hidrolizáltuk, majd az elegyet forráspontján melegitettük 5 órán át. Ezután az oldatot 10%-os sósavval semlegesitettük, és a nyers radioaktiv dimedont az oldatból izoláltuk, majd 5 ml acetonitrilben átkristályositottuk, száritottuk. Ezt követően meghatároztuk radioaktivitását és radiokémiai tisztaságát. Fajlagos radioaktivitása 954,2 kBq/mg (25,79 µCi/mg); 133,2 MBq/mmol (3,6 mCi/mmol) volt. A radioaktiv dimedont ezután ugy higitottuk, hogy radioaktivitása 37,0 kBq/mg (1,0 µCi/mg) lett, és 0,28%-os vizes oldatát használtuk az analizisekhez.

VIZES OLDATOK FORMALDEHID-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A biológiai minták formaldehid-tartalmának meghatározásához először modellkisérleteket végeztünk 1,0 µmol/ml /30,0 µg/ formaldehid-tartalmu vizes oldatokkal. Ennek érdekében 1,0 ml vizsgálandó oldathoz 1 ml 0,28%-os dimedon-szén-14 vizes oldatot adtunk, és a reakcióelegyet 10 percig forrása hőmérsékletén tartottuk, visszafolyó hütő alkalmazása mellett. Az oldatokat lehütés után 2·7 ml dietil-éterrel, illetve kloroformmal extraháltuk 5 percig, nátrium-szulfáttal vizmentesitettük, majd forgó bepárlón 0,5 ml-re beszükitettük. Ezt követően szilikagél vékonyréteglapon /Kieselgel G 254 Merck/ kromatográfiás elválasztást végeztünk benzol és metanol 99,5 : 0,5, illetve benzol és etil-acetát 95 : 5 elegyében fejlesztve ki a kromatogramot. A reakcióban keletkezett formal-dimedon jól elvált az el nem reagált dimedon reagenstől, és 254 nm-nél, ibolyántuli lámpa alatt intenziv fluoreszcenciát

mutatott /1. ábra/. A vékonyrétegről a formál-dimedon foltokat lekapartuk, majd toluol és etanol 6:4 összetételü folyadékszcintillációs oldattal extrahálva radioaktivitásukat Packard Tri Carb 3390, illetve Berthold BF 5000 folyadékszcintillációs spektrométerben mértük. A mérési adatokból értékeltük a módszer alkalmasságát vizes oldatok formaldehid-tartalmának meghatározásában.



1. ábra

Formáldimedon kromatográfiás elválasztása

Хроматографическое разделение формалдимедона

Chromatographic separation of formal dimedon

VÉRMINTA FORMALDEHID-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

1 ml vérplazmához 2 ml 5%-os triklórecetsavat adtunk, és 15 percig /3000 g/perc/ centrifugáltuk. A felüluszót üveglombikba öntöttük, és 1 ml 0,28%-os radioaktiv dimedon vizes oldatát adtuk hozzá. A továbbiakban ugy jártunk el, ahogyan már a vizes oldatok analizisénél ismertettük.

VIZELET FORMALDEHID-TARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

1 ml vizelethez 1 ml 0,28%-os radioaktiv dimedon vizes oldatot és 0,5 ml n sósavat öntöttünk, majd a továbbiakban a vizes oldatok analizisénél leirtak alapján jártunk el.

A vizelet formaldehidszintjét vizsgáltuk 80 mg hexametiléntetramin *in vivo* alkalmazása után is. A kisérleteket abból a célból végeztük, hogy adatokat kapjunk a formaldehid kötődéséről a vizeletben. 1 ml vizeletet 3 ml desztillált vizzel higitottunk, és 2 ml vizeletet átdesztilláltunk argon atmoszférában. Ezt követően más mintákat 3 ml n sósavval megsavanyitottunk, és 2 ml-t átdesztilláltunk. A továbbiakban az analiziseket az ismertetett módon végeztük el

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az alkalmazott dimedon-szén-14 radioaktiv reagenssel 0,01 µg/ml formaldehidet lehetett meghatározni. Az 1,07 µCi/mg, illetve 39,6 kBq/mg radioaktivitásu vegyület felhasználása azt jelentette, hogy 6220 dpm, il-

letve 103,0 Bq megfelelt 0,3 µg formaldehidnek. 10,0 µCi, illetve 370 kBq fajlagos aktivitásu dimedonnal a mérési határt 0,001 µg-ra terjesztettük ki.

Hogy a meghatározás hibájáról meggyőződjünk, standard formaldehid oldatok felhasználásával végeztünk analizist. A vizes oldatok formaldehid-tartalmát a következő összefüggés szerint értékeltük:

$$C_F = \frac{I \cdot 0,3}{E\ N}$$

ahol
- I - a mért impulzusszám /cpm/,
- E - a mérési hatásfok,
- $0,3$ - formaldehid-egyenérték,
- N - a formaldehid-egyenértéknek megfelelő, reagens radioaktivitás.

A formaldehid-koncentráció relativ hibája:

$$\frac{\Delta C_F}{C_F} = \frac{\Delta E}{E} + \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta V}{V} + \frac{\Delta I}{I},$$

ahol $\frac{\Delta E}{E}$ a standarddal való hitelesitéskor elkövetett relativ statisztikus hibából és a standardnak a berendezéstől független és igy elhanyagolható relativ hibájából tevődik össze;

$\frac{\Delta V}{V}$ az extrakció és kromatográfiás elválasztás hibája, mely 25 modellkisérletből 13,5%-nak adódott, igy a

$$\frac{\Delta C_F}{C_F} = 0,5 + 0,5 + 13,5 + \frac{\Delta I}{I},$$

A teljes hiba analóg változik a $\frac{\Delta I}{I} = P$ statisztikus hibával, a formaldehid-koncentráció függvényében. A vizes oldatokban, melyek nagyobb (300 µg/ml) formaldehid-mennyiséget tartalmaztak, kisebb, de 14,5% alá nem csökkenthető, mivel ez a hiba nagyrészt az extrakció és elválasztás folyamatából származik.

A módszer felhasználásával nagyszámu véranalizist, illetve vizeletanalizist végeztünk, és ennek alapján megállapithattuk, hogy a normál formaldehidszint a vérben 0,4 - 0,6 µg/ml közé esik. A vizelet formaldehid-tartalma nagyobbnak adódott, és 2,5 - 4,0 µg/ml közé esett.

Trombocita-koncentrátumok analizisét is módunk volt elvégezni; az endogén formaldehid-koncentrációt 0,45 - 0,5 µg/ml-nek találtuk /1. táblázat/.

1. táblázat

Különféle humán eredetü minták endogén formaldehid-tartalma

Внутренние уровни формальдегида в разных биологических пробах человеческого происхождения

Endogeneous formaldehyde level in different biological samples of human origin

Minta	Formaldehid-tartalom, µg/ml
Vér	0,4 - 0,6 ± 0,06 - 0,09
Vizelet	2,5 - 4,0 ± 0,37 - 0,60
Trombocita-koncentrátum	0,47- 0,5 ± 0,07 - 0,07

Az analizisek egyértelmüen bizonyitják a formaldehid jelenlétét a vérben és vizeletben, és alátámasztják az a feltételezést, mely alapján formaldehid-anyagcseréről beszélhetünk. Ugyanakkor a vizsgálati adatok felvetik azt a kérdést, hogy vajon a formaldehid szabadon, vagy kémiailag kötött formában található-e a biológiai mintában.

Jelenlegi ismereteink szerint a formaldehid, illetve a C_1 csoportok reaktiv átvitele a tetrahidrofólsav segitségével történik. A formaldehid képződésében egy N-demetiláz[13] és a metilénreduktáz-5-metil-tetrahidrofolát-NAD-oxidoreduktáz[14] /melyet először patkány agyszövetben, valamint más szervekben[15], illetve vérteskecskékben mutattak ki[2]/ vesz részt. A formaldehid kötődése a koenzimen az N^5-N^{10} közötti metilénhid formájában aktiv. A tetrahidrofoláton kötött formaldehid reaktivitása alig különbözik a szabad formaldehidétől.

A formaldehid nagy sebességgel és irreverzibilisen reagál dimedonnal. Ez a reakció a labilis $=N-CH_2-OH$ és $-N=CH_2$ csoportokkal is bekövetkezik, alig kisebb reakciósebességgel. Szabad formaldehid könnyen képződhet a labilis $=N-CH_2-OH$ csoportok disszociációjából. Figyelembe véve a formaldehid megkülönböztetett reakciókészségét és a mért koncentrációkat, megállapithatjuk, hogy az endogén formaldehid egy kis része szabad állapotban van a biológiai mintákban.

Ezt a feltevést alátámasztották azok a méréseink, melyeket a hexametiléntetramin *in vivo* adagolása után végeztünk a vizeletmintákban. Ismeretes, hogy a hexametiléntetramin, mely formaldehid és ammónia kondenzációs terméke, formaldehid prekurzor. Sav jelenlétében belőle formaldehid szabadul fel, mely nem nagy mértékben, de hatékony a hugyutak patogén mikroorganizmusai ellen. Ez akkor következik be, ha a vizelet pH-ja 5,5-nél kisebb. Vizsgálataink szerint azonban a formaldehid nemcsak savas pH-n, hanem az enzimatikus hatásu semleges pH-n is képződik. 80 mg hexametilén-tetramin adagolása után a felszabadult formaldehid 14,5%-át lehetett meghatározni a humán vizelet desztil-

látumában, mig a maradékban 85,5%-ot 12 órával a bevétel után. Ha a vizeletet N sósavval megsavanyitottuk, akkor a teljes formaldehidtartalom 96,1%-ra volt átdesztillálható, és a maradék csak 3,9% volt /2. táblázat/.

2. táblázat

A formaldehid eloszlása a vizelet desztillátumában és maradékában hexametilén-tetramin in vivo adagolása után

Распределение формальдегида в дестилляте и остатке мочевины после in vivo введения 80 мг гексаметилентетрамина

Distribution of formaldehyde in the distillate and rest of urine under various circumstances after in vivo application of 80 mg hexamethylentetramine

Minta	Formaldehid-eloszlás, µg/ml	%
Vizelet /teljes/	22,7 ± 3,8	100
Desztillátum	3,3 ± 0,5	14,5
Maradék /semleges/	19,6 ± 2,9	86,2
Desztillátum /savas/	21,8 ± 3,2	96,1
Maradék /savas/	0,88 ± 0,13	3,9

Véleményünk szerint a formaldehid a következő formában fordulhat elő a biológiai folyadékokban /3. táblázat/:

3. táblázat

A formaldehid különböző állapotu előfordulása a vizeletben

Виды формальдегида в мочевине

The presence of formaldehyde in different states in urine

Kémiai állapot	%
Szabad	14,5
Labilis hidroximetil Schiff-bázis	81,6
Stabilis forma	3,9

1. szabad állapotban,
2. labilis hidroximetil /=N-CH_2-OH/ származék alakjában,
3. Schiff-bázis formájában /-N=CH_2/,
4. stabilisabb /pl. =N-CH_2-N=/ kötésben.

Vizsgálataink azt támasztják alá, hogy a formaldehid labilis hidroximetil-származék, illetve Schiff-bázis formájában lehet jelen. Figyelembe véve azt, hogy a formaldehid savas közegben a labilis hidroximetil-csopor-

formában kötötten jelen. Arginin és formaldehid közötti reakciót tanulmányozva megállapitottuk, hogy ez a bázikus aminosav rendkivül gyorsan reagál formaldehiddel stabilis metilol származék képződése közben. Az arginin metilolok savas közegben bomlanak, s dimedonnal a felszabaduló formaldehid meghatározható. Figyelembevéve az arginin és formaldehid közötti reakció lehetőségét in vivo, melyet szén-14 izotóppal májhomogenizátumban igazolni lehetett, sikerült arginin metilol származékokat az emberi vérből és vizeletből kromatográfiás analizissel kimutatni[16]. Feltehető mindezek mellett, hogy a formaldehid egy része a nukleinsav bázisokra is kötődhet metilol alakjában. Ennek bizonyitására további vizsgálatok szükségesek.

IRODALOM

1. *F.C. Benesh, G.E. Carl,* Biol. Psychiat, 13 /1978/ 465
2. *E. Meller,* et al., Science 187 /1975/ 171
3. *G. Cohen, C. Mytilineon, R.E. Barrett,* Science 175 /1972/ 1269
4. *E. Sawicki, C.R. Sawicki,* Aldehydes Photometric Analysis, Vol. 5., Academic Press, New York, 1978
5. *C. Vaydhas, K. Weigl, H. Seis,* Eur. J. Biochem. 89 /1978/ 143
6. *T. Szarvas, B.I. Pozsár,* Proc. 19th Hung. Ann. Meet. Biochem. Budapest, 1979, 35
7. *D. Vorländer.* Z. Analyt. Chem. 77 /1927/ 241
8. *Е.Ф. Малыгин,* Гиг. сан. №1 /1977/ 5
9. *Г.Ф. Дрегвал, В.Н. Кузнецова, Н.М. Бродская,* Гиг. сан. №10 /1979/ 46
10. *R.D. Steele, N.J. Benevenga,* J. Biol. Chem. 254 /1979/ 8885
11. *G.L. Case, N.J. Benevenga,* J. Nutr. 107 /1977/ 1665
12. *Szarvas T., Simon L.P., Trézl L., Tyihák E., Rusznák I.,* Proc. 21th Hung. Ann. Meet. Biochem., Veszprém, 1981, 203
13. *L.L. Hsu, A.J. Mandell,* Life Sci. 14 /1974/ 877
14. *L.A. Ordonez, F. Carabello,* Psychopharmacol. Comm. 1 /1975/ 253
15. *L.A. Ordonez, R.J. Wurtman,* J. Neurochem. 21 /1973/ 1447
16. *L. Trézl, A. Csiba, I. Rusznák, E. Tyihák, T. Szarvas,* Proc. 21st hung. Ann. Meeting Biochem., Veszprém, 1981,

*

A dimedon /5,5-dimetil-ciklohexán-1,3-dion/ könnyen kondenzál formaldehiddel és más aldehidekkel, jól azonositható származék képződése közben. A módszerrel érzékenyebb és pontosabb meghatározás vált lehetségessé. Nagyszámu minta analiziséből megállapitottuk, hogy az emberi vér formaldehid-tartalma 0,4-0,6 µg/ml, a vizeleté pedig 2,5-4,0 µg/ml. Vizsgáltuk a módszer hibáját és a formaldehidnek a biológiai folyadékokban való kémiai kötődésének lehetőségét is.

АНАЛИЗ ЭНДОГЕННОГО ФОРМАЛЬДЕГИДА В КРОВИ И МОЧЕВИНЕ ЧЕЛОВЕКА РАДИОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ПОМОЩЬЮ РЕАГЕНТА ДИМЕДОНА- С

Сарваш, Т., Сатлоцки, Э., Волфорд, Я., Трезл, Л., Тьихак, Э., Руснак, И.

Димедон /5,5-диметил-циклогексан-1,3-дион/ конденсируется с формальдегидом и другими альдегидами очень легко, при образовании хорошо отождествляемых про-

изводных. Метод способствовал созданию определения, более чувсвительного и точного. На основе анализа большого числа образцов было установлено, что содержание формальдегида в крови - 0,4-0,6 мкг/мл, а в мочевине - 2,5-4,0 мкг/мл. Часть формальдегида связывается к основному аргинину аминокислоты. Было изучено также и ошибка метода и возможность химической связи формальдегида в биологических растворах.

ANALYSIS OF ENDOGENOUS FORMALDEHYDE IN HUMAN BLOOD AND URINE BY RADIOMETRIC METHOD, USING DIMEDON-^{14}C REAGENT

Szarvas, T., Szatlóczky, E., Volford, J., Trézl, L., Tyihák, E., Rusznák, I.

The method is based on that dimedone /5,5-dimethyl-cyclohexane-1,3-dione/ can very easily be condensed with formaldehyde and other aldehydes. With its help a more sensitive technique and a more accurate evaluation have been made possible. Analyzing a number of human samples the formaldehyde level in the blood was found to be between 0.4-0.6 µg/ml and in urine 2.5-4.0µg/ml. One part of the formaldehyde is being bound to the basic amino acid arginine. The error of the determination and the chemical bonds of formaldehyde in the biological fluids are also discussed.

IZOTÓPTECHNIKA 26 /1/: 70-80 /1983/

VI. KÉKESTETŐI IZOTÓPDIAGNOSZTIKAI SZEMINÁRIUM

(1982. NOVEMBER 21-24)

/Érkezett 1983. január 10-én/

Az Országos Röntgen-és Sugárfizikai Intézet/ORSI/és a MONT közösen rendezett szemináriumán 36 izotópdiagnosztikai szakember vett részt; gammakamerával már ellátott, illetve a jövőben ellátandó iztotópdiagnosztikai laboratóriumok vezetői, vezető munkatársai, valamint az Egészségügyi Minisztérium Gyógyszerészeti Főosztályának és az MTA Izotópintézetének munkatársai. Az állandóan Kékestetőn tartózkodók mellett egy-egy nap délelőttjén, illetve délutánján meghivottak és az adott nap programja iránt érdeklődők is megjelentek.

A háromnapos szemináriumon elsősorban szervezési kérdések megtárgyalására került sor. Az egyes pontok vitájának lezárása után, előzőleg kijelölt, un. redakciós bizottság foglalta össze irásban a szeminárium résztvevői által jóváhagyott tennivalókat. E rövid összefoglalásokban adjuk közre az *1982. évi kékestetői szeminárium dokumentumait.*

A megbeszélés tárgya: Középkáderképzés, továbbképzés
Előadó: Dr. Györgyi Sándor
Elfogadott állásfoglalás

I. KÉPZÉS

Az asszisztensképzés célja: olyan középfoku egészségügyi szakdolgozók /asszisztensek/ képzése, akiknek az izotópdiagnosztika módszereiben megfelelő

- elméleti ismereteik és gyakorlati jártasságuk legyen;
- ezek birtokában az *in vivo* és *in vitro* vizsgálatokat önállóan és felelősséggel végre tudják hajtani;
- a vizsgálatok közben felmerült problémák, eltérések felismerése után a módszer végrehajtását célszerüen meg tudják változtatni;
- reálisan meg tudják itélni azt, hogy mikor kell igényelniük orvos vagy egyéb diplomás szakember segitségét.

E cél elérése érdekében - figyelembe véve az izotóplaboratóriumok számának és müszaki felszereltségének örvendetes fejlődését, a gammakamerának, mint vizsgáló eszköznek általánossá válását - az eddigi képzést tartalmi és formai szempontból egyaránt *meg kell változtatni* az alábbiak szerint.

1/ Tartalmi változtatásokra vonatkozó javaslatok

a/ Tanterv

Az I. félév anyaga lényegében változatlan maradhat, hiszen az izotóplaboratóriumi munka alapismereteit, illetve követelményeit tartalmazza, amelyeknek elsajátitása lehetővé teszi az izotóplaboratóriumban tör-

ténő munka végzéséhez törvényesen előirt un. *jogositvány megszerzését.*

A diagnosztikával foglalkozó II. félév anyagát a mai igényeknek megfelelően *teljesen át kell dolgozni.* Megfelelő óraszámot kell biztositani az *in vitro* eljárások elméletének és gyakorlatának elsajátitására. Az óraszám jelentős részét az *in vivo* módszerek közül a ma még használatos eljárások mellett *döntően a gammakamerával végezhető vizsgálatok* módszertanának elsajátitására kell forditani.

b/ Tananyag

A fenti tantervnek megfelelő uj jegyzetet sürgősen meg kell irni.

2/ Formai változtatásokra vonatkozó javaslatok

A képzés eddigi formáját - 10 hónapon keresztül heti 10, összesen 330 óra -, az óraszám változatlanu hagyása mellett évi 2x5 hetes koncentrált blokkra kell változtatni. A blokkszerü képzés előnyei:

- a képzés eredményesebbé válhat, az un. "jogositványt" már 5 hét mulva megkaphatja a hallgató;
- egy adott ideig a munkahely könnyebben nélkülözi a beiskolázott dolgozót;
- az utaztatás költségei kb. egyharmadára csökkennek.

Azok a középkáderek, akik nem rendelkeznek a tanfolyami felvételhez szükséges végzettséggel, elvégezhetik az első öthetes blokkot, igy diplomát nem, de jogositványt kaphatnak. Jogositványszerzéshez alternativaként a Budapesti Müszaki Egyetem által országszerte szervezett izotóptechnikai tanfolyamok szolgálnak.

3/ Az asszisztensképzés távlati terve

További rohamos müszaki fejlődéssel kell az elkövetkező időben is számolnunk. A méréstechnika korszerüsödése együttjár a módszertani követelmények növekedésével. Célszerü lenne már most behatóan és konkrétan foglalkozni kétéves szakasszisztensképzési tervvel.

II. TOVÁBBKÉPZÉS

A középkáderek továbbképzését *szervezett keretek között* kell biztositani. A jelenlegi fázisban előnyben kell részesiteni az évekkel ezelőtt már asszisztensnői diplomát szerzett, többéves gyakorlattal rendelkező dolgozókat, akik gammakamerás vizsgálati módszerekkel kapcsolatos elméleti és gyakorlati ismeretekkel egyáltalán nem rendelkeznek.

A középkáderek képzésével és továbbképzésével kapcsolatos konkrét tennivalók

ad I/1/a:

A MONT Oktatási Albizottságának *uj tantervet* kell kidolgoznia, és azt az ORSI főigazgatójának jóváhagyásával az Egészségügyi Minisztérium II. Főosztályának jóváhagyás, illetve engedélyezés céljából meg kell küldeni.

ad 1/b:

A tananyag megirására a tanterv jóváhagyása után kerülhet sor. A MONT Oktatási Albizottsága tegyen személyi javaslatot a készitendő jegyzet szerkesztőjére és szerzőire. A javasolt szerkesztő és a szerzők névsorát az ORSI főigazgatóján keresztül szintén az Egészségügyi Minisztérium II. Főosztályához kell felterjeszteni,

ad 2/:

A blokkszerü képzési formára kidolgozott részletes javaslatot célszerü az uj tantervi javaslattal együtt, az előbb emlitett módon, az Egészségügyi Minisztérium II. Főosztályához felterjeszteni.

Azon dolgozók érdekében, akiket a Budapesti Müszaki Egyetem által szervezett, jogositványszerző tanfolyamra kivánnak a laboratóriumok vezetői beiskolázni, az adott intézmény vezetőjéhez irt támogató levelével az ORSI főigazgatója igyekezzék elérni, hogy az intézmények biztositsák a drága tanfolyamok elvégzéséhez szükséges anyagi eszközöket.

ad 3/:

A távlati tervként felmerült kétéves szakasszisztensképzés előkészitése a MONT Oktatási Albizottsága és az ORSI közös feladata. Ezen nyilvánvalóan más szakmákban is felmerülő igények kielégitése szükségessé teszi az Egészségügyi Minisztérium 1975. évi, a szakdolgozók képzésével foglalkozó rendeletének megváltoztatását.

ad II.:

A MONT Oktatási Albizottsága dolgozza ki az asszisztens-továbbképzés elméleti és gyakorlati anyagát, jelölje ki az erre alkalmas laboratóriumokat. A középfoku egészségügyi dolgozók továbbképző intézetének igazgatóját az ORSI kérje fel az izotóplaboratóriumi asszistensnők egyéni továbbképzésének megszervezésére és lebonyolitására. A laboratóriumok vezetői jelentsék be az ORSI-nak ezirányu, a továbbképzésre váró asszisztensnők számát is tartalmazó igényüket. A szervezett továbbképzésen tulmenően minden lehetőséget ki kell használni az *egyéni továbbképzés* egyéb lehetőségeinek biztositására. Erre elsősorban Budapesten van mód, a laboratóriumok közvetlen, bilaterális megegyezésével.

A megbeszélés tárgya: Orvosképzés, orvostovábbképzés
Előadó: Dr. Hernády Tibor
Elfogadott állásfoglalás

Az izotópdiagnosztika nem önálló tantárgy orvosegyetemeinken. Az általános orvosképzés során a biofizika /méréstechnikai, müszeres alapismeretek/, a belgyógyászat, illetve a radiológia tantárgyának oktatása keretében, a különböző egyetemeken eltérő módon és óraszámmal juthatnak ismeretekhez a hallgatók. Az egészségügyi ellátás érdeke, hogy az ujonnan és a régebben képzett orvosok az izotópdiagnosztika lehetőségeit, az indikációs területeket, az egyes eljárások teljesitőképességét megismerjék. Megfelelő tájékozottság rövidítheti a diagnózis felállitásához szükséges időt, csökkentheti a költségeket, hiánya növeli a felesleges, értelmetlen vizsgálatok számát. A feltétlenül szükséges elméleti oktatáson kivül kivánatos az izotópdiagnosztikai módszerek *gyakorlati bemutatása* az egyetemeken és az integrált oktatás keretében a tanitó kórházak izotóplaboratóriumaiban.

Az oktatás korszerüsitése érdekében szükséges tennivalók

1/ Az Orvostovábbképző Intézet /OTKI/ orvostovábbképző tanfolyamai anyagában az adott klinikai szakmához kapcsolódó izotópdiagnosztikai ismereteket a klinikai diszciplina keretébe integrálva kell biztositani.

2/ A klinikai tárgyak egyetemi tanszékvezetőinél szorgalmazni kell, hogy saját diszciplinájukon belül reális arányban biztositsák a szakmájukhoz szorosan kapcsolódó nukleáris medicinai eljárások ismertetését.

3/ Szorgalmazni kell orvosegyetemeinken az izotópdiagnosztikai tárgyu speciálkollégiumok meghirdetését.

4/ Az oktató kórházakban gyakorlati idejüket töltő orvostanhallgatók részére az oktatókórházak izotóplaboratóriumaiban bemutató gyakorlatokat kell szervezni. Ehhez az egységes tematikai ajánlást a MONT Oktatási Albizottságának kell kidolgoznia.

5/ A Szegedi Orvostudományi Egyetem Biofizikai Intézetének vezetőjéhez levelet kell intézni, hogy a nukleáris méréstechnikát mind elméletben, mind gyakorlatban, a többi orvosegyetemhez hasonlóan, az eddigieknél bővebben oktassák, hogy arra a későbbiekben diagnosztikai ismereteket lehessen épiteni.

A megbeszélés tárgya: Szakorvosképzés, szakorvos-továbbképzés

Előadó: Dr. Szilvási István
Elfogadott állásfoglalás

Az izotópdiagnosztika önálló diszciplina, e szakmából ráépitett szakorvosi képesités szerezhető. Az utánpótlás biztositása szempontjából fontos

lenne az amugyis hiányszakma *alapszakmává* változtatása. Mindaddig, mig erre sor nem kerülhet, a szakorvosképzés, illetve a szakorvos-továbbképzés korszerüsitése érdekében, a következő javaslatok születtek:

1/ Az OTKI-ban évek óta megrendezett "izotópdiagnosztikai tanfolyam" elnevezést *"izotóptanfolyam"* elnevezésre kell változtatni, mert a tanfolyam jogositvány és általános tájékozódás szerzésére alkalmas csupán.

2/ Az ORSI-MONT szervezésében minden második évben kerüljön sor olyan izotópdiagnosztikai szemináriumra Kékestetőn, amely a szakorvosjelöltek és az izotópdiagnosztikai laboratóriumokban dolgozó nem orvosdiplomások szakmai fejlődését szolgálja.

3/ Szükség van magyar nyelvü izotópdiagnosztikai kézikönyv mielőbbi megirására és megjelentetésére. A könyv ne csupán az izotópdiagnosztikával közvetlenül foglalkozó szakemberek, hanem az egyéb klinikai szakmák müvelői számára is tartalmazzon nukleármedicinai ismereteket. Javasoljuk a könyv megjelenéséig 100-200 oldalas hiánypótló jegyzet kiadását.

4/ Az Izotópdiagnosztikai Szakvizsgabizottság mielőbb állitsa össze a jelöltek felkészüléséhez ajánlott és hazánkban hozzáférhető magyar és idegen nyelvü irodalom jegyzékét.

A megbeszélés tárgya: Nemorvosdiplomások képzése és továbbképzése

Előadó: Dr. Krasznai István

Elfogadott állásfoglalás

KÉPZÉS

Az izotópdiagnosztikai laboratóriumokban dolgozó nemorvosdiplomások /gyógyszerész, vegyész, biológus, fizikus, mérnök, matematikus/ szervezett szakmai képzése megoldatlan. Az e területen dolgozók legnagyobb része autodidakta módon, illetve munkatársai támogatásával sajátitja el a szükséges interdiszciplináris ismereteket. A képzés hiányosságainak mérséklésére javasoljuk:

1/ interdiszciplináris ismereteket is tartalmazó izotópdiagnosztikai kézikönyv megirását;

2/ szaktanfolyamok biztositását /Kékestető, Gamma Müvek, MONT stb./;

3/ belföldi tanulmányutak elősegitését;

4/ az Eötvös Loránd Fizikai Társulat sugárvédelmi tanfolyamain való részvétel támogatását.

TOVÁBBKÉPZÉS

Az izotópdiagnosztikai laboratóriumokban dolgozó nemorvosdiplomások szervezett továbbképzése ugyancsak megoldatlan.

Elvileg a gyógyszerészek továbbképzése szabályozott, de főtárgyként radiofarmakológia nem szerepel. Mérnökök továbbképzését a BME Továbbképző Intézete végzi, a nukleáris szakmérnökképzés azonban kifejezetten reaktorcentrikus.

A továbbképzés javitását célzó javaslatok:

1/ Az OTKI biztositsa, hogy radiofarmakológiából is megszerezhető legyen a szakgyógyszerészi cim;

2/ Az ORSI és a MONT javasolja az Egészségügyi Minisztérium illetékes főosztályának, hogy ne csak az izotópdiagnosztikai laboratóriumokban, hanem az egészségügyi intézmények egyéb szervezeti egységeiben dolgozó nemorvosdiplomások részére is *egységes továbbképzési lehetőséget* és ennek elvégzése /esetleg vizsga letétele/ után *megfelelő cim elnyerését biztositsák* /nukleáris szakfizikus, szakgyógyszerész, szakbiológus stb./.

TUDOMÁNYOS FOKOZAT ELNYERÉSE

A nemorvosdiplomás szakemberek részére minden egyetemen biztositani kell, hogy nukleáris medicinából irt disszertációjukkal nukleáris medicinából, illetve egy másik, főtárgyból letett vizsgával orvos-biológiai doktori cimet szerezhessenek. Biztositsák, hogy gyógyszerészi doktori cimet radiofarmakológiai témából is lehessen szerezni.

Az izotópdiagnosztikai laboratóriumokban dolgozó nemorvosdiplomások véleménye szerint egzisztenciális helyzetük, erkölcsi és anyagi elismerésük az egészségügyi intézmények többségében kivánni valót hagy maga után. A szükségképpen interdiszciplináris jellegü szakma jövője érdekében javasoljuk:

1/ Az orvosi állásoknak megfelelően a nemorvosdiplomások számára is státusfokozati rendszert dolgozzanak ki;

2/ Az anyagi diszkrimináció megszüntetése érdekében a munkaköri pótlék rendszerét általánosan terjesszék ki;

3/ Az ORSI, illetve a MONT tegyen erőfeszitéseket az egészségügyi intézmények vezetésénél, hogy az izotópdiagnosztikai laboratóriumokban teljes állásban dolgozó nemorvosdiplomások az orvosokhoz hasonló és velük egyenlő anyagi megbecsülésben részesüljenek.

Megbeszélés tárgya: Izotópdiagnosztikai munkastatisztika

Előadó: Dr. Szilvási István

Elfogadott állásfoglalás

Az Egészségügyi Minisztérium engedélyezése után - várhatóan 1983. január 1-től - *kötelező* a szemináriumon ismertetett és részletesen megtárgyalt munkastatisztikai adatlapok gondos kitöltése. A tervezet szerint havi és évi statisztikai lapokat kell kitölteni, emellett havonta un. "anyagfelhasználási lap" kiállitására és beküldésére kerül sor.

A statisztikai adatlapok kitöltését is elősegitő részletes betegforgalmi dokumentáció vezetésére is *ajánlás* történt. A lapok összessége vizsgálati főkönyvként használható.

A statisztikai lapok kitöltését az Egészségügyi Minisztérium engedélyének megérkezésétől függetlenül a magyar izotópdiagnosztikai laboratóriumokban 1983. január 1-től megkezdik.

Évente egy alkalommal az ORSI és a MONT részére müszaki-személyi kataszter töltendő ki. Az ezekben szereplő adatok felhasználásával tud az ORSI és a MONT a szakma számos kérdésében felelősséggel nyilatkozni. A kataszterben szereplő kérdéseket a szeminárium résztvevői egyetértőleg jóváhagyták.

Megbeszélés tárgya: Területi betegellátás

Előadó: Dr. Szilvási István

Elfogadott állásfoglalás

Az ország egészségügyi intézményeinek reális izotópdiagnosztikai szükségletei csak a gammakamerával rendelkező laboratóriumok területi betegellátásba való bekapcsolásával elégithetők ki. A gammakamerák szolgálatba állitásával a résztvevők *egyetértenek*. A részletesen ismertetett, a megyékre vonatkozó területi felosztással a résztvevők egyetértettek. Budapest területi felosztását a négy tanácsi gammakamerás laboratórium és a többi budapesti gammakamerás laboratórium között a közeljövőben tovább finomitják.

A terület zavartalan ellátásához feltétlenül szükséges, hogy az Egészségügyi Minisztérium III. Főosztálya a gammakamerával rendelkező intézmények vezetőit *hivatalosan értesitse* az általános területi ellátástól eltérő felosztásról. A szervezeti, pénzügyi, személyi feltételek megteremtése, a minisztériumi ajánlás alapján, az egészségügyi intézmények vezetőinek feladata.

A betegellátás vitás kérdéseinek megoldására az izotóplaboratóriumok vezetői a területi radiológus szakfőorvos segitségét kérjék, mert ők az ORSI megbizásából az adott területen az izotópdiagnosztikai ellátás felelősei is.

A megbeszélés tárgya: A gammakamerával rendelkező laboratóriumok munkaszervezése

Előadó: Dr. Csernay László

Elfogadott állásfoglalás

A nagy értékü gammakamera-kisszámitógép rendszerek gazdaságos kihasználása *6 óránál hosszabb* müszakban történő üzemeltetésüket indokolja. A területi betegellátásból a laboratóriumokra háruló feladatok müszaknyujtás nélkül különben sem oldhatók meg. Különböző laboratóriumokban az optimális munkaszervezésnek eltérő formái lehetségesek. A résztvevők megismerték a SzOTE KIL munkaszerve-

zési rendjét, mint egyik lehetséges alternativát /9 órás kameraüzemeltetést biztosit/. Egyetértettek abban, hogy minden gammakamerával felszerelt laboratóriumban megvizsgálják a müszaknyujtás lehetőségét, és törekszenek az adott helyen optimális megoldás bevezetésére.

A megbeszélés tárgya: A Gamma Müvek müszaki fejlesztési tervei, müszerszerviz

Előadó: Dr. Maschek Tivadar

Elfogadott állásfoglalás

A résztvevők részletes tájékoztatót kaptak a Gamma Müvek müszaki fejlesztési terveiről. A 37 PMT-s, mikro Z-s uniformitáskorrekcióval müködő gammakamerát 1983 második félévében, az általános mérőmüszerek uj termékcsaládját 1985-ben, az uj mikroprocesszoros adatfeldolgozó rendszert előreláthatóan 1985-től gyártják. Az ECAT kisérleti példánya valószinüleg 1983-ban elkészül.

A laboratóriumok vezetői a gammakamera-kisszámitógép-rendszerek hibáinak javitásával, karbantartásával, azaz ezen nagy értékü müszerek szervizével elégedetlenek, az eddigi szolgáltatást *nem tartják kielégitőnek*. Hiányzik a rendszeres karbantartási szerződés kötésének lehetősége is. A scannerek és egyéb mérőmüszerek javitása, karbantartása *megfelelő*.

A Gamma Müvek vállalja, hogy a gammakamerákra 1983. január 1-től *karbantartási szerződés kötését* biztositja. A szolgáltatásra és a dijazásra vonatkozó részletes ajánlatot *legkésőbb januárban* irásban megkapják a felhasználók.

A legtöbb gondot okozó számitógépes adatfeldolgozó rendszerek /8 db/ müködését a helyszinen, még ez év decemberében ellenőrzik a Gamma Müvek szakemberei. A felderitett, konkrét hibák elháritása az esetek zömében feltehetően *1983. január 1-től indul meg*.

A Gamma Müvek az izotópdiagnosztikai laboratóriumok megfelelő kvalitásu müszaki dolgozói számára a gammakamera-kisszámitógép-rendszer tipushibái felismerésének, identifikálásának, egyszerübb esetben elháritásának, a folyamatos üzemeltetéshez nélkülözhetetlen napi karbantartásának és ellenőrzésének elsajátitására *tanfolyamot szervez*, melynek időpontját és időtartamát *levélben közli* a felhasználókkal. A tanfolyam *dijtalan*, szállásról, utiköltségről az egészségügyi intézményeknek kell gondoskodniuk.

A szükséges javitási munkákat a rendszeresen vezetett üzemelési napló nagymértékben elősegiti. Ezzel a megállapitással a laboratóriumvezetők egyetértettek. Az emlitett müszerekhez /gammakamera, kisszámitógép-rendszerek/ alkalmas üzemelési napló prototipusának *elkészitését a Gamma Müvek vállalta*.

A szervizhelyzet további javitása érdekében ismét elhangzott az a javaslat, hogy a korábbi elképzelésnek megfelelően az egészségügy területén alkatrészraktárt /kb. 2-3 millió forint értékben/ állitsanak fel. A javaslat realitását az ORSI megvizsgálja.

A tervezett gyári tanfolyamon kiképzett, a laboratóriumban dolgozó műszakiak szakmai munkája szinvonalát emeli, illetve lehetővé teszi, ha a laboratóriumok a javitási munkákhoz szükséges müszerkészlettel rendelkeznek. A laboratóriumvezetők az elkövetkezendő évek beruházásának tervezésekor igyekezzenek az ilyen irányu szükségletek optimális kielégitésére.

Budapesten több laboratórium önkéntes alapon *osztott beruházással* hozzon létre ilyen szerviz célu müszerbázist.

Megbeszélés tárgya: Radiofarmakon-ellátás
Előadó: Dr. Marjay Zoltánné, Zsinka László, Dr. Jánoky Győző, Antal Jánosné
Elfogadott állásfoglalás

Zsinka László részletes tájékoztatást adott az MTA Izotópintézet elkövetkezendő évekre tervezett radiofarmakon-fejlesztési és -előállitási elgondolásairól. Az OSSKI terveiről Dr. Jánoky Győző tartott rövid beszámolót. A résztvevők örömmel vették tudomásul, hogy a rutindiagnosztikában elterjedten alkalmazott *in vitro* és *in vivo* készletek mielőbbi előállitását, a tőkés import kiváltását remélhetik.

Az elhangzottak alapján fontosnak tartjuk, és *javasoljuk*, hogy a MONT radiofarmakológiai munkacsoportja szorosabban müködjék együtt az MTA Izotópintézetével, illetve az OSSKI-val.

Antal Jánosné a forgalmazás egyes aktuális problémáiról szólt. *Nyomatékkal kérte*, hogy a pótrendelés, rendelésstornirozás és rendeléscsere arányát a felhasználók *mérsékeljék*, illetve negyedéves bontásban, időben és koncentráltan közöljék. Foglalkozott a minőségi kifogás bejelentésének kérdésével is, melyet a tapasztalatok alapján *elégtelennek* és rendezetlennek minősitett.

Feltétlenül kivánatos ezért, hogy az ORSI izotópdiagnosztikai vagy a MONT radiofarmakológiai munkacsoportja az ország összes müködő izotópdiagnosztikai laboratóriumát értesitse, és nyomatékkal hivja fel a figyelmüket arra, hogy radiofarmakonokkal kapcsolatos *minőségi kifogás* esetén minden esetben *azonnali jelentéstétel kötelező*.

A jelentés szabályszerü módjai

- *Hazai, in vivo* készitmények hibáját párhuzamosan az MTA Izotópintézetének és az Országos Gyógyszerészeti Intézetnek /OGYI/ kell jelenteni.
- *Hazai, in vitro* készitményekkel kapcsolatos hibákat párhuzamosan az MTA Izotópintézetének és az Országos Laboratóriumi Intézetnek /OLI/ kell jelenteni.
- *Külföldi*, akár *in vivo* akár *in vitro* készitmények hibája esetén irásban /2 példányban/ a forgalmazásért felelős MTA Izotópintézetet kell informálni.

Az Egészségügyi Minisztérium Gyógyszerészeti Főosztálya képviseletében Dr. Marjay Zoltánné az 1983. évre jóváhagyott rendelésállományt, a szükségessé vált megszoritó intézkedéseket ismertette, és azokat *kimerítő részletességgel szakmailag indokolta.*

Fontos feladatként vetődött fel, hogy az OLI-val *szorosan együttmüködve* a MONT in vitro munkacsoportja tisztázza és a laboratóriumok vezetőivel ismertesse a rutinellátásban, a betegellátás különböző szintjein alkalmazandó RIA-eljárások listáját.

Kivánatos lenne olyan javaslat kidolgozása is, amely a diagnosztikában időnként szükséges, nem nagyszámu, különleges, biológiailag aktiv anyagok, hormonok meghatározását szervezetten, centralizáltan oldaná meg. Ez szinte felbecsülhetetlen pénzügyi megtakaritást eredményezne.

Kivánatos, hogy a tőkés importból származó *in vitro* kitek *minősitése* a KGST import készitményekhez hasonlóan történjék. A minősitő munkában a MONT in vitro munkacsoportja *aktivan vegyen részt*, beleértve az esetleges "cégváltás" eldöntésére vonatkozó javaslatot is.

Indokolt a KGST import készletek ujabb, alapos minőségi kipróbálása is megfelelő objektiv feltételek /kontrollszérumok/ centrális biztositásával.

A következő időszak fontos feladata, hogy a MONT radiofarmakológiai munkacsoportja és az OGYI közösen tegyen ajánlatot a $^{99}Tc^{m}$-generátorok minőségellenőrzésének uj kontrollrendszerére. Fontos lenne az esetleges hibák bejelentésére alkalmas egységes munkalap összeállitása is.

Az örvendetesen terjedő tömeges szürővizsgálatokhoz esetleg szükséges - főleg *in vitro* - radiofarmakonok anyagi fedezetének biztositását a rutinellátás rendelkezésére álló forint- és devizakereteken kivül kellene megoldani. Az ORSI és a MONT erre vonatkozóan közös beadványban hivja fel az Egészségügyi Minisztérium illetékeseinek figyelmét, hogy az ujonnan bevezetendő szürővizsgálatok költségét a meglévő keretekből nem lehet fedezni.

A szeminárium résztvevői kivánatosnak tartják, hogy az MTA Izotópintézete évközben is, folyamatosan tájékoztassa a laboratóriumokat a forgalomba, illetve az importlistára kerülő vagy onnan törölt *in vivo* és *in vitro* készitményekről.

Megbeszélés tárgya: Izotópdiagnosztikai munkához szükséges fogyóanyagok beszerzése
Előadó: Dr. Kopcsányi Zsuzsanna, Dr. Galuska László, Dr. Kovács László
Elfogadott állásfoglalás

Az előzetes tájékozódás alapján a szükséges egyszerhasználatos fecskendő- és tümennyiség 1983-ra biztositott, bár az OMKER nem rendelkezik érvényes importszerződéssel.

Előzetes információk szerint 1983-ban a polaroidfilm-import mennyiségileg az 1982. évivel fog megegyezni. Tekintve, hogy a gammakamerák és az egy kamerán végzett vizsgálatok száma az elmult és az elkövetkezendő hónapokban jelentősen nő, csak polaroidfilmmel a szcintigráfiás eljárások képrögzitési igénye nem oldható meg. A polaroidigény *fenntartása mellett* fontos, hogy az izotópdiagnosztikai laboratóriumok mindegyike polaroidot pótló, illetve kiváltó képrögzitési lehetőséggel rendelkezzék. Az izotópdiagnosztikai laboratóriumok vezetői egyetértenek azzal, hogy a gammakamerák folyamatos munkája *nem szenvedhet kárt* képrögzitési lehetőségek /polaroidfilm/ hiánya miatt.

Polaroid kiváltására alkalmas képrögzités három formája került bemutatásra:

1/ rollfilm /gyárilag felszerelt megoldás/;

2/ Globica kazettával 13x18-an röntgenfilmre történő rögzités /a Kecskeméti Megyei Kórházból 10 000 Ft alatti összegért a feltét átvehető, a kazetták 900 Ft-os egységáron az NDK-ból /OFOTÉRT/ szerezhetők be; egy egri kisiparos ilyen irányu fejlesztése még tart/;

3/ Breiner-féle spottkazettás Odelka-filmre történő rögzités /a MEDICOR várhatóan sorozatban gyártja, beszerzési ár 30-50 000 Ft között/.

Az emlitett megoldások szakmai *hátrányok nélkül alkalmasak* a polaroidfilm helyettesitésére, esetenként dokumentativ és didaktikai *előnyökkel is rendelkeznek*. Egy képre jutó költség *jelentősen kisebb*, valutaigény nincs.

A rögzités mellett a digitális képazonositást és a számitógéprendszer TV-képeinek analóg oszcilloszkópon történő fényképezését biztositó technikai megoldást a Központ Állami Kórházban dolgozták ki. Az előállitott eszköz számos előnyt jelent, az ujitás kb. 50 000 Ft/db költséggel vehető át.

A jegyzőkönyvet hitelesitette:

Dr. Csernay László sk.
egyetemi tanár,
a MONT elnöke

Dr. Csákány György sk.
egyetemi tanár,
az ORSI főigazgatója

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
KÖNYVTÁRA

309.024

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

26. ÉVFOLYAM 2. SZÁM (1983)

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓPINTÉZETE

IZOTÓP BUDAPEST

Felelős szerkesztő: Veres Árpád

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

Telefonszám: 166-689

Felelős kiadó: Veres Árpád
Kiadja az MTA Izotópintézete

Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének házi sokszorositójában.
Felelős vezető: Nagy Károly

*

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

*

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

Előfizetési dij: egy évre 240 Ft
Egyes szám ára: 60 Ft

Engedélyszám: III/SZI/299/1976

Indexszám: 25.399

Törzsszám: KFKI-83-407

Megjelenik évente négyszer.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE!

A kéziratot két példányban, magyar nyelven, magyar,orosz és angol nyelvü cimmel, ábra- és táblázatfelirattal, eredeti közlemény esetén pedig ugyancsak e három nyelven készült, kb. 100-150 szónyi kivonattal kérjük. A kézirat stilusa kerülje a hivataloskodó, tudálékos kifejezéseket, a nyelvet szintelenitő, az olvasmányosságot rontó fordulatokat. Szerzőink figyelmébe ajánljuk a "Hivatalos nyelvünk kézikönyve" cimü kiadványt /Biró Á., Grétsy L., Kemény G., Budapest, 1978/. A helyesirás az akadémiai helyesirás szabályait kövesse, a mértékegységek pedig az SI-t.

A kivonat ne ismételje meg a cimet, és ne tartalmazzon üres kifejezéseket. Ne a célt ismertesse, hanem az eredményt, lehetőleg számokkal kifejezve.

Rajzos ábrát tussal kihuzva vagy igen fekete vonalu gyorsmásolatban, fényképet eredetiben kérünk. A képeket, rajzokat kivánságra visszaküldjük.

A szerkesztőség a stiláris és helyesirási változtatás jogát fenntartja magának. A szerzők korrekturát és 50 különlenyomatot, valamint egy tiszteletpéldányt kapnak.

Hirdetést felveszünk, kongresszusi felhivást, értesitést, hirt szivesen fogadunk.

*

Az Izotóptechnika a hazai izotópalkalmazás szerteágazó területeiről és aktuális elvi, valamint módszertani eredményeiről kiván lehetőleg teljes képet adni a hazai szakembernek. Célja, hogy a stabilis és radioaktiv izotópok orvosi, mezőgazdasági, ipari felhasználásában elért alap- és alkalmazott kutatási eredményekről, a sugártechnika és sugárvédelem időszerü és módszertani kérdéseiről, a radioaktiv hulladék biztonságos kezeléséről és más, hasonló területekről tájékoztasson.

Utibeszámoló, konferenciabeszámoló, összefoglaló tanulmány, könyvismertetés formájában tájékoztat az érdemesnek itélt hazai és külföldi eredményekről. Az izotópalkalmazás további fejlődésének és terjedésének elősegitésére ismertetést, vitacikket, tájékoztatót közöl a hazai szakmai körök életéről, problémáiról, javaslatairól.

IZOTÓPTECHNIKA

26. ÉVFOLYAM 1983 2. SZÁM

T A R T A L O M

A paksi környezeti háttérszint helyszini felmérése
Németh I., Zombori P., Koblinger L., Andrási A., Deme S., Germán E., Kemenes L. 81

Предпусковое измерение фона мощности доз в районе Атомной Электростанции Пакш

Preoperational in situ Field Dose Rate Determination in the Environment of the Paks Nuclear Power Station

Oldhatatlan vagy nehezen oldható biológiai anyagok radioaktivitásának mérése égetéses módszerrel
Fehér L. 109

Измерение радиоактивности нерастворимых или трудно растворимых биологических веществ обжигающими методами

Measuring the Radioactivity of Insoluble or Hardly Soluble Biological Samples by Burning Method

A balkamrai diszkinézis /aneurizma/ kimutatása nukleárkardiológiai módszerekkel
Mester J., Pávics L., Máté E., Gaál T., Csernay L. 115

Выявление левожелудочкого дискинеза /аневризмы/ с помощью ядерных кардиологических методов

Demonstration of the Left Ventricular Dyskinesia /Aneurysm/ with Nuclear Cardiological Methods

Parametrikus képek előállitása a SUPER-SEGAMS-ban /Fázis- és amplitudóképek/
Máté E. 125

Создание параметрических картин с помощью СУПЕР-СЕГАМС /Фазные и амплитудные картины/

Production of Parametric Scans in the SUPER-SEGAMS /Phase and Amplitude Scans/

Gammakamera specifikációs paraméterei egyenletes és lokális impulzustulterhelésnél
Keszthelyiné Lándori S., Adorjánné Farkas M., Csirik J. 133

Испытание специфических параметров гамма-камеры при равномерной и локальной перегрузке импульсов

Testing Camera Performance Standards at Overall and Local Overloading

Ischaemiás szivbetegek szivizomzatának perfuziós szcintigráfiája hazai cézium-131-kloriddal
Horváth M., Kármán M., Bábiczky T., Németh L., Törkő J. 144

Сцинтиграфические исследования миокарда с ^{131}Cs у ишемических больных

Myocardial Scintigraphy of Ischaemic Heart Patients with Home Preparation $^{131}CsCl$

A LABORATÓRIUMNAK

Élelmiszer ^{90}Sr-tartalmának számitása
Szabó S.A. 156

Вычисление содержания ^{131}Cs в пищевых продуктах

Calculation Method for ^{131}Cs Content in Food

Egyszerü módszer RIA készlet PTK 1096-os számológéppel végzett értékelésére
Boóc A. 160

Простой метод для оценки РИА наборов с помощью настолной ЭВМ типа РТК 1096

A Simple Method for the Evaluation of RIA Kits by Means of a Calculator Type PTK 1096

A Gamma Müvek uj sugárvédelmi müszerei
Tóth I-né, Sarkadi A. 166

Новые приборы радиационного защита Комбината Гамма

New Radiation Protection Devices of the Gamma Works

RENDEZVÉNY

Sugárveszélyeztetettség a bányászatban
Soós K., Köteles Gy. 172

Magmágneses képalkotás
Horváth M. 180

KÖNYVISMERTETÉS

Nuclear Magnetic Resonance Imaging in Medicine /Hernády T./ 183

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:81-108 /1983/

A PAKSI KÖRNYEZETI HÁTTÉRSZINT HELYSZÍNI FELMÉRÉSE

Németh István[1], Zombori Péter[1], Koblinger László[1], Andrási Andor[1], Deme Sándor[1], Germán Endre[2], Kemenes László[2]

[1]Az MTA Központi Fizikai Kutatóintézete, Budapest, Pf. 49, 1525
[2]Paksi Atomerőmü Vállalat, Paks, 7030

/Érkezett 1982. november 29-én/

BEVEZETÉS

Az atomerőművek üzemeltetése szempontjából nagyon fontos annak ismerete, hogy az erőmü milyen sugárzási hatást gyakorol környezetére. Ennek a hatásnak a vizsgálatához a sugárvédelmi környezetellenőrzés szolgáltat adatokat. Normális üzemvitel esetén a környezetbe kijutó radioaktiv anyagok által okozott sugárzási szintemelkedés az üzemeltetés előtti, zömében természetes eredetü háttérsugárzás szintjének /az un. nullszintnek/ csak igen kis hányadát teszi ki. Ahhoz, hogy ezt a helyileg előfordulható kis szintemelkedést ki lehessen mutatni, megbizható nullszintadatokra, továbbá olyan érzékeny és szelektiv mérési módszerekre van szükség, amelyek lehetőséget adnak a környezeti sugárzási tér minőségi és mennyiségi vizsgálatára.

A vizsgálat két lehetséges mérési módszeren alapulhat, nevezetesen a környezeti közegekből vett minták laboratóriumi elemzésén, valamint a környezeti sugárzási tér helyszini felmérésén. Ezek egymástól független és egymást kiegészitő tájékoztatást nyujtanak a környezeti radioaktivitás fajtájáról és mértékéről, valamint a fellépő dózisteljesitmény-viszonyokról.

A jelen dolgozatban ismertetendő módszerek és eredmények a paksi atomerőmü környezetének háttérszint-felmérése során születtek, és a környezeti γ-sugárzás helyszini vizsgálatán alapultak. A mérésekhez a KFKI sugárvédelmi főosztálya által kifejlesztett és a Paksi Atomerőmü Vállalatnak üzemeltetésre átadott mozgó laboratóriumot vettük igénybe, amely lehetőséget nyujtott, helyszini γ-spektrometriai ls GM-csöves mérés révén, a levegőben fellépő dózisteljesitmény-viszonyok meghatározására. A GM-csöves mérődetektorok azonos kivitelben készültek az üzemi környezetellenőrző rendszer telepitett állomásain későbbiekben folytonos mérésre alkalmazott mérődetektorokkal.

Az erőmü üzemi környezetellenőrző rendszerében 23 telepitett állomáson folyik folyamatos és szakaszos mintavétel és mintamérés. A mérőállomások kö-

zül 7, un. "A" tipusu állomás az erőmü 1-1,5 km sugaru környezetében helyezkedi el*. Ezek az összegző jellegü mintavevő és mérő eszközökön kivül folyamatosan müködő GM-csöves sugárzási szintmérővel és levegőminta-vevővel is fel vannak szerelve. Egy "B" tipusu referenciaállomás és 15 "C" tipusu mérőállomás az erőmütől számitott 3-30 km sugaru gyürüben, a közeli lakott települések irányában van telepitve. Helyszini méréseinket ezeken a mérőállomásokon a PAV munkatársainak közremüködésével végeztük.

Nullszintmérést összesen négy alkalommal végeztünk az alábbi időszakokban:

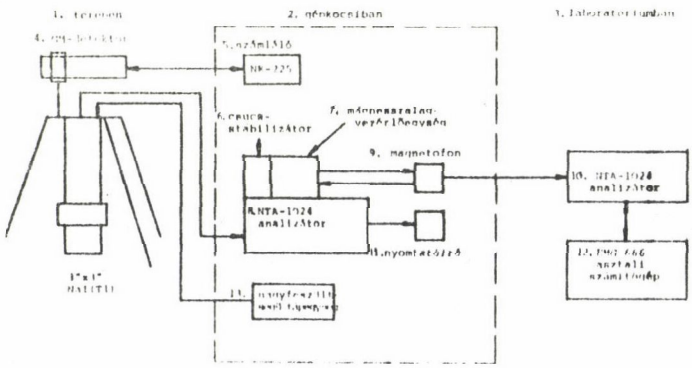
I. 1979. junius 18-23,
II. 1979. október 1-23,
III. 1980. május 5-27,
IV. 1980. október 20 - november 14.

Ebben a tanulmányban összefoglaljuk a mérési és kiértékelési módszereket, ismertetjük az eredményeket, és ezekből következtetéseket vonunk le arra vonatkozóan, milyen mértékben tudnánk ezekkel a módszerekkel kimutatni a radioizotópokat, atomerőmüből való esetleges kibocsátásukkor.

A MÉRŐRENDSZER

A környezeti háttérsugárzás mérésére szolgáló berendezések egy GAZ-66 tipusu, szovjet gyártmányu, terepjáró gépkocsiban foglalnak helyet[1].

A mérőrendszer vázlata az 1. ábrán látható.



1. ábra

A mérőrendszer

Измерительная система. 1- в полевых условиях, 2- в салоне автомашины, 3- в лаборатории, 4- детектор ГМ, 5- счетчик типа NK-225, 6- стабилизатор пика, 7- блок управления магнитной лентой, 8- анализатор типа NTA-1024, 9- магнетофон, 10- анализатор типа NTA-1024, 11- печатающее устройство, 12- блок питания высокого напряжения, 13- настольная ЭВМ типа ЕМС 66б

The measuring system. 1 - on the ground, 2 - in the van, 3 - in the laboratory, 4 - GM detector, 5 - scaler type NK-225, 6 - peak stabilizer, 7 - magnetic type interface, 8 - multichannel analyzer type NTA-1024, 9 - tape recorder, 10 - multichannel analyzer type NTA-1024, 11 - printer, 12 - HVPS, 13 - desk calculator

*"A" tipusu az állomás, ha termolumineszcens doziméterrel, tapadóhálóval van felszerelve, és falloutot, aeroszolt, levegőben lévő jódot és dózisteljesitményt mér, adatait pedig telemetrikusan továbbitja; "B" tipusu, ha ezek közül dózisteljesitményt nem mér, és nem telemetrikus; "C" tipusu, ha aeroszolt és jódot sem mér.

A mérőrendszer az alábbi berendezésekből áll:

- hálózati stabilizátor /EMG TR 9267/;
- sokcsatornás analizátor /EMG NTA 1024/;
- nagyfeszültségü tápegység /EMG NB-215.2/;
- csucsstabilizátor /EMG NE-273.2/;
- nyomtatóiró /EMG NZ-891/;
- mágnesszalag-vezérlő egység /EMG-NZ-297.2/;
- magnetofon /BRG MK 43A1/;
- hangdoboz;
- nukleáris spektrométer /KFKI NK-225/A/;
- 3"x3" NaI/Tl/ szcintillációs mérőfej /GAMMA ND-302/E/;
- GM-csöves mérőfej: három SZTSZ-6 tipusu, szovjet gyártmányu GM-cső kétféle cserélhető burkolattal /2 mm Al + 2 mm müanyag, illetve 2 mm Al + 0,3 mm Pb + 2x0,5 mm Sn + 2 mm müanyag/;
- mérőállvány;
- 20 m hosszu árnyékolt mérőkábel;
- hitelesitett aktivitásu ^{137}Cs referencia-pontforrás.

A berendezések üzemeltetéséhez szükséges, 220 V-os, 50 Hz-es váltófeszültséget vagy a hálózatból vesszük, vagy pedig az E 1500 tipusu, japán gyártmányu /HONDA/ generátorból.

A mérőrendszer két független mérőcsatornából áll[2]. Az egyik a szcintillációs detektor, a másik pedig a GM-csövek jelzését dolgozza fel. A szcintillációs spektrométer információt ad a környezeti sugárzás minőségi elemzéséhez, a sugárzás forrásának azonositásához és az egyes komponensek dózisteljesitmény-járulékának, valamint a különféle környezeti közegekben várható aktivitáskoncentrációjának meghatározásához[3]. A GM-csöves mérésnek az a célja, hogy a környezet bármely pontjáról olyan jelzést adjon, amely közvetlenül összevethető a telepitett mérőállomások GM-csöves szintjelzésének adataival[4,5].

A terepen 1 m magasságban, állványra szerelt, függőleges helyzetü szcintillációs mérőfej müködéséhez szükséges nagyfeszültséget a nagyfeszültségü tápegység szolgáltatja. A detektor jelei a sokcsatornás analizátor erősitőjén át az analóg-digitál konverter bemenetére kerülnek. A csucsstabilizátor a konverter, a detektor és az erősitők instabilitását küszöböli ki. A sokcsatornás analizátorba felvett környezeti spektrumokat mágnesszalagon tároljuk a későbbi adatfeldolgozás számára. A mágneses adatrögzitő egy kazettás magnetofonból és egy adatforgalmat szervező és irányitó mágnesszalag-vezérlő egységből áll. Az egyes csatornatartalmak kiirhatók a nyomtatóirón. Lehetőség van lyukszalaglyukasztó, valamint X-Y iró csatlakoztatására is.

A GM-csöves mérőfej ugyancsak a mérőállványon van, vizszintes helyzetben, a szcintillációs detektor felett. Az egycsatornás nukleáris spektrométer szolgáltatja a nagyfeszültséget, és számlálóként üzemeltetve feldolgozza a detektor jeleit. A detektorok nagyfeszültségét és jeleit 20 m hosszu koaxiális kábel továbbitja a mérőállványról a gépkocsiban elhelyezett tápegységekhez, illetve mérőberendezésekhez.

MÓDSZEREK

A környezeti sugárzás γ-spektrometriásan és GM-csöves detektorral végzett helyszini mérésének módszereit és a sugárzási tér jellemzőinek számitással való meghatározását ismertetjük.

γ-SPEKTROMETRIAI MÓDSZER

A szcintillációs γ—spektrometriát mintegy husz éve alkalmazzák a környezeti háttérsugárzás dózisteljesitményének helyszini meghatározására. H.L. Beck és munkatársai[6] a hatvanas évek elején dolgoztak ki egy olyan módszert, amely alapján rövid mérésekkel megállapitható a földi eredetü γ-sugárzás minőségi összetétele, az egyes komponensek dózisteljesitmény-járuléka, és becsülhető a sugárzás természetes és mesterséges eredetü forrásainak talajbeli koncentrációja.

A szcintillációs spektrométer által rögzitett fotonenergia-eloszlás elemzésére szolgáló un. "csucsmódszer" lényege az, hogy a környezeti spektrumban megjelenő teljesenergia-csucsok területe, alkalmas konverziós tényezők segitségével, dózisteljesitménnyé, illetve aktivitáskoncentrációvá alakitható át. A különböző energiákra /ilymódon az általuk képviselt izotópokra, illetve bomlási sorokra/ vonatkozó konverziós tényezők három tényező szorzatára bonthatók, amelyeket megfelelő kalibrációs eljárásokkal különkülön határoztunk meg[3].

A csucsterület dózisteljesitménnyé való konverziójának tényezője:

$$\frac{N_F(E)}{\dot{X}_A} = \frac{N_O}{\Phi_O}(E) \cdot \frac{N_F}{N_O}(E) \cdot \frac{\Phi_O(E)}{\dot{X}_A},$$

a csucsterület aktivitáskoncentrációvá konvertálásának konverziós tényezője pedig

$$\frac{N_F(E)}{S_A} = \frac{N_O}{\Phi_O}(E) \cdot \frac{N_F}{N_O}(E) \cdot \frac{\Phi_O(E)}{S_A},$$

ahol

$N_F(E)$ = a spektrum E energiáju csucsában mért számlálási sebesség,

$\dot{X}_A$ = az A izotóptól /vagy bomlási sortól/ származó teljes dózisteljesitmény a detektor helyén,

S_A = az A izotóp radioaktiv koncentrációja a talajban /vagy a talaj felszinén/,

$\frac{N_o}{\Phi_o}(E)$ = a kristály homloklapjára merőleges E energiáju egységnyi primér fluxussürüség esetén az adott csucsban mért számlálási sebesség /tulajdonképpen az intrinsic teljesenergia-detektálási hatásfok/,

$\frac{N_F}{N_o}(E)$ = a szögkorrekciós tényező, amellyel a detektor érzékenységének irányfüggése vehető figyelembe,

$\frac{\Phi_o(E)}{\dot{X}_A}$ = az A izotóptól /vagy bomlási sortól/ származó egységnyi dózisteljesitmény esetén az E energiáju primér fluxussürüség értéke a detektor helyén,

$\frac{\Phi_o(E)}{S_A}$ = az egységnyi aktivitáskoncentrációju A izotóptól származó E energiáju primér fluxussürüség értéke a detektor helyén.

A konkrét konverziós tényezők kiszámitásához ismernünk kell a radioizotópok környezeti eloszlását és a detektor elhelyezkedését. A gyakorlatban igen bonyolult geometriai elrendezéseket általában egyszerüsitő modellekkel közelithetünk. Különféle forráseloszlást figyelembe vevő számitásra a 89. oldalon részletezett POKER-CAMP számitógépes program nyujt lehetőséget[7], a legegyszerübb esetekben azonban analitikus megoldás is található. Az un. "végtelen féltér" modellben a természetes radioizotópoknál a talajban egyenletes, a korábbi légköri kihullásból származó mesterséges eredetü izotópoknál a felszintől lefelé csökkenő exponenciális, a frissen kihullottaknál pedig egyenletes felszini eloszlást tételeztünk fel.

A három természetes forrásra /^{40}K, U-Ra sor, Th-sor/ egyenletes talajbeli eloszlással számolt konverziós tényezőket az 1. táblázatban tüntettük fel. A táblázatban szereplő értékek a talaj fölött 1 m magasságban elhelyezett, 3" x 3" méretü NaI/Tl/ detektorra vonatkoznak. Az U-Ra- és a Th-sor egyes tagjai között radioaktiv egyensulyt tételeztünk fel. A konverziós tényezők meghatározásához kimértük a detektor teljesenergia-csucshatásfokának energia- és irányfüggését. A $\frac{\Phi_o(E)}{\dot{X}_A}$ és $\frac{\Phi_o(E)}{S_A}$ értékeit az irodalomból vettük[6].

1. táblázat

Konverziós tényezők a dózisteljesitmény-járulék és az aktivitáskoncentráció számitásához

Факторы преобразования для расчета вклада мощности доз и концентрации активности

Conversion factors for calculating dose rate contribution and radioactive concentration

Energia [keV]	$\dot{N}_F/\dot{X}$ [cps·nGy^{-1}h]	$\dot{N}_F/S_o$ [cps·Bq^{-1}·kg]
1460	0,240 ± 0,007	0,0101 ± 0,0005
1760	0,0245 ± 0,0012	0,0105 ± 0,0005
2620	0,0308 ± 0,0008	0,0205 ± 0,0010

Meghatároztuk a konverziós tényezőket ^{137}Cs izotóp esetén is. Feltételeztük, hogy a ^{137}Cs a talajban exponenciális eloszlásu:

$$S(z) = S(0)e^{-\alpha z} ,$$

ahol

z = a talajmélység, cm,

S(0) = az aktivitáskoncentráció a felszini talajrétegben, Bq·kg^{-1},

S(z) = az aktivitáskoncentráció egy z mélységben fekvő talajrétegben,

α = az un. ζ relációs hossz reciproka.

$\frac{\alpha}{\rho}$ = 0,21 cm^{2}g^{-1} értéket tételeztünk fel /ρ, a talaj sürüsége, 1,6 g.cm^{-3}, ζ = 3 cm/.

Saját mérés és irodalmi adatok[8] alapján a csucsterület és dózisteljesitmény konverziós tényezője 0,89 $\frac{cps}{nGy \cdot h^{-1}}$, a csucsterület és a radioaktiv koncentráció /a felszini talajrétegben/ konverziós tényezője 0,043 $\frac{cps}{Bq \cdot kg^{-1}}$. A csucsterület 662 keV energiára vonatkozik.

GM-DETEKTOROS MÓDSZER

Az atomerőmü üzemi környezetellenőrző rendszerének fontos része a GM-csöves sugárzási szintmérő rendszer. A 7 "A" tipusu mérőállomáson egy-egy GM-csöves detektorpár van elhelyezve, amelyek közvetlen összeköttetésben állnak a központi adatgyüjtő rendszerrel[5]. A mozgó laboratórium is ugyanilyen detektorpárral van ellátva. A mérőfejek 3-3 SZTSZ-6 tipusu, szovjet gyártmányu GM-csövet tartalmaznak, amelyeket 2 mm vastag aluminiumból készült hengeres házban helyeztek el. A detektorpárok egyik tagjánál az aluminium burkolat alatt még egy 0,3 mm vastag ólom és ezen belül 2 x 0,5 mm vastag ón

árnyékolás található". Közvetlenül a GM-csövek körül 2 mm vastag müanyag betét van, amely az aluminiumban található természetes radioaktiv szennyeződés β-sugárzását kiszüri.

A kétféle burkolattal ellátott detektorpár, mivel a detektorjelzések, főként kis energián /100 keV/, erősen eltérnek egymástól, alkalmas arra, hogy a környezeti spektrumban beálló változást /elsősorban a ^{133}Xe nemesgáz kibocsátása következtében/ kimutassa.

A földi γ- és a kozmikus sugárzást együttesen érzékelő GM-csöves detektorok jelzésének értelmezéséhez meg kell határoznunk a szekunder kozmikus sugárzás által okozott detektorjelzés-járulékot. Ez jó közelitéssel meghatározható megfelelő mélységü és kiterjedésü vizfelszin felett. Méréseinket a Balaton felett végeztük, kb. 30 m távolságra a parttól. A vizmélység kb. 3 m volt. Több mérés átlagaként a 2. táblázatban foglalt számlálási sebességeket kaptuk.

2. táblázat

Kozmikus sugárzás által okozott detektorjelzés GM-csöves mérőfejnél

Сигнализация детекторов, вызванная космическим излучением в случае измерительной головки с неэкранированным и экранированным счетчиком ГМ

Detector responses due to the cosmic rays for unshielded and shielded GM detectors

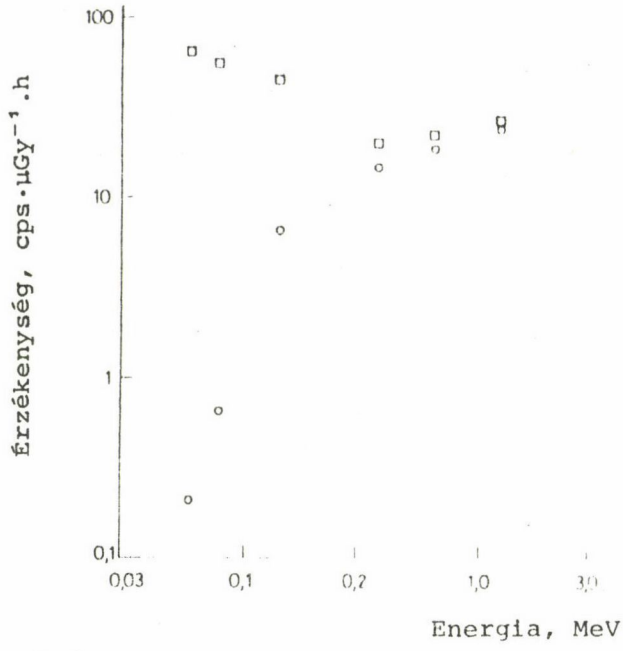
árnyékolatlan mérőfej	1,80 ± 0,04 cps
árnyékolt mérőfej	1,74 ± 0,04 cps

Az igy kapott jelzések a detektor szerkezeti anyagainak saját sugárzásától, a szekunder kozmikus sugárzástól és a viz ^{40}K, valamint a levegő radon-leányelemeinek sugárzásától eredő járulékokat tartalmazzák. Az utóbbiak nagyságának megállapitására szcintillációs háttérspektrumokat is felvettünk. A POKER-CAMP programmal meghatároztuk a viz ^{40}K-tartalmától és a levegőben lévő U-Ra-sortól származó várható dózisteljesitmény-járulékot. A GM-csöves detektorral végzett mérés kiértékelésénél ettől az átlagosan kb. 3 $nGy.h^{-1}$ nagyságu járuléktól eltekintettünk, az igy elkövetett szisztematikus hiba azonban 5%-nál kisebb, mint ezt a következtetéseknél majd láthatjuk.

A GM-csöves mérőfejek dózisteljesitményre való kalibrációjához meg kellett állapitanunk a mérőfejek érzékenységének energia- és irányfüggését.

Méréseinket szögasztalra szerelt, vizszintes helyzetü detektorral végeztük. ^{241}Am, ^{133}Xe, $^{99}Tc^{m}$, ^{131}I, ^{137}Cs és ^{60}Co pontforrást használtunk.

A 2. ábrán az érzékenység energiafüggése látható, merőleges fotonbeesési szög mellett.



2. ábra

GM-csöves mérőfejek érzékenységének energiafüggése merőleges fotonbeesési szög esetén. □ - árnyékolatlan, o - árnyékolt

Зависимость чувствительности измерительных головок с экранированным /□/ и неэкранированным /o/ счетчиком ГМ от энергии в случае попадания фотонов под прямым углом

The energy dependence of the sensitivity of shielded /□/ and unshielded /o/ GM detectors for photons falling in right angle

Figyelembe véve a statisztikus hibát, a dózisteljesitmény-meghatározás hibáját és a geometriai hibát, az érzékenységek összbizonytalansága 5-6%. Láthatjuk, hogy az árnyékolatlan detektor érzékenysége kis energián lényegesen nagyobb, mint az árnyékolté.

Az igy meghatározott érzékenységmátrixok szolgáltak a POKER-CAMP program bemenő adataiként. A programmal meghatároztuk az egyes természetes radioizotópok, illetve sorok egységnyi talajbeli koncentrációjától eredő detektorjelzést és dózisteljesitmény-járulékot, majd átlagos koncentrációt feltételezve /a talajmintamérés alapján [9]/ kiszámitottuk az eredő detektorjelzést és a dózisteljesitményt. A számlálási sebesség és dózisteljesitmény igy kapott konverziós tényezője árnyékolatlan GM-csőnél 0,026, árnyékolt GM-csőnél 0,018 cps·nGy^{-1}·h.

A tényezők becsült hibája 8%, és csak kevéssé /1-2%/ változnak a koncentrációval.

A 3. táblázatban láthatók azok az összefüggések, amelyek szerint a mért számlálási sebességből /$\dot{N}$ cps/ a földi eredetü γ-sugárzás levegőben elnyelt dózisteljesitményét kiszámitottuk.

3. táblázat

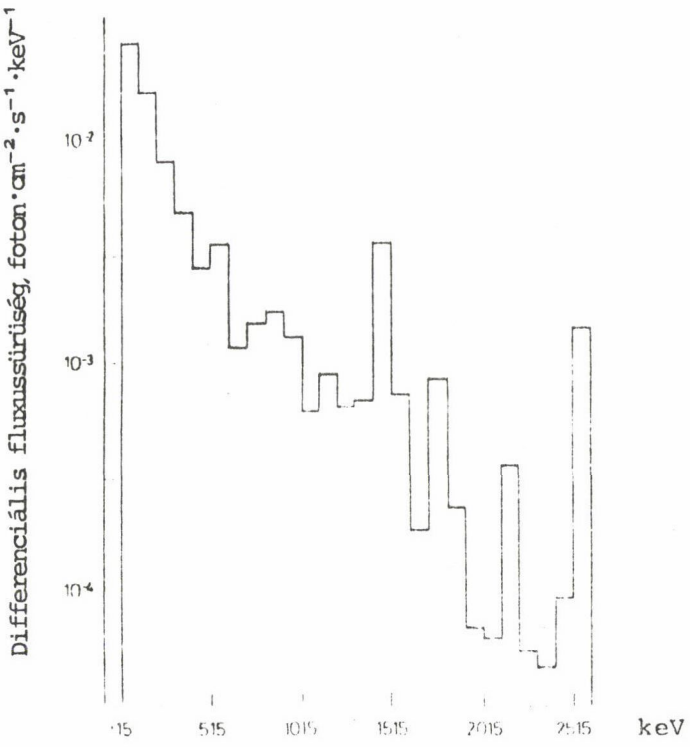
Számlálási sebesség /cps/ dózisteljesitménnyé /nGy·h^{-1}/ való átszámitásának képlete GM-csöves mérőfejnél

Выражения для преобразования скорости счета /cps/ в мощность доз /нГй·ч$^{-1}$/ в случае измерительных головок на неэкранированных и экранированных счетчиков ГМ

Formulae for calculating dose rate from count rate for unshielded and shielded GM detectors

árnyékolatlan mérőfej	$\frac{\dot{N} - 1,80}{0,026}$
árnyékolt mérőfej	$\frac{\dot{N} - 1,74}{0,018}$

Ezekkel a környezeti sugárzási spektrumot is figyelembe vevő képletekkel számolva a különféle mérési módszerekkel kapott eredmények jól egyeztek, mint ezt a következtetésekben látni fogjuk. A 3. ábrán bemutatunk egy POKER-CAMP programmal számolt átlagos környezeti spektrumot.

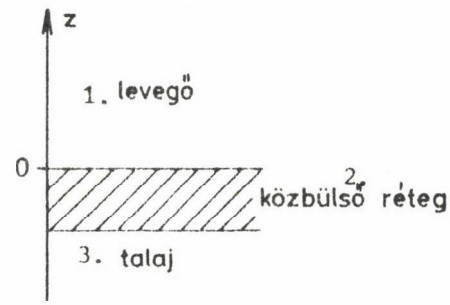


3. ábra

A földi eredetü γ-sugárzás fluxussürüségének energia szerinti eloszlása a talaj felett 1 m magasságban

Распределение по энергии плотности потока γ-излучения земного происхождения на высоте 1 м от поверхности Земли

Differential flux density of the terrestrial radiation at the height of 1 m over the ground



4. ábra

A környezet geometriája

Геометрия окружающей среды
1 - воздух, 2 - переходный слой, 3 - почва

Geometry of the environment
1 - air, 2 - intermediary layer, 3 - soil

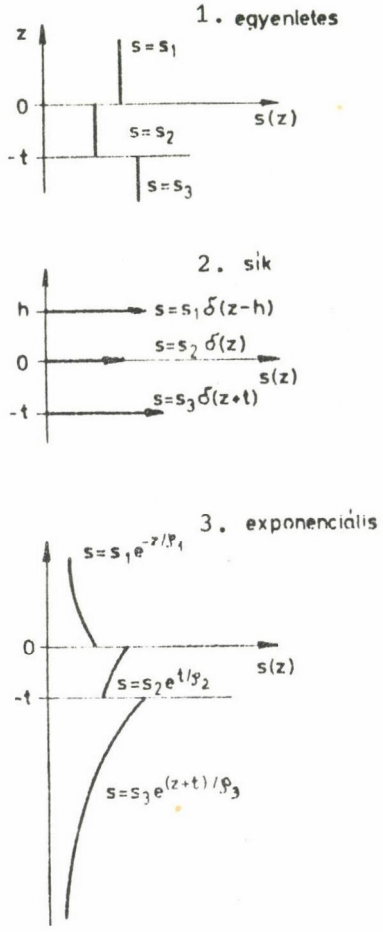
A POKER-CAMP SZÁMITÁSI PROGRAM

A környezeti sugárzási tér jellemzői /fluxussürüség, dózisteljesitmény/ nemcsak méréssel, hanem számitással is meghatározhatók. A számitás előnye - amellett, hogy sok esetben gyorsabb és olcsóbb, mint a mérés - az, hogy a valóságban meg nem történt, de elképzelhető esetekre is előzetes becslést ad. Ehhez természetesen meg kell határozni a sugárforrások fajtáját, térbeli eloszlását, a talaj összetételét, sürüségét stb.

A POKER-CAMP adjungált Monte-Carlo-program a környezeti γ-sugárforrások /természetes és mesterséges/ sugárzása által okozott detektorjelzést, közölt dózisteljesitményt és az emberi szerveket ért dózisteljesitményt számitja[7]. Az eljárást röviden ismertetjük.

A számitógépprogram az alábbi módon modellezi a környezeti sugárforrásokat. A teljes környezet három tartományra van felosztva /4. ábra/.

Egy-egy félvégtelen térrész jellemzi a levegőt és a talajt, s a kettő határán tetszőleges vastagságu közbülső réteg helyezhető el, amely szolgálhat pl. a növényzet vagy hótakaró modellezésére. Mindhárom tartományban háromféle forráseloszlás adható meg /5. ábra/: egyenletes eloszlás /pl. talajban a természetes források esetén/, sikforrás a talaj, illetve a közbülső réteg felületén és a levegőben tetszőleges magasságban /ez szolgálhat pl. a fallout és az erőmü kéményétől szétterjedő radioaktiv csóva leirására/, valamint exponenciális eloszlás, amely a talajban és a közbülső rétegben a mélységgel csökken /pl. csapadék által már mélyebbre bemosott fallout modellezésére/, a levegőben pedig a magassággal csökken /pl. a talajból diffundált radon és toron/.



5. ábra

Néhány forráseloszlás-tipus

Равномерное, плоское и экспоненциальное распределения источников

Uniform, plane and exponential source geometries

A program négyféle target geometriát vizsgál: pont-, illetve pontszerü detektort, hengeres detektort, gömb fantomot, és antropomorf fantomot.

A pontszerü detektor a levegőben vagy a talajban tetszőleges magasságra vagy mélységbe, illetve az antropomorf fantom törzsére helyezhető el. Meghatározható a detektorban fellépő fluxussürüség és levegőben elnyelt dózisteljesitmény /valamint a fluxussürüség és dózisteljesitmény energia, illetve irány szerinti differenciális eloszlása is/. A gyakorlatban alkalmazott detektorok a velük kölcsönható részecskék energiájától és irányától függő jelzést adnak. Ha méréssel meghatározzuk a detektorok érzékenységét különböző energiákon és fotonbeesési szögeknél /akár fluxussürüségre, akár besugárzási dózisteljesitményre normálva/, akkor a program kiszámitja a várható detektorjelzést.

Meghatározható az átlagos fluxussürüség és közölt dózisteljesitmény egy függőleges hossztengellyel rendelkező hengeres detektor helyén. A detektornak burkolata is lehet. Igy kiszámithatjuk pl. egy szcintillációs kristály teljes hatásfokát.

A programmal megadható egy levegőben elhelyezett testszövet-ekvivalens gömb belsejében levő tetszőleges pontban vagy az egész gömbben a fluxussürüség és a közölt dózisteljesitmény, azaz alkalmas a program az un. dózisindex számitására.

A negyedik lehetséges geometria egy talajra /illetve a közbülső rétegre/ állitott, emberi testet képviselő, férfi vagy női fantom. Ebben az esetben, az átlagos emberi test modellezésére a W.S. Snyder és munkatársai[10] által kifejlesztett inhomogén fantomot választva, az egyes szervekben elnyelt dózisteljesitmény számitható.

A POKER-CAMP programot alkalmaztuk a nullszintmérésnél használt két detektortipusra: a függőleges helyzetü NaI/Tl/ szcintillációs és a vizszintes helyzetü GM-csöves detektorra. A detektorérzékenység /számlálási sebesség egységnyi fluxussürüségre, illetve dózisteljesitményre/ energia- és irányfüggésének meghatározását már ismertettük /84-89. o./. Az ott megadott módon meghatározott értékeket felhasználva kiszámitottuk a detektorjelzést és a levegőben elnyelt dózisteljesitményt egységnyi radioaktiv koncentrációra. Az alábbi forrásokat vizsgáltuk: a talajban egyenletes eloszlásu természetes radioizotópokat /^{40}K, U-Ra- és Th-sorozat/, a fall-outból származó, exponenciális eloszlásu ^{137}Cs izotópot, ^{131}I sikforrást a talaj felszinén és az atomerőmü kéményétől szétterjedő radioaktiv ^{133}Xe csóvát.

A közvetlen mintaméréssel [9] az egyes mérőállomásokon meghatározott ^{40}K, U-Ra-sor és Th-sor talajbeli radioaktiv koncentrációját felhasználva kiszámitottuk a detektorjelzést és dózisteljesitményt, és összehasonlitottuk az ugyanazon helyeken mért értékekkel.

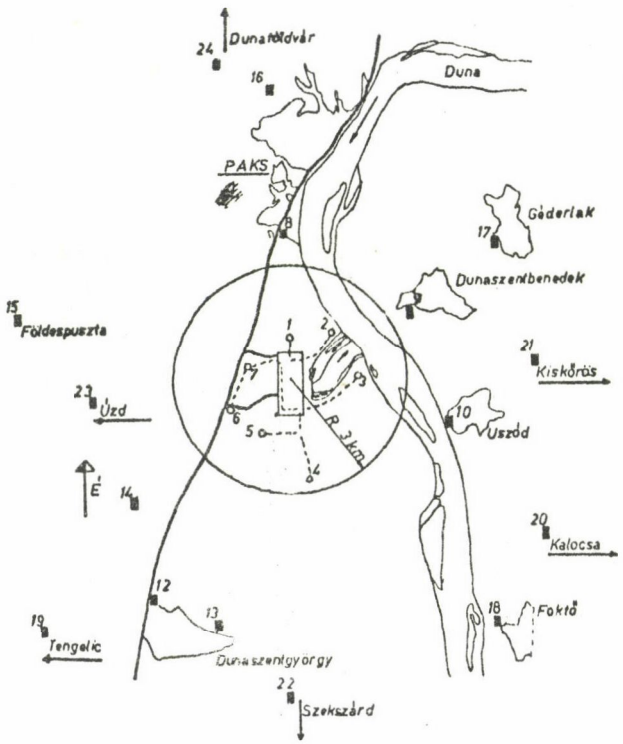
A számitott és mért értékek közötti jó egyezés lehetővé tette, hogy a számitást alkalmazzuk az atomerőmüből kibocsátott ^{131}I és ^{133}Xe izotóp hatásának vizsgálatára, és megbecsüljük a mérőrendszer érzékenységét ezekre az izotópokra. Eredményeinket a következtetésekben ismertetjük.

MÉRÉSI KÖRÜLMÉNYEK

A nullszintfelmérést az atomerőmü környezetellenőrző rendszerének mérőállomásain végeztük. Ugyanezeken a helyeken talajmintát is vettünk[9]. A mérési pontok elhelyezkedését a 6. ábrán lévő térképen tüntettük fel.

A mérőrendszer két független mérőcsatornájával párhuzamosan mértünk[2].

Egy ^{137}Cs kalibráló forrással végzett ellenőrző mérés után 2000 s-os környezeti spektrumokat vettünk fel a spektrometriai mérőcsatornán, és velük párhuzamosan 1000-1000 s-os méréseket végeztünk a két tipusu burkolattal felszerelhető GM-csöves mérőfejjel is. Az eredményeket többféle módon is rögzitettük.



6. ábra

Mérési pontok a Paksi Atomerőmű környezetében

Пункты измерения в окрестности АЭС Пакш

Measuring sites in the environment of the Paks Nuclear Power Station

Az egyes mérőállomásokon több párhuzamos mérést végeztünk: általában az "A" tipusu mérőállomásokon 5-5, a többin pedig 3-3 párhuzamos mérést, rendszerint ugy, hogy a detektorokat minden mérés után áthelyeztük kb. 20 m sugaru körön belül.

A nullszintmérés idején az időjárás általában az adott évszaknak megfelelő volt, tavaszi, illetve őszi. Az egyes mérések alatti meteorológiai viszonyokat a jegyzőkönyvben rögzitettük, az időjárás hatásának megfigyelése érdekében.

EREDMÉNYEK

A következőkben ismertetjük a γ-spektrometriával és a GM-csöves mérőfejekkel meghatározott környezeti dózisteljesitményt és az egyes természetes radioizotópok talajbeli koncentrációját.

GAMMA-SPEKTROMETRIAI MÉRÉS

A mozgó laboratórium sokcsatornás analizátora által felvett környezeti spektrumok kiértékelésére a mintamérő laboratóriumban lévő EMG-666 tipusu asztali számitógépet használzuk, amely egy, a laborkocsiéval megegyező analizátorrendszerhez csatlakozik.

A spektrumok kiértékelésére az un. csucsmódszert használtuk[2].Meghatároztuk vele az egyes természetes radioizotópok dózisteljesitmény-járulékát és összegüket, a teljes dózisteljesitményt. Külön-külön értékeltük ki az egyes mérőhelyeken kapott párhuzamos spektrumokat. Meghatároztuk a természetes ^{40}K izotóp 1460 keV energiáju, a ^{214}Bi /az U-Ra-sor egyik leányeleme/ 1760 keV energiáju, és a ^{208}Tl /a Th-sor egyik leányeleme/ 2620 keV energiáju γ-vonalától származó csucsok alatti területet.

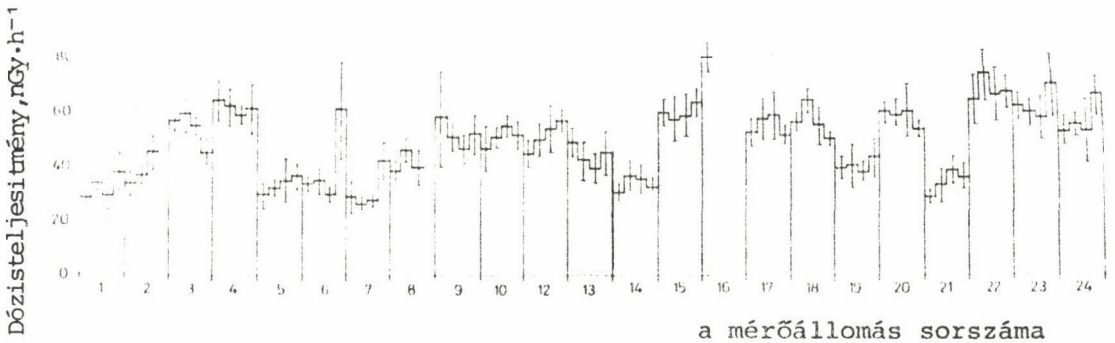
Egyes helyeken fall-out eredetü ^{137}Cs izotópra utaló, 662 keV energiáju csucsot találtunk a spektrumban, ez azonban összeolvadt a ^{214}Bi 609 keV energiáju csucsával, ezért első közelitésben a ^{137}Cs járulékát nem vizsgáltuk. A kérdésre a későbbiekben visszatérünk.

A kiértékelés eredményeképpen kapott csucsterületekből, figyelembe véve a mérési időt és az 1. táblázatban található konverziós tényezőket, kiszámitottuk az egyes természetes izotópok, illetve bomlási sorok dózisteljesitmény-járulékait.

Az egyes mérési pontokon kapott párhuzamos eredményeket átlagoltuk, hibaként pedig empirikus szórásukat vettük. Az egyes komponensek dózisteljesitmény-járulékára vonatkozó, becsült összbizonytalanság számitásánál tekintetbe vettük a konverziós tényezők bizonytalanságát is. Igy a dózisteljesitmény-járulék átlagos becsült relativ összbizonytalansága ^{40}K esetén 5%, az U-Ra-sor esetén 18%, a Th-sor esetén 10%.

A teljes dózisteljesitmény összbizonytalanságát az egyes pontokon kapott dózisteljesitmény-járulék bizonytalanságának sulyozott összegzésével kaptuk; ez átlagosan 12%. A csucsterület-átlagokból, az 1. táblázatban lévő konverziós tényezők segitségével, kiszámitottuk az egyes természetes izotópok talajbeli aktivitáskoncentrációját. Az izotópok egyenletes talajbeli eloszlását és a bomlási sorok tagjai között egyensulyi állapotot tételeztünk fel. Az aktivitáskoncentrációra vonatkozó átlagos becsült relativ összbizonytalanság - a konverziós tényezők bizonytalanságát is figyelembe véve - ^{40}K esetén 7%, az U-Ra-sor esetén 18%, a Th-sor esetén 11%.

A 7. ábrán látható a csucsmódszerrel meghatározott teljes dózisteljesitmény az egyes mérési periódusokban, mérési pontonként.



7. ábra

A teljes dózisteljesitmény mérési pontonként az egyes mérési időszakokban

Суммарная мощность доз по измерительным пунктам и периодам измерения

Total dose rates at the measuring sites by measuring periods

/Az ábrán a mérőállomásokon belül a négyes felosztás a mérési periódusoknak felel meg. Látszik, hogy az egyes periódusokban egy állomáson kapott eredmények a legtöbb esetben megegyeztek egymással.

Ismeretes[11], hogy a környezeti dózisteljesitmény függ az időtől. Hatással van rá a talaj nedvességtartalma, a hótakaró, a légköri radonleányelemek ingadozása. Pl. száraz évszakban a ^{40}K-től és a Th-sortól származó dózisteljesitmény-járulék akár 20%-kal is nagyobb lehet, mint esős évszakban. 20 cm vastag hóréteg kb. 50%-ra csökkenti a dózisteljesitményt. A légköri radonleányelemek által okozott járulék erősen függ a légköri viszonyoktól. A normális körülmények közötti 1-2 $nGy \cdot h^{-1}$ értékről hőmérsékleti inverzió esetén akár 10-12 $nGy \cdot h^{-1}$-ra is nőhet, sőt a csapadékkal a levegőből kimosott radonleányelemek /az un. természetes fall-out/ következtében pár órára 40-50 $nGy \cdot h^{-1}$-vel is növekedhet a dózisteljesitmény[12].

Az adott mérési feltételek, mérési idő és a választott mérési periódusok mellett nem észleltük a dózisteljesitmény évszaktól való függését. Kétmintás t-próbát alkalmaztunk annak eldöntésére, hogy szignifikáns-e az egyes mérési periódusokban kapott eredmények közötti eltérés. Azt találtuk, hogy 95%-os megbizhatósági szinten nincs szignifikáns eltérés. A néhány ponton tapasztalt kiugró érték oka a légköri radonleányelemek fent emlitett ingadozása lehetett.

Mivel ugy találtuk, hogy a dózisteljesitmény /és az egyes komponensek aktivitáskoncentrációja/ nem függ a mérési periódusoktól, ezért az egyes ciklusokban kapott eredményeket átlagoltuk, az alábbi módon. Vettük az összes mérésnél kapott csucsterületeket mérési pontonként és izotóponként, átlagoltuk őket, és kiszámitottuk empirikus szórásukat. Az igy kapott dózisteljesitmény-járulékot és aktivitáskoncentrációt rendeltük az egyes mérőállomásokhoz nullszintértékként. A teljes dózisteljesitmény az igy kapott dózisteljesitmény-járulékok összege. Az összesitett eredmény 4. és 5. táblázatban található, ahol feltüntettük az empirikus szórásokat is.

Az egyes izotópokra vonatkozó relativ empirikus szórás átlagosan:
dózisteljesitmény-járulékra: ^{40}K esetén ± 8%, az U-Ra-sor esetén ± 32%, a Th-sor esetén ± 12%;
teljes dózisteljesitményre: ±12%,
aktivitáskoncentrációra: ^{40}K esetén ±9%, az U-Ra-sor esetén ±32%, a Th-sor esetén ±13%.

Összefoglalva a paksi atomerőmü környezetében lévő 23 mérőállomáson kapott eredményeinket, az egyes természetes radioizotópoktól, illetve bomlási soroktól származó dózisteljesitmény-járuléknak, teljes dózisteljesitménynek és az izotópok talajbeli radioaktiv koncentrációjának átlaga, minimális és maximális értéke látható a 6. táblázatban.

4. táblázat

Egyes természetes radioizotópok átlagos dózisteljesitmény-járuléka és az átlagos teljes dózisteljesitmény mérési pontonként, nGy·h⁻¹ban

Средний вклад мощности доз некоторых природных радиоактивных изотопов и средняя полная мощность доз по измерительным пунктам, в единицах нГй·ч⁻¹

Dose rate contributions of the individual natural radionuclides and the total dose rates at the measuring sites in nGy·h⁻¹

Mérési pont	^{40}K	U-Ra-sor	Th-sor	teljes
1. Paks, Erőmű	10,9 ± 0,9	10,6 ± 3,1	11,2 ± 1,9	32,7 ± 3,7
2. "	12,5 ± 1,0	12,1 ± 5,2	15,6 ± 1,3	40,2 ± 5,4
3. "	15,1 ± 1,5	14,6 ± 3,1	21,9 ± 3,4	53,6 ± 4,8
4. "	17,6 ± 1,0	17,6 ± 4,7	25,9 ± 2,7	61,0 ± 5,4
5. "	10,4 ± 0,6	10,3 ± 3,4	13,6 ± 1,5	34,3 ± 3,7
6. "	11,0 ± 1,1	17 ±14	13,1 ± 1,6	41 ±14
7. "	10,6 ± 0,6	11,3 ± 7,1	9,8 ± 1,2	31,8 ± 7,3
8. Paks	10,9 ± 0,8	13,4 ± 3,5	15,8 ± 1,2	40,2 ± 3,8
9. Dunaszentbenedek	13,6 ± 1,0	20 ±13	19,8 ± 2,4	54 ±13
10. Uszód	15,5 ± 1,5	14,0 ± 2,4	21,6 ± 2,8	51,1 ± 4,0
12. Dunaszentgyörgy	15,0 ± 2,1	15,7 ± 3,4	23,1 ± 2,4	53,7 ± 4,6
13. "	12,1 ± 0,7	11,7 ± 3,7	19,5 ± 2,7	43,3 ± 4,6
14. Csámpa	11,4 ± 1,0	9,5 ± 2,1	13,7 ± 2,2	34,7 ± 3,2
15. Földespuszta	15,3 ± 1,3	15,6 ± 5,1	28,4 ± 2,6	59,3 ± 5,9
16. Paks	18,1 ± 0,8	23,7 ± 5,3	40,2 ± 1,5	82,0 ± 5,6
17. Géderlak	15,9 ± 1,4	16,9 ± 3,1	24,1 ± 2,8	57,0 ± 4,4
18. Faktő	16,5 ± 0,7	16,0 ± 3,4	24,7 ± 3,1	57,3 ± 4,7
19. Tengelic-Szőlőhegy	10,6 ± 0,5	12,6 ± 2,9	18,2 ± 2,7	41,4 ± 4,0
20. Kalocsa	15,6 ± 1,3	21,2 ± 4,4	22,0 ± 1,3	58,8 ± 4,8
21. Kiskőrös	10,4 ± 1,2	10,5 ± 2,8	14,4 ± 1,7	35,3 ± 3,5
22. Szekszárd	15,6 ± 1,3	22,8 ± 4,8	29,8 ± 4,3	68,2 ± 6,6
23. Uzd	14,7 ± 2,1	17,3 ± 3,7	33,7 ± 8,3	65,7 ± 9,4
24. Dunaföldvár	14,9 ± 1,6	15,9 ± 8,4	25,9 ± 4,1	56,7 ± 9,4

5. táblázat

Az egyes természetes radioizotópok átlagos talajbeli radioaktiv koncentrációja mérési pontonként, Bq·kg⁻¹-ban

Средняя концентрация некоторых природных радиоактивных изотопов в почве по измерительным пунктам, в Бк·кг⁻¹

Radioactive concentrations of the individual natural radionuclides in the soil at the measuring sites in Bq·kg⁻¹

Mérési pont	^{40}K	U-Ra-sor	Th-sor
1.	257 ± 23	24,9 ± 7,4	16,9 ± 2,9
2.	296 ± 25	28 ± 12	23,6 ± 2,2
3.	356 ± 37	34,3 ± 7,2	36,2 ± 5,3
4.	414 ± 28	41 ± 11	39,2 ± 4,3
5.	245 ± 17	24,3 ± 7,9	20,6 ± 2,4
6.	259 ± 29	39 ± 33	19,8 ± 2,5
7.	251 ± 18	27 ± 17	14,8 ± 1,8
8.	257 ± 22	31,5 ± 8,1	24,0 ± 2,1
9.	321 ± 26	48 ± 30	29,9 ± 3,8
10.	367 ± 38	32,8 ± 5,6	32,7 ± 4,4
12.	353 ± 51	36,7 ± 7,9	34,9 ± 3,8
13.	285 ± 21	27,5 ± 8,6	29,6 ± 4,3
14.	269 ± 26	23,3 ± 4,9	20,8 ± 3,4
15.	360 ± 33	37 ± 12	43,0 ± 4,4
16.	427 ± 26	56 ± 13	60,8 ± 3,4
17.	376 ± 37	39,7 ± 7,2	36,5 ± 4,5
18.	390 ± 24	29,6 ± 8,0	37,4 ± 4,9
19.	249 ± 16	29,6 ± 6,9	27,6 ± 4,2
20.	368 ± 34	50 ± 10	33,3 ± 2,3
21.	245 ± 29	24,7 ± 6,5	21,8 ± 2,8
22.	367 ± 35	53 ± 11	45,1 ± 6,7
23.	347 ± 51	40,5 ± 8,8	51 ±13
24.	350 ± 39	37 ± 20	39,2 ± 6,4

6. táblázat

A természetes radioizotópok dózisteljesitmény-járulékának, a teljes dózisteljesitménynek és az izotópok talajbeli radioaktiv koncentrációjának átlaga, minimális és maximális értéke

Средние, минимальные и максимальные значения вклада мощности доз природных радиоактивных изотопов, полной мощности доз и концентрации радиоактивности изотопов в почве

The mean, minimum and maximum values of the total dose rates, dose rate contributions and radioactive concentrations in the soil of natural radionuclides

	dózisteljesitmény, $nGy \cdot h^{-1}$				radioaktiv koncentráció $Bq \cdot kg^{-1}$		
	^{40}K	U-Ra-sor	Th-sor	teljes	^{40}K	U-Ra-sor	Th-sor
átlag	13,6	15,0	21,0	49,6	321	35,2	31,8
minimum	10,4	9,5	9,8	31,8	245	23,3	14,8
maximum	18,1	23,7	40,2	82,0	427	55,7	60,8

Az értékek jól egyeznek az un. világátlaggal[13], amely dózisteljesitményre 46 $nGy \cdot h^{-1}$, a ^{40}K radioaktiv koncentrációjára 370 $Bq \cdot kg^{-1}$, az U-Ra-sor radioaktiv koncentrációjára 26 $Bq \cdot kg^{-1}$ és a Th-sor radioaktiv koncentrációjára 26 $Bq \cdot kg^{-1}$.

Korábban emlitettük, hogy egyes mérési pontokon kis mennyiségü, fallout eredetü ^{137}Cs izotópot találtunk. Néhány esetben sikerült a 662 keV energiáju ^{137}Cs-csucsot elválasztani a ^{214}Bi 609 keV energiáju csucsától. A kapott értékek a kimutathatósági határ közelében voltak, bizonytalanságuk nagy.

GM-DETEKTOROS MÉRÉSEK

A GM-csöves mérőfejjel végzett méréseknél a 3. táblázat képletei alapján számitottuk ki a mért számlálási sebességből a dózisteljesitményt.

Az egyes mérési pontokon a párhuzamos mérések által szolgáltatott beütésszámok relativ empirikus szórása az esetek döntő többségében a kétszeres statisztikus szóráson /2-3%/ belül volt.

A beütésszámokból kiszámitottuk a dózisteljesitményt, majd ezeket mérési pontonként átlagoltuk, és meghatároztuk relativ empirikus szórásukat. Ezeknek az átlaga az összes mérési pontra, árnyékolatlan GM-detektor esetén 6,4%, árnyékolt GM-detektor esetén 10,0%.

Az irodalomból[13] ismeretes, hogy a szekunder kozmikus sugárzás intenzitása térben és időben változik. A tengerszinttől mért magassággal és az Egyenlitőtől a pólusok felé haladva nő az intenzitás. Az időbeli változás főbb oka a napciklus /11 éves periódus/, a napkitörések, a levegő nyomásának és hőmérsékletének hatásai. Irodalmi adatok alapján megállapitható, hogy a kozmikus sugárzás müon-komponensének /amely az ionizáció 90%-át okozza/ vál-

tozása /11 éves, éves, napi ciklusokban/ adott helyen 5%-nál kisebb. Napkitörés esetén azonban néhány órára négyszeres növekedés is felléphet. A tengerszinten mért, elnyelt dózisintenzitás 30 $nGy \cdot h^{-1}$, normális légnyomás és hőmérséklet mellett.

Figyelembe véve a kozmikus járulék 5%-os ingadozását, a statisztikus hibát és a konverziós tényezők 8%-os bizonytalanságát, megállapithatjuk, hogy a dózisteljesitmény becsült összbizonytalansága árnyékolatlan GM-detektor esetén 14%, árnyékolt GM-detektor esetén 19%.

Az egyes mérési ciklusokban egy adott állomáson kapott eredmények a legtöbb esetben a becsült hibán belül megegyeznek egymással. Ezekre az adatokra is elmondható, hogy az adott mérési feltételek, mérési idő mellett nem észleltük a dózisteljesitmény évszaktól való függését, igy az egyes ciklusokban kapott eredményeket átlagoltuk, az alábbi módon: az összes beütésszámból meghatároztuk a dózisteljesitményt, mérési pontonként átlagoltuk őket, és kiszámitottuk empirikus szórásukat. Az igy kapott átlagértékeket tekintjük az egyes mérőállomásokhoz tartozó nullszintértéknek.

Az eredmények a 7. táblázatban találhatók. Feltüntettük az empirikus szórást is /ez lényegében a mérési összbizonytalanság/. A mérési összbizonytalanság átlagosan árnyékolatlan detektor esetén 10%, árnyékolt detektor esetén 16%.

Az árnyékolatlan mérőfejjel kapott értékek kb. 10%-kal nagyobbak, mint az árnyékolttal kapottak. Ez az eredmény kielégitő, ha figyelembe vesszük a számitási modell és a kalibráció bizonytalanságait.

KÖVETKEZTETÉSEK

A KÜLÖNFÉLE MÓDSZEREK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEVETÉSE

Az összesitett aktivitáskoncentráció-adatokat összevetettük a korábbi - azonos helyeken vett - talajminták mérésének eredményeivel[9].

A 8-10. ábra mutatja az azonos mérőpontokra vonatkozó mintavételen és a helyszini közvetlen mérésen alapuló aktivitáskoncentráció közötti korrelációs összefüggést a három természetes radioizotópnál. A regressziós egyenesek paramétereit és a korrelációs együtthatókat a 8. táblázat adja meg.

A bemutatott ábrák és a korrelációs paraméterek a két egymástól teljesen független mérési módszerrel kapott eredmények megnyugtatóan jó egyezését bizonyitják. Az U-Ra-sornál kapott gyengébb korrelációnak az az oka, hogy a számitásnál a bomlási sor tagjai közötti radioaktiv egyensulyra tett feltételezés nem mindig teljesül. Látható, hogy a helyszini méréssel kapott U-Ra és Th aktivitáskoncentráció némileg nagyobb, mint a mintaméréssel meghatározott. Ezt részben az okozhatja, hogy a mintamérés eredményei nem tartalmazzák a légköri radontól származó járulékot, részben pedig az, hogy az alkalmazott csucsterület-meghatározási módszer - főleg kis csucsterületnél - felülbecslést ad.

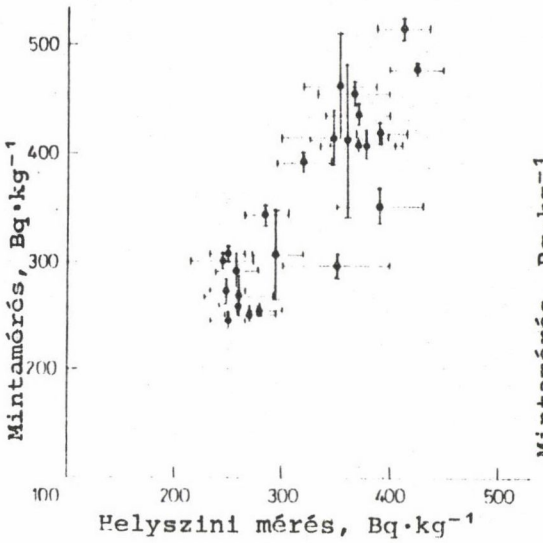
7. táblázat

Az egyes mérési pontokon GM-csöves mérőfejjel mért átlagos dózisteljesítmény, valamint a 23 mérőhely átlaga, minimális és maximális értéke $nGy \cdot h^{-1}$-ban

Среднее значение мощности доз, измеренное с помощью измерительной головки со счетчиком ГМ /неэкранированным и экранированным/ в отдельных пунктах измерения, а также среднее, минимальное и максимальное значения 23 пунктов измерения в единицах $нГй \cdot ч^{-1}$

Dose rates measured by GM detectors /unshielded and shielded/ at the measuring sites, the mean, minimum and maximum values of the dose rates in $nGy \cdot h^{-1}$

Mérési pont	árnyékolatlan mérőfej	árnyékolt mérőfej
1.	24,8 ± 3,9	21,6 ± 4,6
2.	30,2 ± 2,4	27,7 ± 3,2
3.	45,0 ± 6,7	44,6 ± 7,4
4.	52,4 ± 3,7	49,4 ± 5,8
5.	32,4 ± 2,4	29,3 ± 6,0
6.	30,4 ± 7,6	29 ±12
7.	25,2 ± 5,0	21,1 ± 5,0
8.	32,7 ± 2,8	33 ±12
9.	46,3 ± 3,2	41,7 ± 6,7
10.	48,7 ± 4,9	44,6 ± 4,7
12.	41,7 ± 3,8	39,5 ± 3,2
13.	39,9 ± 2,0	34,0 ± 4,7
14.	29,2 ± 4,7	26,5 ± 9,5
15.	55,9 ± 3,1	47,8 ± 5,5
16.	68,8 ± 0,9	60,7 ± 5,2
17.	52,4 ± 3,7	47,5 ± 2,3
18.	53,0 ± 3,9	50,5 ± 4,7
19.	35,5 ± 5,3	28,9 ± 6,7
20.	62,6 ± 5,9	53,6 ± 5,3
21.	27,7 ± 2,2	25,3 ± 4,2
22.	57,2 ± 4,3	50,9 ± 3,5
23.	58,5 ± 5,5	52,7 ± 5,3
24.	49,8 ± 4,7	42,5 ± 4,3
Átlag	43,0	38,8
Minimum	24,8	21,1
Maximum	68,8	60,7

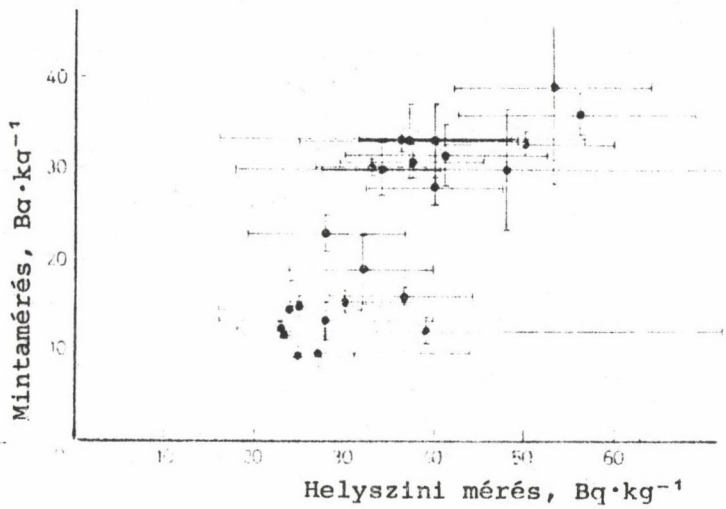


8. ábra

^{40}K izotóp helyszini méréssel és mintavétellel meghatározott talajbeli radioaktiv koncentrációja közötti korreláció

Корреляция между значениями радиоактивной концентрации ^{40}K в почве, определенными измерением на месте /абсцисса/ и методом взятия проб /ордината/

Correlation between radioactive concentrations of ^{40}K isotopes, determined by in situ /abscissa/ and sample measurement /ordinate/



9. ábra

Az U-Ra-sor helyszini méréssel és mintavétellel meghatározott talajbeli radioaktiv koncentrációja közötti korreláció

Корреляция между значениями радиоактивной концентрации ряда U-Ra в почве, определенными измерением на месте /абсцисса/ и методом взятия проб /ордината/

Correlation between radioactive concentrations of the U-Ra series determined by in situ /abscissa/ and sample measurement /ordinate/

8. táblázat

A regressziós egyenesek paraméterei és a korrelációs együtthatók

Параметры линии регрессии и факторы корреляции

Parameters of the regression lines and correlation coefficients

	m	b, Bq·kg^{-1}	R	S_y, Bq·kg^{-1}
^{40}K esetén	1,27	-50	0,896	36,1
az U-Ra-sor esetén	0,81	-5,2	0,796	5,8
a Th-sor esetén	0,92	-1,3	0,944	3,6

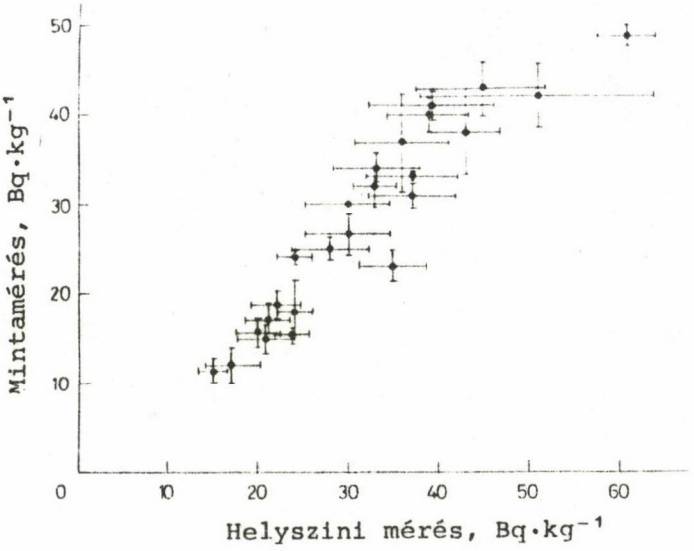
ahol

m = az egyenes meredeksége,

b = az egyenes tengelymetszete,

R = a korrelációs együttható,

S_y = a regressziós becslés szórása /az illesztett egyenes és a mérési pontok közötti átlagos eltérés/.



10. ábra

A Th-sor helyszini méréssel és mintavétellel meghatározott talajbeli radioaktiv koncentrációja közötti korreláció

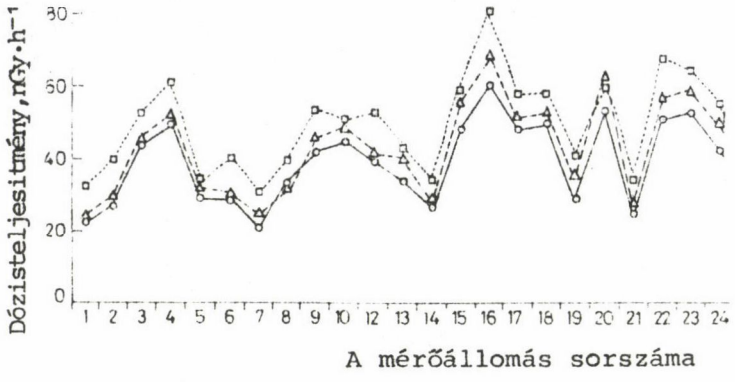
Корреляция между значениями радиоактивной концентрации ряда Th в почве, определенным измерением на месте /абсцисса/ и методом взятия проб /ордината/

Correlation between radioactive concentrations of the Th series, determined by in situ /abscissa/ and sample measurement /ordinate/

Eredményeink megerősitik, hogy a helyszini γ-spektrometriás mérés a számos bizonytalansági tényező ellenére is megbizható koncentrációadatokat képes szolgáltatni. Az izotópok egyenletes talajbeli eloszlására és a radioaktiv bomlási sorok egyes elemei közötti egyensulyra tett feltételezéseink az esetek döntő többségében helytállóak voltak.

Megvizsgáltuk, hogy mutatkozik-e összefüggés a talajminőség és az aktivitáskoncentráció között. Azt találtuk /másokhoz hasonlóan[13]/, hogy müvelt, agyagos talajban általában nagyobb a ^{40}K- és a Th-koncentráció, mint homokos, löszös talajban. A megállapitás pontositására további elemzésre lenne szükség.

A 11. ábrán láthatjuk a különböző módszerekkel kapott átlagos dózisteljesitményeket a 23 mérőállomásra. A γ-spektrometriás és GM-csöves méréssel kapott teljes dózisteljesitmény-értékek között korrelációszámitást végeztünk.



11. ábra

Árnyékolatlan /Δ/ és árnyékolt /o/ GM-csővel, illetve γ-spektrometriával /□/ kapott dózisteljesitmény mérési pontonként

Значения пощности доз, полученные с помощью неэкранированного /Δ/ и экранированного /o/ счетчиков ГМ и γ-спектрометра /□/ по измерительным пунктам

Dose rates measured by unshielded /Δ/ and shielded /o/ G-M detector and by γ-spectrometry /□/ at the measuring sites

A számitások szerint a különböző, független módszerekkel kapott eredmények között szoros korreláció van. A legnagyobb dózisteljesitmény-értékeket γ-spektrometriás módszerrel kaptuk. Ez átlagosan 15%-kal nagyobb az árnyékolatlan és kb. 25%-kal nagyobb az árnyékolt GM-csöves detektorral kapott adatoknál.

Ezek az eltérések nem nagyobbak a sugárvédelmi gyakorlatban szokásosaknál. A különbség oka az alkalmazott számitási modell, a konverziós tényezők bizonytalansága, az esetleges szisztematikus hibák a spektrometriai módszernél. Az egyes mérőállomásokon az adott módszerrel mért dózisintenzitások azonban, a saját bizonytalanságot figyelembe véve, kielégitő támpontot adnak az atomerőmü járulékának meghatározásához.

A következőkben ismertetjük a POKER-CAMP program alkalmazását a környezeti sugárzási tér kiszámitására. A környezetet egy-egy félvégtelen térrész - a talaj és a levegő - jellemzi. Feltételezzük, hogy a természetes radioizotópok a talajban egyenletesen oszlanak el, és hogy a radioaktiv sorok tagjai egymással egyensulyban vannak. A talaj elemi összetétele a számitásoknál a következő volt[8]: Al_2O_3 13,5, Fe_2O_3 4,5, SiO_2 67,5, CO_2 4,5, H_2O 10,0 suly %, a sürüségét 1,6 $g \cdot cm^{-3}$-nek vettük. Az összetételt tág határok között változtatva az eredmény csak kis mértékben változott. A környezeti modellnél eltekintettünk a talajból kidiffundáló radon és toron, valamint a növénytakaró hatásától.

Kiszámitottuk az egyes izotópokra a levegőben elnyelt dózisteljesitményt egységnyi radioaktiv koncentráció esetén. Meghatároztuk az egyes természetes izotópoktól származó szóratlan primér fluxussürüséget a talaj felett 1 m magasságban, egységnyi koncentrációra, 1460, 1760 és 2620 keV forrásenergia esetén.

Felhasználva a NaI/Tl/ detektor fluxussürüség és detektorjelzés konverziós tényezőjének energia- és irányfüggését, kiszámoltuk az aktivitáskoncentráció és a detektorjelzés konverziós tényezőit. Hasonlóan meghatároztuk az árnyékolt és árnyékolatlan GM-cső konverziós tényezőjét. A számitásnál a bázispontok között lineáris interpolációt alkalmaztunk. Az eredményt a 9. táblázat tartalmazza.

A 9. táblázatban foglalt tényezőkkel meghatároztuk a Paksi Atomerőmü környezetében lévő 23 ponton a levegőben elnyelt dózisteljesitményt és a detektorjelzéseket, felhasználva a 9-ben foglalt mintaméréssel meghatározott radioaktiv koncentrációkat. A 12. ábra mutatja az igy számolt és a helyszinen mért teljes dózisteljesitmény közötti korrelációt. /Az ábrán a szaggatott vonallal határolt sáv az egyszeres szórásnak megfelelő tartomány./

A GM-csőnél a 13-14. ábra mutatja a számolt és mért detektorjelzés közötti korrelációt. Látható, hogy a korreláció szoros.

9. táblázat

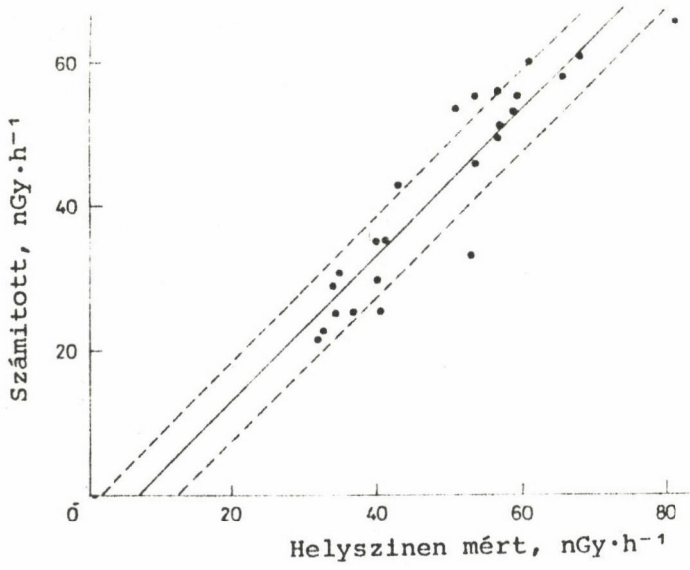
Az aktivitáskoncentráció és a detektorjelzés konverziós tényezői cps·Bq^{-1}·kg-ban

Факторы преобразования концентрации активности и сигнализации неэкранированных и экранированных счетчиков ГМ в cps·Bq^{-1}·kg

Conversion factors of the radioactive concentration and dose rate for unshielded and shielded GM detectors, resp., in cps·Bq^{-1}·kg

	NaI/Tl/*	árnyékolatlan GM-csõ	árnyékolt GM-csõ
^{40}K	0,00965	0,00108	0,00085
U-Ra-sor	0,00863	0,0119	0,0078
Th-sor	0,0212	0,0161	0,0108

*Az értékek az 1460, 1760 és 2620 keV energiáju csucs alatti területre vonatkoznak.



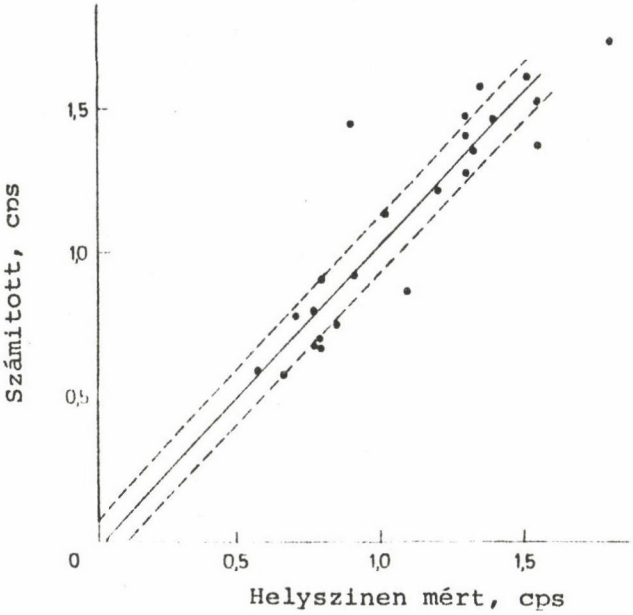
12. ábra

A számolt és a helyszinen mért teljes dózisteljesitmény közötti korreláció

Корреляция между рассчитанными /ордината/ и измеренными /абсцисса/ на месте полными значениями мощности доз

Correlation between calculated /ordinate/ and in situ measured /abscissa/ total dose rates

m = 1,01
b = -7,2 nGy·h^{-1}
R = 0,924
S_y = 5,3 nGy·h^{-1}



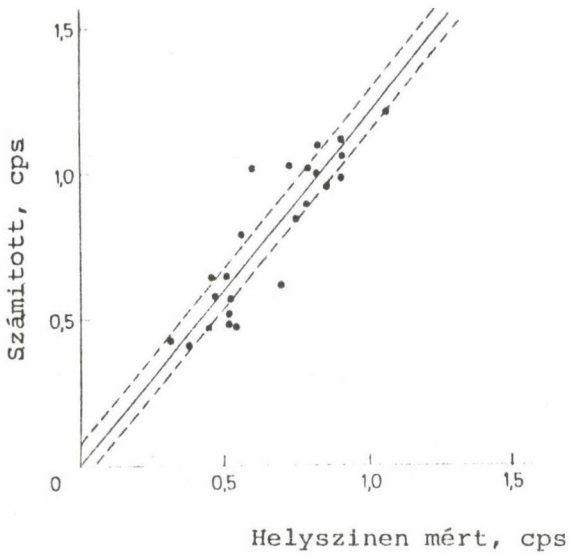
13. ábra

A számolt és a helyszinen mért detektorjelzés közötti korreláció árnyékolatlan GM-csõnél

Корреляция между рассчитанными /ордината/ и измеренными на месте /абсцисса/ сигналами детектора в случае неэкранированного счетчика ГМ

Correlation between calculated /ordinate/ and in situ measured /abscissa/ detector responses in the case of unshielded G-M detector

m = 1,05
b = -0,031 cps
R = 0,897
S_y = 0,155 cps



14. ábra

A számolt és helyszinen mért detektorjelzés közötti korreláció árnyékolt GM-csőnél

Корреляция между рассчитанными /ордината/ и измеренными на месте /абсцисса/ сигналами детектора в случае экранированного счетчика ГМ

Correlation between calculated /ordinate/ and in situ measured /abscissa/ detector responses in the case of shielded G-M detector

A γ-spektrometriás mérésnél vizsgáltuk a mért és számitott csucsterületek hányadosát, kiszámitottuk átlagaikat és szórásaikat. Az alábbiakat kaptuk: 1460 keV esetén 0,96 ± 0,11, 1760 keV esetén 2,07 ± 0,69, 2620 keV esetén 1,13 ± 0,16.

Látszik, hogy a ^{40}K-nál és a Th-sornál jó az egyezés. Az U-Ra-sornál a mért értékek kb. kétszer nagyobbak a számitottnál. Ennek az az oka, hogy a helyszini mérésnél a levegő ^{222}Rn-leányelemeinek járulékát is mértük, ezt azonban a számitásnál nem vettük figyelembe.

Ennek kiszámitásához a magassággal exponenciálisan csökkenő radoneloszlást tételeztünk fel /ζ = 1500 m/[14]. A föld felszinén a radonkoncentráció átlagosan 3 $\mu Bq \cdot cm^{-3}$. Kiszámitottuk, hogy ez 1,2 $nGy \cdot h^{-1}$ levegődózisteljesitményt, 0,124 cps 1760 keV energiáju csucsterületet, az árnyékolatlan GM-cső jelzésének 0,031 cps növekedését és az árnyékolt GM-cső jelzésének 0,020 cps növekedését adja.

Ha ezeket az értékeket figyelembe vesszük, akkor az 1760 keV-re vonatkozó csucsterület-hányados 1,16 ± 0,21 lesz, ami már jó egyezésnek tekinthető. Árnyékolatlan GM-csöves fej esetében szinte tökéletes az egyezés. Számitást végeztünk más levegőbeli radoneloszlást feltételezve is; az eredmény alig változott.

Meg kell jegyezni, hogy a használt radonkoncentráció átlagérték. Időjárástól függően akár egy nagyságrenddel is nőhet. Jó példa erre a IV. mérési sorozatnál a 6. és 24. állomás, ahol még a mérés folyamán többszörösére növekedett a radonkoncentráció, eső következtében.

Megbecsültük a GM-csöves detektornál a kozmikus járulék értékének szisztematikus hibáját. Már emlitettük, hogy a kozmikus járulék mérésekor spektrometriai mérést is végeztünk. A POKER-CAMP programmal kiszámitottuk, hogy a viz ^{40}K és a levegő radon-leányelemeitől származó csucsok 1,0 $nGy \cdot h^{-1}$

/^{40}K, egyenletes eloszlás/, illetve 2,2 nGy·h^{-1} /Rn-leányelemek, exponenciális eloszlás/ dózisteljesitményt adnak. Ezek a járulékok a GM-csöves mérőfejeknél a 10. táblázatban megadott jelzést adják.

10. táblázat

GM-csöves mérőfejek jelzése cps-ben

Сигнализация измерительных головок со счетчиком ГМ /неэкранированным и экранированным/ для ^{40}K, дочерних элементов ^{222}Rn и их сумм/ в единицах cps

Responses of the GM detectors /unshielded and shielded/ for ^{40}K, ^{222}Rn daughters and their total in cps

	^{40}K	^{222}Rn-leányelemek	Összesen
árnyékolatlan mérőfej	0,026	0,055	0,081
árnyékolt mérőfej	0,020	0,036	0,056

A kozmikus járulékok mérésekor ezeket az értékeket is hozzámértük, igy szisztematikus hibát követtünk el, amelynek relativ értéke azonban 5%-nál kisebb, jogos volt tehát a számitásnál eltekinteni tőle.

Összefoglalva megállapithatjuk, hogy a számitott és mért értékek meglehetősen jól egyeznek, különösen, ha figyelembe vesszük a következő hibaforrásokat:

- a talajmintavétel kérdéses reprezentativitása;
- az aktivitáskoncentráció mérési bizonytalansága;
- a talaj összetételének és sürüségének hiányos ismerete;
- a számitási modell közelitő jellege /homogén talaj- és forráseloszlás/
- a csucsmeghatározás lehetséges szisztematikus hibái;
- a csucsterület és dózisteljesitmény konverziós tényezőjének bizonytalansága;
- a kozmikus járulék meghatározásának szisztematikus hibái;
- az érzékenységi mátrix gyenge felbontóképessége, a mátrixelemek bizonytalansága.

A KIMUTATÁSI HATÁR

Az előző pontban láttuk, hogy a dózisteljesitmény és detektorjelzés POKER-CAMP programmal végzett számitásának eredménye jól egyezik a helyszini méréssel kapott adatokkal, a természetes radioizotópok esetén. Ez alapot ad arra, hogy megkisérelj̈ük megbecsülni az egyes detektorok érzékenységét más izotópokra és eloszlásokra, nevezetesen a talajban exponenciális eloszlásu

^{137}Cs, a talaj felületén lévő ^{131}I és a reaktorkéményen keresztül kibocsátott ^{133}Xe izotópfelhő esetére.

Először megvizsgáljuk, hogy a detektorjelzés mekkora növekedése tekinthető szignifikánsnak. A GM-csöves mérőfej esetében a háttér időbeli ingadozása egy adott helyen mintegy 5%. Az átlagos detektorjelzés /a 23 pontra vonatkozó átlag/ 2,9, illetve 2,4 cps az aluminium, illetve ólom burkolatos mérőfejnél. 1000 s-os méréseket vettünk alapul. Számításunk szerint, 95%-os megbizhatósági határt feltételezve, a már szignifikáns jelzésnövekedés árnyékolatlan mérőfejnél 0,25 cps, árnyékolt mérőfejnél 0,20 cps. /Itt nem vettük figyelembe, hogy a detektorjelzés helyről helyre kb. kettes tényezővel változik./

Szcintillációs detektornál figyelembe kell venni, hogy a spektrumban a ^{137}Cs 662 keV energiáju csucsa összeolvad az U-Ra-sor intenziv, 609 keV energiáju csucsával, a ^{131}I 365 keV energiáju csucsa pedig az U-Ra-sor 351 keV energiáju csucsával. A csucsokhoz tartozó energiaintervallumban a háttér 5%-os; az U-Ra-sor megfelelő csucsterületeinek 30%-os időbeli ingadozását tételeztük fel. A mérések 2000 s-osak. 95%-os megbizhatósági határt és átlagos csucsterületet véve alapul a 365 kV energiáju csucsra 2,41 cps, a 662 keV energiájura 1,45 cps, már szignifikáns jelzésnövekedést kaptuk. /Itt sem vettük figyelembe, hogy a háttér, illetve az U-Ra-sor 609 keV energiáju csucsterülete helyről helyre többszörösen változhat./

Ezek után nézzük meg, hogy ez a jelzésnövekedés különféle forráseloszlások esetén milyen aktivitáskoncentrációtól származik. A POKER-CAMP-számitásnál az alábbi eloszlásokat tételeztük fel:

- ^{137}Cs izotópnál a talajban exponenciálisan csökkenő eloszlás /ζ = 3 cm/. A talaj összetétele és sürüsége megegyezik a természetes izotópok számitásánál feltételezettel. A koncentrációt a talajfelszini rétegben 1 $Bq \cdot cm^{-3}$-nek vettük;
- ^{131}I izotópnál sikforrás a talaj felszinén. A felületi koncentrációt 1 $Bq \cdot cm^{-2}$-nek tételeztük fel;
- ^{133}Xe izotópnál a reaktorkéménytől 1,5 km távolságban /"A" tipusu állomások távolságában/ "felhőszerü" eloszlás. D kategóriáju időjárási helyzet /enyhe szél/ esetén a 120 m magasságu kéményen kibocsátott izotóp eloszlása Gauss-alaku - függőleges irányban σ_z = 44 m 1,5 km távolságban. A forrást 120 m magasságban és tőle 40 méterenként elhelyezett sikforrások modellezik, amelyeknek az aktivitása a Gauss-profilnak felel meg. /A talajnál teljes visszaverődést tételeztünk fel./ A számitás 1 cm^2 felületü, végtelen magasságu oszlopban lévő 1 MBq aktivitásra vonatkozik /11. táblázat/.

11. táblázat

A jelzésnövekedés forrásonkénti megoszlása cps-ben

Распределение возрастания сигнализации по источникам /неэкранированный, экранированный и NaI/Tl/ детекторы/ в почве /^{137}Cs/, в поверхности почвы /^{131}I/ и в облаке /^{133}Xe/ в единицах cps

Increase of the responses of the individual detectors /unshielded, shielded and NaI/Tl/ detectors, resp./ in the soil /^{137}Cs/, on the surface of the soil /^{131}I/ and in the cloud /^{133}Xe/ in cps

izotóp	árnyékolatlan GM-detektor	árnyékolt GM-detektor	NaI/Tl/* detektor	levegődózis-teljesitmény, $nGy \cdot h^{-1}$
^{137}Cs a talajban	0,72	0,43	26,7	30,0
^{131}I a talaj felszinén	0,39	0,20	66,8	17,4
^{133}Xe a csóvában	5900	43	-	150 000

*A jelzés a megfelelő energiáju csucs alatti területre vonatkozik.

A táblázat adataival meghatároztuk, hogy a kiszámitott kimutatási határok mekkora radioaktiv koncentrációnak és dózisteljesitmény-növekedésnek felelnek meg /12. táblázat/.

A 12. táblázatból látható, hogy NaI/Tl/ detektorral a ^{137}Cs és ^{131}I izotóptól származó kb. 1 $nGy \cdot h^{-1}$ dózisteljesitmény-növekedés már jól kimutatható. A spektrumból megállapitható az izotópok minősége és mennyisége.

12. táblázat

A kimutatható radioaktiv koncentráció és dózisteljesitmény

Значение радиоактивной концентрации и мощности доз для неэкранированного, экранированного и NaI/Tl/детекторов в почве /^{137}Cs/, на поверхности почвы /^{131}I/ и в облаке /^{133}Xe/

The detectable radioactive concentration and dose rate for unshielded and shielded GM detectors and NaI/Tl/ detectors, resp., in the soil /^{137}Cs/, on the surface of the soil /^{131}I/ and in the cloud /^{133}Xe/

izotóp	detektortipus	radioaktiv koncentráció	levegő dózisteljesitmény /$nGy \cdot h^{-1}$/
^{137}Cs a a talajban	árnyékolatlan GM-cső	212 $Bq \cdot kg^{-1}$	10,2
	árnyékolt GM-cső	292	14,0
	NaI/Tl/ detektor	33,9	1,6
^{131}I a talaj felszinén	árnyékolatlan GM-cső	0,63 $Bq \cdot cm^{-2}$	11,0
	árnyékolt GM-cső	1,01	17,5
	NaI/Tl/ detektor	0,036	0,63
^{133}Xe a csóvában	árnyékolatlan GM-cső	42,4 $Bq \cdot cm^{-2}$	6,5
	árnyékolt GM-cső	4670	715

GM-csöves mérőfejnél természetesen nem tudjuk megmondani, hogy ^{137}Cs vagy ^{131}I-kibocsátás történt-e, a kétféle burkolat azonban lehetőséget nyujt a ^{133}Xe izotóp azonositására, mivel a kétféle burkolattal kapott detektorjelzés-növekedés hányadosa nagyon nagy, 137. Ha az árnyékolt GM-csöves mérőfej jelzése nem, vagy alig változik, mig az aluminium burkolatosé nagyon megnő /legalább a szignifikáns 0,25 cps-sel/, akkor nagy valószinüséggel ^{133}Xe-kibocsátást érzékel. A kérdés részletes elemzése még további vizsgálatot igényel.

Hasonlóan további elemzést igényel az a kérdés, hogy mekkora kibocsátás tartozik a kimutatási határokhoz.

Példaként megemlitjük, hogy ^{133}Xe-kibocsátás esetében, D kategóriáju időjárási helyzetet feltételezve, normális üzemi kibocsátásnál az aktivitáskoncentráció ugyanolyan nagyságrendü, mint az árnyékolatlan GM-detektor esetén a kimutatási határhoz tartozó koncentráció.

IRODALOM

1. *Deme S., Rövid M.:* A mozgó laboratórium gépkönyve
2. *Németh I., Zombori P.:* A környezeti háttérsugárzás helyszini meghatározása, Paksi Atomerőmü Környezetellenőrzés, Mérési módszerek 3, Budapest, KFKI 1979
3. *Zombori P.:* Gamma-spektrometriás módszerek a környezeti háttérsugárzás meghatározására, Paksi Atomerőmü Környezetellenőrzés, Mérési módszerek 1, Budapest, KFKI, 1978
4. *Deme S.:* A GM-csövek alkalmazása a folyamatos környezetellenőrzésben, Paksi Atomerőmü Környezetellenőrzés, Mérési módszerek 2, Budapest, KFKI 1978
5. *Deme S.:* A Központi Adatgyüjtő Rendszerrel /KAR/ kapcsolatos vizsgálatok, Paksi Atomerőmü Környezetellenőrzés, Mérési módszerek 10, Budapest, KFKI, 1980
6. *H.L. Beck,* et al.: In situ Ge/Li/ and NaI/Tl/ Gamma-Ray Spectrometry, Report HASL-258, 1972
7. *Koblinger L.:* POKER-CAMP: A Program for Calculating Detector Responses and Phantom Organ Doses in Environmental Gamma Fields, KFKI-1981-79, Central Research Institute for Physics, Budapest, 1981
8. *H.L. Beck:* The Physics of Environmental Gamma Radiation Fields, Proc. 2nd Int. Symp. Natural Radiation Environment, USERDA Report CONF-720805-P1, 1974

9. *Tóth Á., Lakatosné Novotny S.:* ^{226}Ra, ^{232}Th és ^{40}K koncentráció, valamint emanációs koefficiens meghatározása a Paksi Atomerőmü környezetének talajmintáiban, Paksi Atomerőmü Környezetellenőrzés, /Pécs, MÉV/ 6 /1978/

10. *W.S. Snyder* et al.: MIRD Pamphlet No. 5., J. Nucl. Med. /Supplement No.3/ 10 1 /1969/

11. Environmental Radiation Measurements, NCRP Report No. 50

12. *H.L. Beck, K.M. Miller:* Temporal Variations of the Natural Radiation Field, 2nd Special Symposium of the Natural Radiation Environment, Bombay, 1981

13. Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR Report, 1977

14. *Z.G. Burson et al.,* Technical Procedures for Characterizing the Terrestrial Gamma Radiation Environment by Aerial Survey, Proc. 2nd Int.Symp. Natural Radiation Environment, USERDA Report CONF 720805-P1, 1974

*

A helyszini méréseket NaI/Tl/ szcintillációs spektrométerrel és GM-csöves mérőfejjel végeztük az erőmü környezetében lévő 23 mérőállomáson. Figyelembe vettük a detektorok érzékenységének irány- és energiafüggését is. A POKER-CAMP számitási programmal számitással is meghatároztuk a dózisteljesitményt, feltételezett forráseloszlásu, természetes izotópokra. A számitott és mért értékek jó egyezése alapján megbecsültük a m rőrendszer érzékenységét néhány, az erőmüből kibocsátott radioizotóp és adott forráseloszlás esetére.

ПРЕДПУСКОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ФОНА МОЩНОСТИ ДОЗ В РАЙОНЕ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ПАКШ
Немет, И.,Зомбори, П., Коблингер, Л., Андраши, А., Деме, Ш., Герман, Э., Кеменеш, Л.

Измерения на местности были проведены в 23 точках с помощью сцинтилляционного спектрометра с кристаллом NaI/Tl/ и датчика со счетчиками Гейгера-Мюллера. Были учтены угловые и энергетические зависимости примененных датчиков. С помощью программы для ЭВМ POKER-CAMP также были определены мощности доз за счет естественных радиоактивных изотопов с предполагаемыми глубинными распределениями. На основе хорошего совпадения расчетного и экспериментального значений мощностей доз дается оценка чувствительностей для некоторых радиоактивных изотопов, выброшенных из АЭС, в случае заданного пространственного распределения источника.

PREOPERATIONAL IN SITU FIELD DOSE RATE DETERMINATION IN THE ENVIRONMENT OF THE PAKS NUCLEAR POWER STATION
Németh, I., Zombori, P., Koblinger, L., Andrási, A., Deme, S., Germán, E., Kemenes, L.

The in situ measurements were performed by a NaI/Tl/ scintillation spectrometer and a GM detector at 23 points in the environment of the power station. During the sophisticated calibration procedure the energy and direction dependence of the detector responses were also taken into account. The dose rates were also determined by the POKER-CAMP computer code for natural radionuclides with an assumed source distribution. On the basis of the good agreement between measured and calculated values the sensitivitv of the measuring system was assessed for some given distributed radionuclides released from the power station.

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:109-114 /1983/

OLDHATATLAN VAGY NEHEZEN OLDHATÓ BIOLÓGIAI ANYAGOK RADIOAKTIVITÁSÁNAK MÉRÉSE ÉGETÉSES MÓDSZERREL

Fehér László

A Semmelweis Orvostudományi Egyetem Központi Izotóplaboratóriuma, Budapest, Nagyvárad tér 4, 1089

/Érkezett 1982. szeptember 2-án/

A radioizotópos nyomjelzéses technika biomedicinális alkalmazásánál elsősorban a ^{3}H és ^{14}C radioizotóp terjedt el. A mérés automatizálása és nagy érzékenységü detektáló módszerek kidolgozása érdekében a folyadékszcintillációs számlálási módszer fejlődött a leggyorsabb ütemben. Különféle szerves minták esetében a szcintillációs módszernek több nehézségével találjuk szemben magunkat /oldószer-kiválasztás, bonyolult mintaelőkészités stb/. Ezen a gondon a β-sugárzó izotópok gázfázisu mérésével próbáltak segiteni.

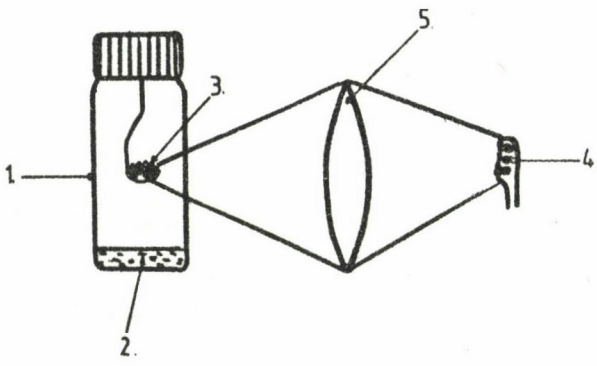
A gázfázisu minta előállitása igen egyszerü. A mintaelőkészités során a biológiai anyagot beszáritják, mikroanalitikai tömegmérés után pedig elégetik. Az égéstermékben a szén kötött széndioxid formájában, a hidrogén pedig vizgőz formájában van jelen. A gázban lévő izotópot kétféleképpen mérhetik:

- a gázt különféle kémiai reagensekkel elnyeletik, és szcintillátor oldatba viszik;
- proporcionális számlálócsőben mérik.

MIKROÉGETŐ

A nyomjelzéses technika egyik sokat hangoztatott előnye, hogy igen kis anyagmennyiség kimutatására alkalmas. Néhány milligrammos mintából a meghatározás kellő biztonsággal végezhető. Ha az égetés után az égéstermékeket megfelelő reagens oldaton átbuborékoltatjuk, vagy hosszabb időn át zárt térben az oldat felületével érintkezésben tartjuk, a reagens a radioaktiv gázt jól reprodukálható hatásfokkal megköti. Az igy kapott oldatot szcintillátor oldatba felvéve jól mérhető mintához jutunk.

Az általunk alkalmazott módszernél a folyadékszcintillációs edénybe megfelelő mennyiségü abszorbenst töltünk. Az edény sapkájára erősitett kengyel kis platina kosárkát tart az edény tengelyében. Ebbe a kosárkába helyezzük az égetendő anyagot, majd az egészet a mikroégető berendezés mintaváltójába tesszük. A készülék a kezelőszervein beállitott program szerint egy nagy teljesitményü izzólámpa energiáját fókuszálja a mintára, ezáltal elégeti.



1. ábra

Mikroégető berendezés elvi alaprajza
1 - folyadékszcintillációs edény, 2 - adszorbens folyadék, 3 - égetendő minta, 4 - izzószál, 5 - kondenzor lencse

Схема аппарата микрообжигания
1 - жидкостно-сцинтилл ционная посуда, 2 - жидкость-абсорбент, 3 - обжигаемая проба, 4 - спиралка, 5 - конденс ная линза

Block diagram of the micro-burning equipment
1 - liquid scintillation vial, 2 - absorbent liquid, 3 - sample to be burned, 4 - incandescent filament, 5 - condenser lens

A mintákat néhány órán át állni hagyjuk, majd a sapkát lecsavarva szcintillációs oldatot öntünk az abszorbenshez. Az igy kapott folyadékszcintillációs minta jó hatásfokkal mérhető.

CARBON-TRITIUM AUTOMATA GÁZFÁZISU ANALIZÁTOR

A radioaktiv gázok proporcionális számlálócsőben történő méréséhez több gázfázisu analizátort fejlesztettek ki, melyek automatikus mintaadagolóból, égető reaktorból, számláló berendezésből és nyomtató elektronikából állnak.

A mérendő minták, melyek kb. 10 mg szerves szárazanyagot tartalmaznak, az előkészités után kvarc égetőreaktorba kerülnek. Itt folyik a minták elégetése oxigén atmoszférában. A mintáktól függő égési reakciók bruttó egyenletei:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 \quad /^{14}C \text{ molekulákkal/}$$

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \text{ /közte HTO molekulákkal/}$$

A megkötött triciumot a ^{14}C lemérése után, hidrogén gáz bevezetésével, az alábbi kicserélődési reakció alapján szállitjuk tovább:

$$HTO + H_2 \xrightarrow{600^\circ C} H_2O + HT \text{ /aktiv gáz/.}$$

Az összes tricium gáz halmazállapotba kerül, vegyes hidrogénmolekulák képződésével. A keletkezett gáz a számlálócsőbe áramlik, aktivitása meghatározható. A ^{14}C és ^{3}H mérésére proporcionális számlálócső szolgál. A gáz áramlási sebességének megfelelő beállitásával biztositható a lamináris áramlás és ezzel a maximális hatásfok.

Kettősen jelzett minta mérési ideje kb. 20 perc, ami lényegesen hosszabb a folyadékszcintillációs minta mérési idejénél, de rövidebb a nehezen oldható minta előkészitési és mérési idejénél, ugyanakkor munkaigénye lényegesen kisebb, anyagigénye pedig elenyészőnek mondható.

MÉRÉSI EREDMÉNYEK

Standard méréseinkhez 2-fenil-/1-^{14}C/etilamin-hidrokloridból megfelelő higitás után 10 µl-t cseppentettünk 5 mm átmérőjü szürőpapirra, és hagytuk megszáradni. Az aktiv $^{14}CO_2$ gáz elnyeletésére 0,5 ml etanolamint használtunk.

A *háttér* meghatározásához inaktiv szürőpapir-darabkákat égettünk el. A szcintillátoroldatba való felvétel után 24 órán át pihentettük a mintákat, a kemolumineszcencia elkerülése végett. A Beckman LS-9000 folyadékszcintillációs spektrométer hátterét figyelembevéve /$\bar{x}$ = 28,9 cpm, SD = 2,13 cpm/, a módszernek tulajdonitható háttéreffektus $\bar{H}$ = 37,9 cpm, SD = 1,95 cpm.

A *mérés hatásfokát* kb. 500 $\bar{H}$-nak megfelelő aktivitásu minták vizsgálatával határoztuk meg: η = 81,5% SD = 7,59%.

Az alsó mérési határ nagyságát a hatásfok és az együttes /folyadékszcintilláció + égető/ háttér ingadozása határozza meg. A háttér értékének megfelelő aktivitás A_H = 74 dpm.

A *linearitás* ellenőrzésére egy higitási sor tagjait értékeltük ki. A mérést 0 - 38 000 dpm tartományban végeztük. A bevitt és mért aktivitás a 2. ábrán látható. A ponthalmazhoz illesztett egyenes a jó korreláció ellenére kis aktivitásnál a mérési pontok alatt halad, a relativ eltérés jelentős. Hatványfüggvénnyel közelitve:

$$y = 0{,}9875\ x^{0{,}9778}$$

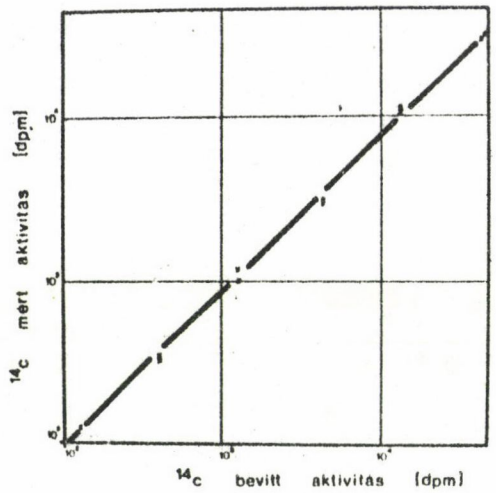
$$r = 0{,}99.$$

A fenti aktivitáshatárig az abszorbens kapacitása nem merül ki.

GÁZFÁZISÚ ANALIZÁTOR

Az ellenőrző méréshez használt minták azonosak a mikroégető mintáival.

A *háttér*, a proporcionális számlálócső nagy térfogata, a hosszu anódszál miatt, meglehetősen nagy. Az általunk használt készüléknél /Chinoin gyártmány/ a számlálócsövet 5 cm-es ólomárnyékolásba helyezve $\bar{H}$ = 525 cpm, SD = 57,44 cpm.



2. ábra

A mikroégetővel végzett mérés linearitásának ellenőrzése

Контроль линейности измерений, совершенных микрообжиганием
x - введенная активность, y - измеренная активность

Checking of linearity of measurements made with the micro-burner
x - put-in activity, y - measured activity
$y = 0{,}9875\ x^{0{,}9778}$
$r = 0{,}99$

Külső standard mérésnél kb. 10^6 dpm aktivitásu ^{133}Ba sugárforrást helyeztünk a számlálócső falára ragasztott müanyag tartóba. A számlálócső térfogatának csak kis hányadát érte kellő intenzitásu sugárzás, de a geometria állandósitásával a detektor stabilis müködését ellenőrizhettük. Minden mérési napon három egymásutáni mérést végeztünk a sugárforrás behelyezése után. Az eredmény S_K = 3623 cpm, SD = 137,7 cpm.

Belső standard mérésnél az égető reaktor és a gázáramlás befolyásoló tényezőinek ellenőrzésére kb. 12 000 dpm aktivitásu 2-fenil-/1-^{14}C/etilamin-hidroklorid mintákat égettünk naponta; S_B = 10 628 cpm, SD = 634,56 cpm.

A standard aktivitását uj oldat készitésekor folyadékszcintillációs módszerrel határoztuk meg pontosan.

A mérés hatásfokát 0 - 10^6dpm aktivitásu minták mérésével határoztuk meg: ^3H-nál η = 79,6%, SD = 18,6%, ^{14}C-nél η = 85,8%, SD = 6,85%.

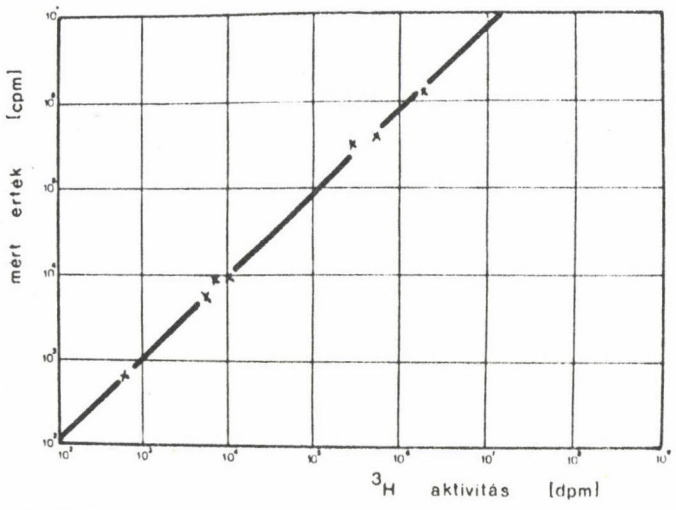
A linearitás ellenőrzésére 0 - 10^6dpm tartományban végeztünk mérést, Az eredmény a 3. ábrán látható. A ponthalmazhoz illetszhető hatványfüggvény:

$$^3H: y = 1{,}59\ x^{0{,}93},\quad r = 0{,}9988,$$
$$^{14}C: y = 1{,}53\ x^{0{,}95},\quad r = 0{,}9950.$$

ÖSSZEHASONLÍTÓ MÉRÉSEK

Gyógyszermetabolitok vizsgálatánál, a faecesben ürülő metabolit kimérésekor, a folyadékszcintillációs minták előkészitésénél oldási és szintelenitési nehézségek vannak, Ugyanabból a homogenizátumból párhuzamos mintavétellel folyadékszcintillációs és gázfázisu meghatározást végeztünk. A mérés eredményét a 4. ábra mutatja. A hatványfüggvény egyenlete:

$$y = 11{,}382\ x^{0{,}7256},\ r = 0{,}9789.$$



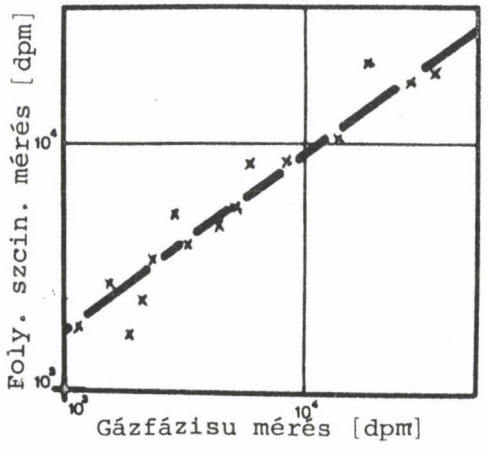
3. ábra

A gázfázisu analizátoron végzett mérés linearitásának ellenőrzése

Контроль линейности измерений, совершенных газовым анализатором

Checking the linearity of measurements made with gas phase analyser

$y = 1{,}59\ x^{0{,}93}$, $r = 0{,}9988$



4. ábra

Biológiai minták gázfázisu és folyadékszcintillációs módszerrel párhuzamosan végzett mérésének összehasonlitása

Сравнение измерений биологических проб, совершенных газовым и жидкостно-сцинтилляционным методами

Comparison of measurements of biological samples made parallel by liquid scintillation and gas phase method

előkészitésénél oldási és szintelenitési nehézségek vannak. Ugyanabból a homogenizátumból párhuzamos mintavétellel folyadékszcintillációs és gázfázisu meghatározást végeztünk. A mérés eredményét a 4. ábra mutatja. A hatványfüggvény egyenlete:

$y = 11{,}382\ x^{0{,}7258}$, $r = 0{,}9789$.

MEGÁLLAPÍTÁSOK

A lágy β-sugárzók biomedicinális alkalmazásánál a sugárzás detektálásának legelterjedtebb és az esetek többségében legmegbizhatóbb utja a folyadékszcintillációs mérés. Egyes biológiai anyagok, szerves vegyületek esetében a minták kémiai előkészitése nehézkes, munka- és költségigényes. Ekkor jó kiegészitő módszernek bizonyulnak a minta elégetésén alapuló eljárások. Megbizhatóság szempontjából azonban csak az ilyen esetekben veszik fel a versenyt a folyadékszcintillációs méréssel.

IRODALOM

1. *D.L. Harrocks (Ed.)*, Organic Scintillators and Liquid Scintillation Counting, Academic Press, New York-London, 1970
2. Chinoin Nagytétényi Gyáregység, Müszerüzem, Carbon-Tritium automata gázfázisu analizátor gépkönyv, 1980
3. *Fehér L.*, M. Radiol. 28 /1976/ 114
4. Tritium in the Physical and Biological Sciences I. - II., International Atomic Energy Agency, Vienna, 1962

*

A lágy β-sugárzók biomedicinális alkalmazásában elterjedt a folyadékszcintillációs mérés. A biológiai anyag sajátosságai miatt a mintaelőkészités nehézkes, munka- és költségigényes

Két égetéses módszert vizsgáltunk, és hasonlitottunk össze a folyadékszcintillációs mérés általánosan elterjedt, egyéb mintaelőkészitő módszereivel.

ИЗМЕРЕНИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ НЕРАСТВОРИМЫХ ИЛИ ТРУДНО РАСТВОРИМЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ОБЖИГАЮЩИМИ МЕТОДАМИ
Фехер, Л.

Испытались и сравнились два метода обжигания проб с общераспространенными другими методами приготовления проб к жидкостносцинтилляционному измерению.

MEASURING THE RADIOACTIVITY OF INSOLUBLE OR HARDLY SOLUBLE BIOLOGICAL SAMPLES BY BURNING METHOD
Fehér, L.

We examined and compared two burning methods with other, widely used sample preparation methods of liquid scintillation counting.

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:115-124 /1983/

A BALKAMRAI DISZKINÉZIS /ANEURIZMA/ KIMUTATÁSA NUKLEÁRKARDIOLÓGIAI MÓDSZEREKKEL

Mester János[1], Pávics László[1], Máté Eörs[2], Gaál Tibor[3], Csernay László[1]

[1]A Szegedi Orvostudományi Egyetem Központi Izotópdiagnosztikai Laboratóriuma, Szeged, Pf. 469, 6726

[2]A József Attila Tudományegyetem Kalmár László Kibernetikai Laboratóriuma, Szeged, Árpád tér 2, 6720

[3]A Szegedi Orvostudományi Egyetem Önálló Szivsebészeti Osztálya, Szeged, Pécsi u. 4, 6720

/Érkezett 1982. december 6-án/

Transzmurális miokardiális infarktus lezajlása után a beteg további sorsát, a rehabilitáció sikerét, nagymértékben befolyásolja a balkamrafal mozgászavarának kiterjedése, sulyossága, a balkamra funkcionális teljesitménye. Az esetek többségében a kialakult hegszövetnek megfelelően hipokinetikus, illetve akinetikus falrészletek figyelhetők meg, de sajnos, nem hanyagolható el a diszkinetikusan mozgó falterület és a balkamrai aneurizmák száma sem[1]. A diszkinetikus falrészletek /aneurizmák/ minél koraibb felismerése fontos, hiszen a szisztolében passzivan kiboltosuló fal rontja a balkamra egyébként is csökkent teljesitményét, és ez szivelégtelenséghez vezethet. Ugyancsak nem hanyagolható el az aneurizma következtében jelentkező ritmuszavar, az aneurizmában keletkező trombus, mely leszakadva nagyvérköri embolizációt okozhat.

A diszkinetikusan mozgó balkamrafal-részletek /balkamrai aneurizmák/ felismerésének lehetőségei a szürővizsgálattól az invaziv ventrikulográfiáig terjednek[2-10]. Az egyes noninvaziv vizsgálati módszerek érzékenysége, specificitása, eszköz-, munka- és költségigénye határozza meg az invaziv eljárásig terjedő diagnosztikai stratégiát.

A nukleáris kardiológia a balkamra teljesitményének, a kamrafal mozgásképességének megitélésére az utóbbi években egyre több lehetőséget nyujt. A 70-es évek közepén bevezetett, EKG-val kapuzott, számitógépes támogatással végzett, gammakamerás nukleáris kardiológiai vizsgálattal a balkamrafal mozgászavara jól felismerhető[2,3,11-15]. A különböző nagyságu hipokinetikus vagy akinetikus falrészletek azonositása mellett a diszkinetikusan mozgó balkamraszegmensek felismerésének lehetősége kiemelt figyelmet érdemel. A szisztolés fázisban növekvő vértartalmu kamrarészletek, esetleg még ki is boltosuló falterületek az esetek többségében aneurizma kialakulásának vagy kialakult balkamrai aneurizmának lehetőségére utalnak[5,7,14,16-20].

Vizsgálataink céljául azt tüztük ki, hogy megállapitsuk, a magyar gyártmányu MB-9101 gammakamerához kapcsolt számitógépes adatfeldolgozó rendszer milyen lehetőséget nyujt a balkamrai diszkinézisek /aneurizmák/ noninvaziv nukleárkardiológiai kimutatására.

BETEGANYAG, MÓDSZEREK

Vizsgálatainkat 55, miokardiális infarktuson 1 hónapnál régebben átesett betegen /48 férfin, 7 nőn/ végeztük. A betegek átlagéletkora 53±9 év; a legfiatalabb 30, a legidősebb 72 éves volt. A kardiológus elsősorban az EKG-n látható perzisztáló ST-eleváció, fokozódó balkamrai elégtelenség, illetve ritmuszavar alapján valamennyi betegnél balkamrai aneurizma kialakulását feltételezte.

NUKLEÁRIS KARDIOLÓGIAI VIZSGÁLAT

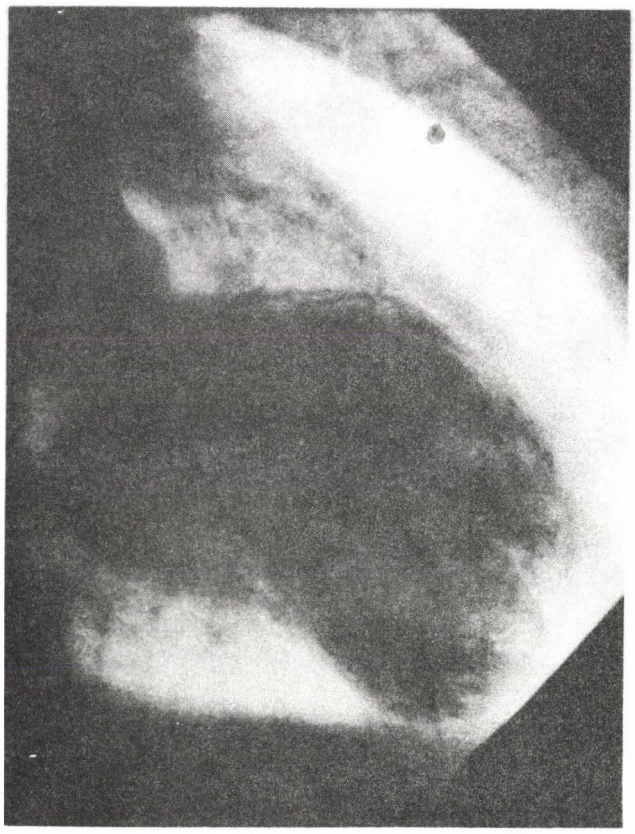
Az EKG-val kapuzott, ekvilibriumban gammakamerával végzett, nukleáris kardiológiai vizsgálat menetét korábbi közleményünkben részletesen ismertettük[15]. Jelenlegi vizsgálataink során a betegek vörösvértesteit PYP-szenzibilizálás után 600 MBq ^{99m}Tc-mal in vivo jelöltük. A teljes keveredés után paralel kollimátorral ellátott gammakamerával minden esetben három irányból /30°-os bal elülső ferde; anterior; 30°-os jobb elülső ferde/ végeztünk adatgyüjtést. Felvételi irányonként 3-3 diszklemeznyi /3•743 000 impulzus/ adatot tároltunk a későbbi feldolgozásra.

ÉRTÉKELÉSI ELJÁRÁS

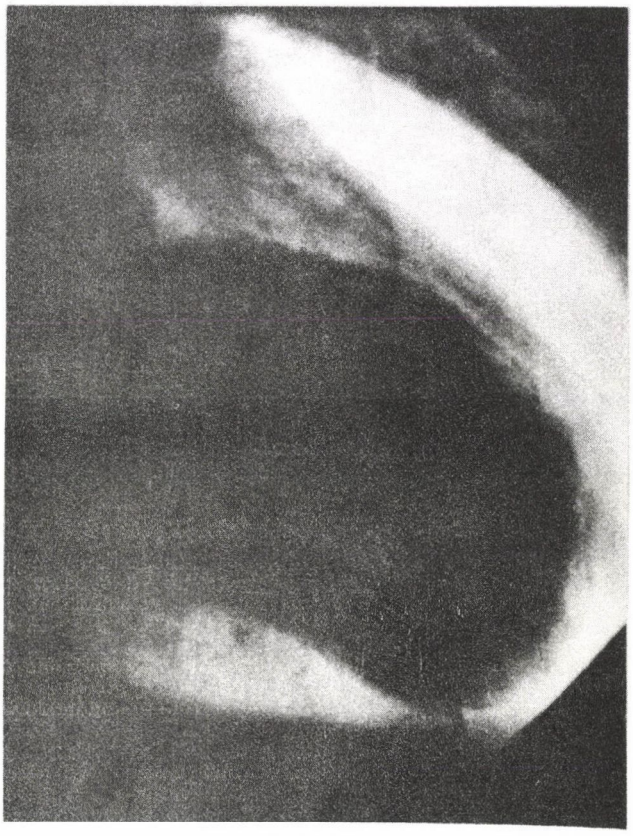
A felvett és tárolt adatokat először egy reprezentativ hosszuságu szívcikluson belül, 16 képből álló képsorozattá alakitottuk. Diszkinetikusan mozgó balkamrafal-részletek felderitésére minden esetben három eljárást próbáltunk ki:

1/ a képekből a SUPER-SEGAMS "szinkódos mozi" elnevezésü FORTRAN programjával irányonként 8-8 képből álló képsort generáltunk. A képsorozat hurokszerü vetitése során kiséreltük meg a diszkinetikusan mozgó falrészletek szubjektiv felismerését /2. ábra/.

2/ A már korábban ismertetett[15] teljes /globális/ kamrai volumengörbe előállitásához hasonlóan bal elülső ferde irányból un. részleges /parciális/ volumengörbéket állitottunk elő. A balkamra vetületét ehhez minden esetben 8 háromszög alaku egyenlő részre /szegmensre/ osztottuk. A vetületi szegmensek területéről előállitott parciális volumengörbék lefutását a teljes /globális/ volumengörbével hasonlitottuk össze /3. ábra/.



Baloldal



Jobboldal

1. ábra

Ventrikulográfiával igazolt balkamrai aneurizma. Szisztolében /jobboldali kép/ apikálisan kiboltosuló kamrafalrészlet figyelhető meg. A további ábrákon ugyanezen beteg nukleáris kardiológiai vizsgálatának eredményeit mutatjuk be.

Аневризм левого желудочка, доказанный вентрикулографией. В систоле /на правом рисунке/ наблюдается апикально выпукленная часть стенки желудочка. На дальших рисунках видны результаты ядерно-кардиологического обследования того же больного.

Left ventricular aneurysm confirmed with ventriculography. In systole /right side/ an apically arising part of the chamber wall can be seen. The next figures demonstrate the results of nuclear cardiological examinations of the same patient.

3/ A reprezentativ szivciklus 16 képből álló képsorozata lehetőséget nyujt a kamrai vértartalom végdiasztolés és szisztolés fázisban való ábrázolására. Az 1. és 16. kép összegét végdiasztolés képnek, a 3-4. kép összegét a kontrakció korai fázisának tekintettük. Ebből a képből a végdiasztolés képet kivonva az előzetesen kijelölt végdiasztolés kamrakonturon belül maradékaktivitást kerestünk. Amennyiben a korai kont-

rakció fázisában a diasztolés konturon belül aktivitás- /vértartalom-/ többletet találtunk, ugy azt diszkinetikusan mozgó falrészlet /paradox pulzáció/ gyanujeleként értelmeztük. Feltételezésünket minden esetben a maradékaktivitásnak megfelelő vetületi területről előállitott parciális volumengörbe analizisével erősitettük meg, vagy vetettük el.

ANGIOKARDIOGRÁFIA

A balkamrai angiokardiográfiás vizsgálatokat Siemens gyártmányu Cardoscop "U" tipusu készülékkel végeztük. A kontrasztanyag egy adagjának befecskendezésével LAO-30 és RAO-30 irányból egyszerre készitettünk felvételeket. A ventrikulogramokat a vizsgálat során felvett filmről utólagosan értékeltük.

EREDMÉNYEK

Az alkalmazott nukleáris kardiológiai vizsgáló eljárások teljesitőképességének összehasonlitását az 1. táblázat tartalmazza. Balkamrai diszkinézist összesen 37 esetben mutattunk ki. A paradox pulzációju kamrafalrészletet hurokszerü vetitéssel 10, a parciális volumengörbék alapján 33, a különbségképek segitségével 35 esetben igazoltuk. A 2. táblázat az általánosan

1. táblázat

A nukleáris kardiológiai vizsgálatok eredménye

Результаты ядерно-кардиологических обследований

Results of the nuclear cardiological studies

Kimutatott paradox pulzáció	37 eset
Hurokszerü vetitéssel	10 eset
Parciális volumengörbékkel	33 eset
Különbségképekkel	35 eset

2. táblázat

Balkamrai ventrikulográfiával ellenőrzött vizsgálatok eredménye

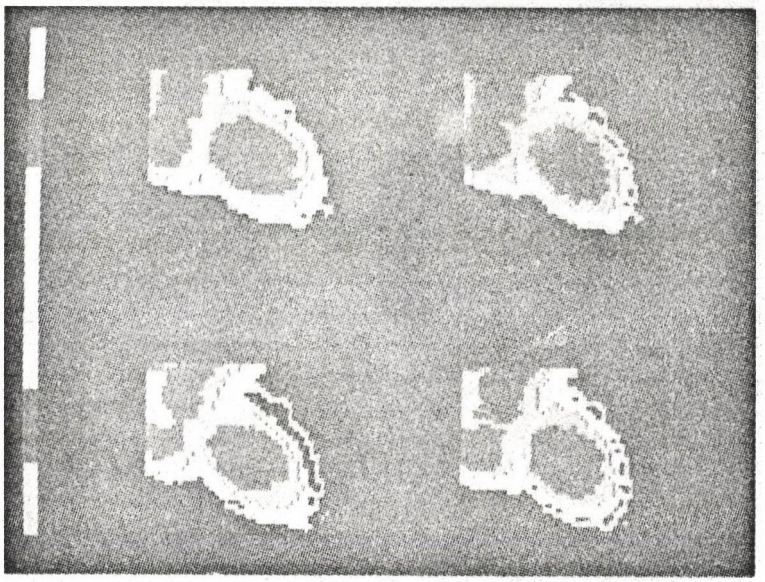
Результаты обследований, контролированных левожелудочковой вентрикулографией

Results of the studies controlled by left ventricular angiography

Nukleáris kardiológia / Balkamrai ventrikulográfia	Pozitiv	Negativ
Pozitiv	28	1
Negativ	3	7

elfogadott angiokardiográfiával végzett összehasonlitás eredményeit mutatja be. A balkamrai ventrikulográfiát referenciamódszernek tekintve 39 esetben ellenőriztük a nukleáris kardiológiai módszerek teljesitőképességét. Összesen 4 alkalommal kaptunk a balkamrai ventrikulográfiától eltérő eredményt. 3 betegnél a ventrikulográfiával kimutatott aneurizmát nem tudtuk igazolni, egy esetben az általunk kimutatott paradox pulzációju falrészletet a ventrikulográfia nem bizonyitotta. Összességében a ventrikulográfiához viszonyitva a nukleáris kardiológiai eljárások *érzékenységét* 90%-osnak, *specificitását* 88%-osnak találtuk.

A nukleáris kardiológiai eljárások teljesitőképességét M.A. 52 éves férfi betegünk eredményei alapján szemléltetjük. A beteg RAO irányból készitett balkamrai ventrikulográfiás képén jól felismerhető a lezajlott infarktus után kialakult apikális aneurizma /1. ábra/. A balkamrafal-mozgás hurokszerü vetitésének négy jellemző fázisát a 2. ábra mutatja.



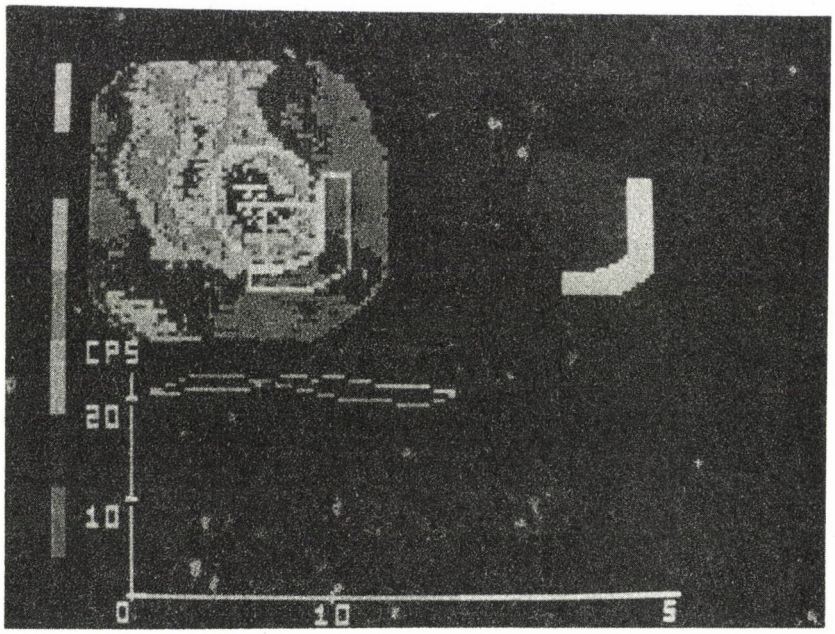
2. ábra

A balkamra mozgásának jellemző fázisai. Az anterior irányból készült felvételeken a szivcsucs akinézise állapitható meg. Paradox pulzáció nem bizonyitható.

Характерные фазы движения левого желудочка. На снимках, сделанных спереди наблюдается акинез апикальной части сердца. Парадоксальная пульсация не выявима.

Characteristic phases of the motion of the left ventricle. On the image from anterior direction the akinesis of the apex is recognizable. Paradox pulsation cannot be proved.

A bal alsó, végszisztolés képen az apikális aneurizmának csupán lehetősége vethető fel. A bal elülső ferde irányból készült felvételek alapján szerkesztett parciális volumengörbék lefutása, az apikális szegmensnek vagy szegmenseknek megfelelően, kifejezetten paradox /3. ábra/.



3. ábra

Apikális kamrafalszegmensekről készitett parciális volumengörbék. Lefutásuk paradox pulzációra utal.

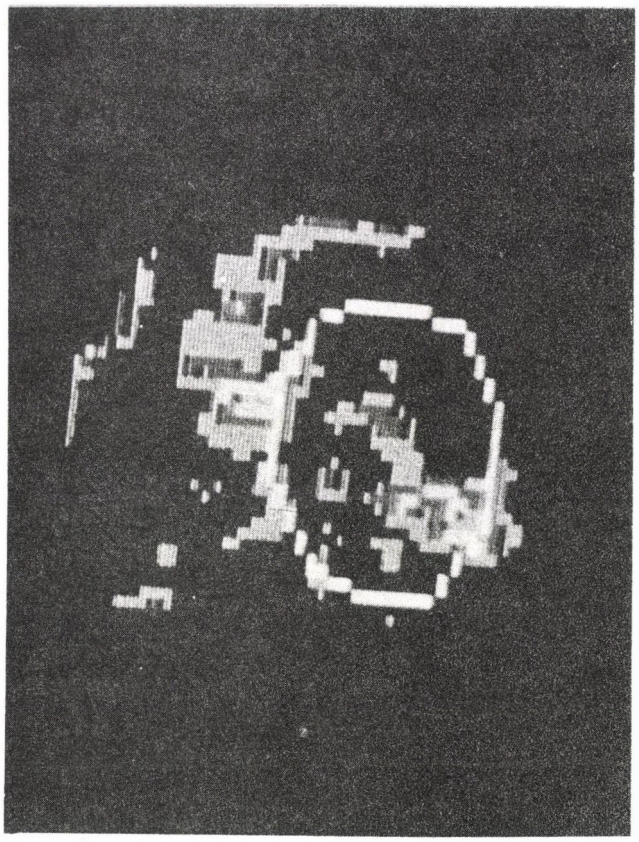
Частные объемные кривые апикальных сегментов стенки желудочка. На основании форм кривых полагается парадоксальная пульсация.

Partial volume curves made on the basis of apical ventricular segments. The shape of the curves indicates paradox pulsation.

A különbségképen a végdiasztolés balkamrai ROI-n /region of interest/ belül, az aneurizma elhelyezkedésének megfelelően, egyértelmüen maradékaktivitás mutatható ki /4. ábra/. ^{201}Tl-kloriddal készitett nyugalmi szivizom-szcintigráfiás felvételen apikálisan a nagy kiterjedésü perfuziós defektus jól felismerhető /5. ábra/.

MEGBESZÉLÉS

A balkamrafal különféle mozgászavarainak kimutatására az EKG-val vezérelt, ekvilibriumban gammakamerával végzett nukleáris kardiológiai vizsgálat alkalmassága a 70-es évek közepétől ismert[5,11,20,21]. A balkamra falának diszkinézisét először Botvinnick és munkatársai mutatták ki, a kamrafalmozgás végdiasztolés és végszisztolés fázisának megjelenitésével[5]. Az utóbbi időben egyre gyakrabban jelentek meg közlemények, melyek főleg esetismertetések kapcsán számoltak be a nukleáris módszerek lehetőségeiről a balkamrai aneurizmák diagnosztizálásában[5,18]. Az értékelő eljárások rohamos fejlődése ma már lehetővé teszi a diszkinetikus kamrafalrészletek több, mint 90%-os érzékenységgel, illetve specificitással való azonositását[8,14].

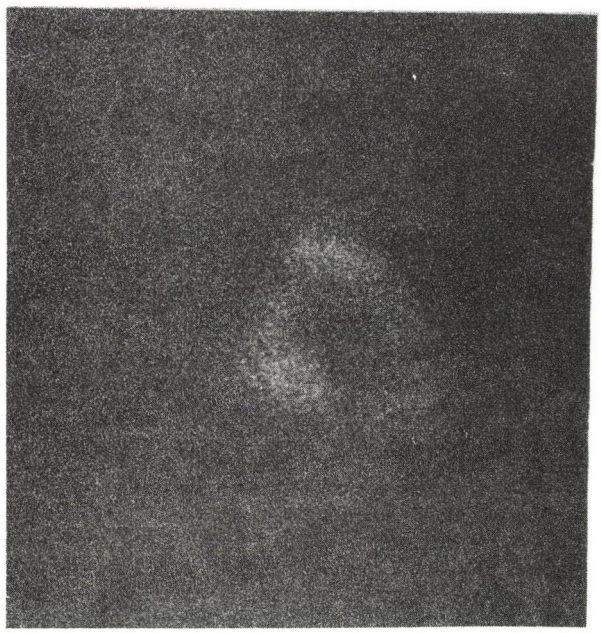


4. ábra

A kamrai kontrakció korai fázisában megfigyelhető aktivitástöbblet a diszkinetikus falmozgás gyanujeleként értelmezhető.

Побочная активность, наблюдаемая в раннем фазе контракции желудочков показывает на дискинетическое движение стенки.

The surplus activity observed in the early phase of ventricular contraction can be interpreted as an indication of dyskinetic wall motion.



5. ábra

Az aneurizma elhelyezkedésének megfelelően a nyugalmi ^{201}Tl szcintigram apikális perfuziós defektust igazolt.

По расположению аневризма сцинтиграм ^{201}Tl взятый в покое доказал апикальный перфузионный эффект.

According to the position of the aneurysm the ^{201}Tl scintigram at rest confirmed apical perfusion defect.

Az elmult hónapokban a már ismert és közölt értékelő eljárásokat illesztettük a magyar számitógépes képmegjelenitő és adatfeldolgozó rendszer lehetőségeihez. Közülük a kamrafal mozgásának hurokszerü vetitése nyujtotta a legkisebb találati biztonságot. A módszer a mi körülményeink között viszonylag érzéketlen, csak a legsulyosabb diszkinézisek felismerését tette lehetővé. Az általában viszonylag kis területre lokalizálódó paradox pulzáció csupán akinetikus kamrafalrészletként ábrázolható e technikával. Az eljárás érzéketlenségét a viszonylag kis képmátrixméret /60x64/ mellett a vetitéshez felhasznált három szinosztály korlátozott térbeli feloldóképességével magyarázzuk. Itt jegyezzük meg, hogy ugyanezen eljárás a hipokinetikusan mozgó, illetve akinetikus balkamrafalrészletek felismerésére igen jó hatásfokkal használható. A kamrafalmozgás hurokszerü vetitésének lehetőségét az utóbbi időben szinte valamennyi külföldi számitógépes adatfeldolgozó rendszer programjai között megtalál-

juk. Az eljárás külföldön általánosan el van terjedve, de a paradox pulzációju kamrafalrészletek felismerésének hatékonyságáról eddig kevés közleményt olvashattunk[2,11,23].

A parciális volumengörbék analizisén alapuló módszer érzékenysége vizsgálatainkban megközelitette a nukleáris kardiológiai értékelő eljárások kombinált alkalmazásának hatásfokát. Hamis negativ eredményt csupán kis kiterjedésü és elsősorban az elülső falon elhelyezkedő paradox pulzációju területek vizsgálata során észleltünk. Az eljárást mi csak a bal elülső ferde irányból /LAO-30/ készült képsorozatokon alkalmaztuk, mert a többi irányból a balkamra a sziv egyéb részleteivel, elsősorban a jobbkamrával olyan nagy mértékben vetül egybe, hogy a balkamraszegmensek pontos kijelölése nem,vagy csak bizonytalanul végezhető el[2,11].

A különbségképek módszerének teljesitőképessége lényegében megfelelt az előbbi eljárásénak. Többletet a kis aneurizmák felismerésének elvi lehetősége nyujt. A maradékaktivitások analizisekor elsősorban a hamis pozitiv eredmény veszélyét kell elkerülnünk. Mi magunk is egy esetben tévesen, az észlelt aktivitástöbbletet paradox pulzáció jeleként értelmeztük. A paradox képek teljesitőképességét ventrikulográfiával ellenőrzött beteganyagon először Holmann és munkatársai vizsgálták. 39 beteg adatai alapján a módszer érzékenységét 82%-nak, specificitását 100%-nak találták[14].

Vizsgálataink alapján megállapithatjuk, hogy a hazai gyártmányu számitógépes adatfeldolgozó és képmegjelenitő rendszerre adaptált értékelő eljárások közül a parciális volumengörbék, illetve a különbségképek analizise egyaránt alkalmas diszkinetikus mozgásu balkamrafal-részletek azonositására. A két módszer kombinációja lehetővé teszi a nemzetközi irodalomból ismert érzékenység és specificitás elérését.

IRODALOM

1. *J. Schlichter, H.K. Hellerstein, L.N. Katz,* Aneurysm of the Heart. A Correlative Study of One Hundred and Two Proven Cases. Medicine /Baltimore/ 33: 43 /1954/
2. *W.E. Adam,* et al., Equilibrium /Gated/ Radionuclide Ventriculography, Cardiovasc. Radiol. 2: 161 /1979
3. *W.E. Adam, F. Bitter,* Advances in Heart Imaging. In: Medical Radionuclide Imaging 1980, p. 195, IAEA, Vienna, 1981
4. *Berentey E.,* Balkamrafunkció haemodynamikai megitélése ischaemiás szivbetegségben, kandidátusi értekezés, Budapest, 1979
5. *E.H. Botvinnick,* et al., Noninvasive Diagnostic of a False Left Ventricular Aneurism with Radioisotope Gated Cardiac Blood Pool Imaging, Amer. J. Cardiol. 37:1089 /1976/
6. *K. Cohn, S. Dynamicka, F.J. Forlini,* Use of the Electrocardiogram as an Aid in Screening for Left Ventricular Aneurysm, J. Electrocard. 9:53 /1976/

7. *J. Dembski, E. Zeitler,* Sicherheit der Flachenkymographie nach Myokardinfarkt unter besonderer Berücksichtigung der Herzwand-Aneurysmen, Fortschr. Röntgenstr. 123: 30 /1975/
8. *J.P. Helde,* et al., Linksventrikuläre Herzfunktionsszintigraphie und Echokardiographie bei koronarer Herzkrankheit, In: Nuklearmedizin, Computer gestützte funktionelle Analyse pp. 459 Schattauer, Stuttgart-New York, 1982
9. *Lengyel M.* és mtsai, A balkamrai aneurysma kimutatása echocardiographiás M-scan technikával, Orv. Hetil. 120:821 /1979/
10. *D.A. Weiner,* et al., ST Segment Changes Post-Infarction, Predictive Value for Multivessel Coronary Disease and Left Ventricular Aneurysm, Circulation 58:887 /1978/
11. *D.S. Berman, D.T. Mason,* Clinical Nuclear Cardiology, Grune & Stratton, New York, 1981
12. *F. Bitter,* et al., Die Bedeutung der Phase der regionalen Zeit-Aktivitätskurven in der Herzfunktionsszintigraphie, 17. Jahrestagung der Gesellschaft für Nuklearmedizin, Innsbruck, 1979
13. *E. Botvinnick, R. Dunn, M. Frais,* The Phase Image, Its Relationship to Patterns of Contraction and Conduction, Circulation 65: 551 /1982/
14. *B.L.Holman,* et al., The Paradox Image: A Noninvasive Index of Regional Left Ventricular Dyskinesis, J. Nucl. Med. 20:1237 /1979/
15. *Mester J., Máté E., L. Pávics* és mtsai, EKG-val kapuzott, ekvilibriumban végzett nukleáris kardiológiai vizsgálatok a balkamrafunkció mérésére /normálértékek/, Cardiol. Hung. /megjelenés alatt/
16. *W.E. Adam,* et al., Regionale Untersuchung des linken Ventrikels mit der Pooltechnik. /Radionuklidventrikulographie/, Der Nuklearmediziner 2 Suppl. 59 /1979/
17. *M. Pähre,* et al., Vergleichende Untersuchung zur Bestimmung der globalen und regionalen linksventrikulären Funktion durch Laevokardiographie, Funktionsszintigraphie und zweidimensionale Echokardiographie, 19. Jahrestagung der Gesellschaft für Nuklearmedizin, Bern, 1981
18. *P.J.Perkins,* The Radioisotopic Diagnosis of False Left Ventricular Aneurysm, Amer. J. Roentgenol. 132:117 /1979/
19. *P. Pretschner,* Parametrische Darstellung Prinzipien, Der Nuklearmediziner 2:91 /1980/
20. *S.E. Sweet,* et al., Left Ventricular False Aneurysm after Coronary Bypass Surgery; Radionuclide Diagnosis and Surgical Resection, Amer. J. Cardiol. 43: 154 /1979/
21. *W.E. Adam, H. Geffers, H. Sigel,* Evaluation of Left Ventricular Function by Radionuclide Angiography, Herz 2:195 /1977/
22. *A. Rozanski,* et al., Use of Thallium-201 Redistribution Scintigraphy in the Preoperative Differentiation of Reversible and Nonreversible Myocardial Asynergy, Circulation 64:936 /1971/

23. *O. Ratib*, et al., Detection of Coronary Artery Disease with Phase Analysis of Gated Blood Pool Studies at Rest and with Exercise, 19. Jahrestagung der Gesellschaft für Nuklearmedizin, Bern, 1981

24. *D.A. Turner, P.L. von Behren, N.T. Ruggie*, Noninvasive Identification of Initial Site of Abnormal Ventricular Activation by Least-Square Phase Analysis of Radionuclide Cineangiogram, Circulation 65:1511 /1982/

*

Lezajlott miokardiális infarktus után kialakult balkamrai aneurizma klinikai gyanuja alapján 55 beteg nukleáris kardiológiai vizsgálatát végeztük el. Az EKG R-hullámával kapuzott, ekvilibriumban végzett adatfelvétel után három értékelő eljárás teljesitőképességét hasonlitottuk össze. 37, a módszerek valamelyike által igazolt diszkinézist a kamrafal mozgásának hurokszerü vetitésével 10, parciális volumengörbékkel, illetve különbségképek alapján 33, illetve 35 esetben mutattunk ki. 39, balkamrai ventrikulográfiával ellenőrzött esetünk alapján a két utóbbi eljárás kombinációjának érzékenységét 90%-osnak, specificitását 88%-osnak találtuk. A gammakamerákhoz kapcsolt, MB-9101 tipusu kisszámitógép-rendszerrel felszerelt hazai izotópdiagnosztikai laboratóriumokban az ismertetett módszerek bevezetését és rutinszerü alkalmazását javasoljuk.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛЕВОЖЕЛУДОЧНОГО ДИСКИНЕЗА /АНЕВРИЗМЫ/ С ПОМОЩЬЮ ЯДЕРНЫХ КАРДИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Мештер, Я., Павич, Л., Матэ, Э., Гал, Т., Чернаи, Л.

Были обследованы 55 больных с помощью ядерного кардиологического обследования, выходя из клинического подозрения аневризма левого желудочка после протекания инфаркта миокарда. После получения в равновесии данных с волной "Р" ЭКГ сравнивались мощности трех методов оценки. Из 37 случаев дискинеза, доказанных с одним из методов, петлеобразное проектирование движения стенки желудочка выявило 10 случаев, частные кривые - 33, и картины разницы - 35 случаев. На основе 39 случаев, проверенных левожелудочковой вентрикулографией, показано, что комбинация двух последних методов имеет чувствительность в 90%, а специфичность - 88%.

Предлагается введение и рутинное применение методов в отечественных изотопно-диагностических лабораториях, снабженных с системой ЭВМ типа МВ-9101 с гамма-камерой.

DEMONSTRATION OF THE LEFT VENTRICULAR DYSKINESIA /ANEURYSM/ WITH NUCLEAR CARDIOLOGICAL METHODS

Mester, J., Pávics, L., Máté, E., Gaál, T., Csernay, L.

The nuclear cardiological examination of 55 patients with suspected left ventricular aneurysm having developed after myocardial infarction was performed. On the basis of the ECG-gated equilibrium data acquisition, the performance of three evaluating methods were compared. From 37 dyskinesia confirmed with one of the methods 10 were demonstrated with movielike presentation of the motion of the chamber wall, 33 with partial volume curves and 35 with difference pictures. On the basis of 39 cases checked by left ventricular angiography it was found that the combination of the last two methods has a sensitivity of 90% and a specificity of 88%.

Authors propose the application of the introduced methods in Hungarian nuclear medical laboratories fitted up with gamma camera add related MB-9101 computer system.

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:125-132 /1983/

PARAMETRIKUS KÉPEK ELŐÁLLÍTÁSA A SUPER-SEGAMS-BAN /FÁZIS- ÉS AMPLITUDÓKÉPEK/

Máté Eörs
A József Attila Tudományegyetem Kalmár László Kibernetikai Laboratóriuma, Szeged, Árpád tér 2, 6720

/Érkezett 1983. január 13-án/

Dinamikus vizsgálatok kiértékelésének egyik korszerü, egyre szélesebb körben alkalmazott módja a *parametrikus képek* előállításához kapcsolódik. A parametrikus képek a leképzett terület müködésének valamely fontos paraméterét tartalmazzák képpé rendezett formában /innen az elnevezés/, igy a dinamikus vizsgálat által tartalmazott, orvosi szempontból lényeges információk tömören, jól áttekinthetően jelennek meg, biztositva a morfológiai és funkcionális jellemzők egyidejü tanulmányozását.

A parametrikus képek előállitása általában nagy központi memóriát és hosszadalmas számitást igényel. Ez különösen nagy nehézséget jelent az olyan kis számitógéppel rendelkező rendszernél, mint a SUPER-SEGAMS. Közleményünkben olyan módszert mutatunk be, amely a lehetőségekhez mérten nagy memóriaterületet ad a feladat megoldásához, ezáltal elfogadható idő alatt elkészithetők bizonyos egyszerübb parametrikus képek. Példaként a szivvizsgálat kiértékelésében egyre fontosabb szerepet betöltő *fázis- és amplitudóképek* előállitásának programját ismertetjük.

PARAMETRIKUS KÉPEK

A dinamikus vizsgálatok kiértékelésének immár klasszikus módja, hogy az összkép vagy valamely részösszegkép alapján un. ROI-kat /region of interest - érdekes terület/ jelölünk ki. A ROI-król idő-aktivitásgörbéket állitunk elő, majd ezeket tanulmányozzuk. A görbék a választott terület összaktivitásának időbeli változását, a kijelölt szerv, szervrészlet funkcióját jellemzik.

A kóros és egészséges szervrészletek elkülönitéséhez, nagyságuknak, alakjuknak, elhelyezésüknek pontos meghatározásához nagyon sok kis ROI-hoz tartozó idő-aktivitásgörbe ismeretére volna szükség. A sok görbe kijelzése viszont zavarná az áttekinthetőséget. Az ellentmondás feloldására az a tény kinálkozik, hogy az orvosi megitéléshez általában nem szükséges a görbék teljes lefutásának tanulmányozása, hanem elegendő a görbék egy vagy néhány jellemzőjének /telődési idő, maximális telődés mértéke, felezési idő stb./ ismerete. Egy-egy paraméter alapján összeállitható egy-egy *parametrikus kep* ugy, hogy minden egyes képponthoz az őt tartalmazó ROI-hoz tartozó idő-aktivitásgörbe megfelelő paraméterének értékét rendeljük. Határesetben - és ez a leggyakoribb - minden pontot külön ROI-nak tekintünk, de kis impulzussürüségü vizsgálatnál előfordulhat, hogy néhány szomszédos pontot összevonunk egyetlen

ROI-vá. Ezáltal ugyan csökken a térbeli felbontás, de csökken a statisztikusságból eredő hiba is.

Sok esetben a meghatározott paraméter értékét valamilyen - esetleg nem lineáris - transzformációnak vetjük alá, hogy a képen élesebben elváljék a normális és kóros müködésü terület.

A fent vázolt módszert MacIntyre[1] és Loken[2] alkalmazta először.

A szivvizsgálat kiértékelésének támogatásához számos paraméter alapján készithetünk parametrikus képet[3]. Közülük a klinikai gyakorlatban a legjobban az un. *amplitudó- és fáziskép* vált be. Az amplitudó azt mutatja meg, hogy mekkora az aktivitás változása, milyen mértékü a sziv összehuzódása, a fázis pedig arra utal, hogy ez az összehuzódás időben mikor zajlik le.

Egész más elven, a *faktoranalizis* alkalmazásával hasonló információtömörités érhető el. A legegyszerübb esetben - a vizsgált szervet és a környezetét is homogén müködésünek feltételezve - az idő-aktivitásgörbék a szervhez és a környezethez tartozó idő-aktivitásgörbék */faktorok/* sulyozott összegeként állithatók elő. A suly a leképezett területen pontról-pontra változik aszerint, hogy az egyes pontok fölött mérhető radioaktivitáshoz milyen mértékben járul hozzá a szerv, és milyen mértékben a környezet. Az egyes faktorokhoz tartozó sulyokat képpé rendezve kapjuk az un. *faktorképet*. A példánknál maradva az egyik faktorkép azt mutatja meg, hogy mekkora az egyes pontokban a szerv hozzájárulása a kialakult radioaktivitáshoz - végső fokon milyen vastag a szerv - a másik ugyanezt a háttérre vonatkozóan. Maguk a faktorok pedig azt irják le, hogy milyen a szerv, illetve a háttér radioaktivitásának időbeli változása, azaz, hogyan müködik a szerv.

A gyakorlatban általában több faktor meghatározására van szükség.

Tul azon, hogy a legfontosabb faktorok és a hozzájuk tartozó faktorképek jelentősen támogatják az értékelő orvos munkáját, elegendően sok faktor és faktorkép meghatározása lehetővé teszi a vizsgálat adatainak kivánt pontosságu rekonstrukcióját is, igy a faktorok és faktorképek tárolásával lényegesen enyhithető az archiválás gondja. A rekonstrukció során a lényegtelen faktorok és a zaj hatása kiküszöbölődik, ezért a rekonstruált vizsgálat "simább", áttekinthetőbb, mint az eredeti.

A faktorok meghatározása akkor segiti igazán a leletező orvos munkáját, ha sikerül fiziológiailag értelmezhető faktorokat találnunk.

A faktoranalizis izotópdiagnosztikai alkalmazásával Schmidlin[4] és Di Paola[5] foglalkozott részletesen.

MATEMATIKAI MODELL, AMPLITUDÓ- ÉS FÁZISKÉP

A szivmüködés jó közelitésben periodikus, ezért az egyes pontjai fölött mért radioaktivitás mértéke is periodikusan változik az idővel, tehát Fourier-

sorba fejthető. Határozzuk meg az ezekhez a függvényekhez tartozó komplex Fourier-sorok fő harmonikusának amplitudó- és fázisértékét! Ezeket az értékeket alkalmazva paraméterként az un. amplitudó- és fázisképet kapjuk.

Vezessük be a következő jelölést:

n a részképek száma, M_k a k-adik részkép, P a fázis, A az amplitudókép mátrixa.

Legyen

$$C = \frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n} M_k \cos((k-1) \frac{2\pi}{n}) \qquad /1/$$

az un. koszinusz-, és

$$S = \frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n} M_k \sin((k-1) \frac{2\pi}{n}) \qquad /2/$$

az un. szinuszkép. Ekkor

$$A = \sqrt{C^2 + S^2}$$

és

$$P = \mathrm{Arctg}(S/C).$$

S/C-n az azonos indexü elemek hányadosaként előálló mátrixot értjük.

AZ ALKALMAZOTT RENDSZER, A SUPER-SEGAMS

A SUPER-SEGAMS nukleáris medicinai képfelvevő és feldolgozó rendszer számitógépe /TPA-i/ 16K /4 db 4K mezős/ memóriáju kis gép. Olyan FORTRAN nyelvü felhasználási programok csatolhatók a rendszerhez, amelyek legfeljebb 8K /a 2. és 3. mező/ központi memóriát foglalnak el, ezen belül 4K /a 2. mező/ nyolcféle overlay fázissal tölthető fel. A program ezenkivül COMMON-ként használhatja a 4K-s képterületet /1. mező/. A SUPER-SEGAMS alapszolgáltatásai WRITE és FORMAT utasitásban meghatározott komplex programok segitségével könnyen elérhetők, és automatikusan végrehajthatók[6-8].

A parametrikus képek felhasználói FORTRAN programmal való előállitásának nehézségei a következők:

- a számitásokat minden egyes képpontra, csaknem 4000 esetben el kell végezni, ezért lényeges, hogy az eljárás gyors legyen. A FORTRAN az indexes változókat azonban, sajnos, viszonylag hosszu futási idejü szubrutin segitségével éri el;

- lebegőpontos aritmetikát kell használni /ez szintén szubrutinok segitségével valósul meg/, vagy fixpontos aritmetika esetén vigyázni kell, nehogy

tulcsordulás torzitsa el az eredményt /nincs ON utasitás!/, ugyanakkor nem szabad leosztani az egyes tagokat, mert akkor nem biztositható a kivánt pontosság;

- a diszkezések számának csökkentésére párhuzamosan sok elemen kell végrehajtani az algoritmust, ami nagy mátrixokat igényel. Ez különösen nagy nehézséget jelent lebegőpontos aritmetikánál, mivel egy lebegőpontos értéket három szóban tárolunk. Nagy tömbök deklarálása FORTRAN programban nehézkes, mert a tömb csak a program mezejében vagy a COMMON mezőn lehet, igy összméretük erősen korlátozva van.

A nehézségek leküzdésére szolgáló eljárásunkkal a parametrikus képek előállitásának lehetőségét az ekvilibriumban végzett szivvizsgálat kiértékelésénél használt amplitudó- és fáziskép meghatározásának példájával fogjuk bemutatni.

ADATFELDOLGOZÁS, PROGRAMOZÁS

Az alkalmazható FORTRAN programozás előzőekben ismertetett nehézségeinek elkerülésére SLANG-1 nyelven irtuk a programot. A program felhasználói programként müködik, de elkészitésekor figyelemmel voltunk a SEGAMS belső szerkezetére, memóriabeosztására, a vezérlő és a komplex programot végrehajtó programjára is.

A program gyors müködésének elsődleges felvétele a megfelelő méretü munkaterület. Ezt a következőképpen értük el.

A program első tevékenysége, hogy diszkre menti a tranziens terület tartalmát, itt ilyenkor a FORTRAN programból átküldendő komplex program fogadását és végrehajtását vezérlő program helyezkedik el. Kimentés után áttárolja saját magát a 2. mezőből a tranziens területre. Ettől a ponttól kezdve mindazon lehetőséget kihasználhatja, ami a közönséges SEGAMS funkcióknak rendelkezésére áll. Diszkre menti a 3. mező tartalmát. A 3. mezőben lehet a MONITOR vagy a felhasználó munkáját segitő valamely más program, amit a fázis- és amplitudókép elkészülte után kiván használni. Itt jegyezzük meg, hogy ha a fázis- és amplitudóképet összetettebb feladat részeként kivánjuk előállitani, akkor éppen ez a kimentés és a későbbi visszamentés biztositja, hogy ezt a 3. mezőbe betöltött főprogrammal megtehessük.

A szövegterület jelzőjét törli, jelezve ezzel, hogy nincs szöveg a szövegterületen.

Ezzel az előkészitéssel elértük, hogy a teljes 1., 2. és 3. mező, valamint a 0. mező fele munkaterületként rendelkezésünkre áll, és szabadon használhatók a vezérlő program szubrutinjai is.

A tulcsordulás veszélyének csökkentésére, $\cos(x+\pi) = -\cos(x)$ és $\sin(x+\pi) = -\sin(x)$ felhasználásával, átrendeztük a számitás magját alkotó /1/ és (2) képletet:

$$C = \frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n/2} (M_k - M_{k+n/2}) \cos((k-1)\frac{2\pi}{n}) \qquad /1'/$$

és

$$S = \frac{2}{n} \sum_{k=1}^{n/2} (M_k - M_{k+n/2}) \sin((k-1)\frac{2\pi}{n}). \qquad /2'/$$

Az átrendezéshez fel kellett tételeznünk, hogy n páros. A későbbi egyszerüsités érdekében azzal a szigorubb megszoritással éltünk, hogy n 2 valamely hatványa, nevezetesen 4, 8, 16, 32 vagy 64.

A tapasztalat szerint $M_k - M_{k+n/2}$ értéke 7 biten előjellel együtt ábrázolható, tehát a legfeljebb 32 tagu összeg nagy biztonsággal elfér az egy szóban lévő 12 biten. Ez alapján dönthettünk a fixpontos aritmetika használata mellett.

C és S meghatározásához a következőképpen osztottuk fel a memóriát: C részletösszegeinek gyüjtésére a 2. mezőt, S-ére a 3. mezőt jelöltük ki. M_k az 1. mezőbe kerül, az $M_k - M_{k-n/2}$ különbség kiszámitásához $M_{k+n/2}$-t félképenként a 0. mezőbe töltjük, a különbség az 1. mezőben képződik. Ezzel az elrendezéssel C és S a részképek egyszeri olvasásával előáll.

Az a megszoritás, hogy n 2 hatványa, lehetővé tette, hogy különböző n-ek esetén ugyanazt a 16 elemü cos-táblázatot (0 - π/2-ig) használjuk a koszinusz- és szinuszérték meghatározására.

Az $(M_k - M_{k+n/2}) \cos((k-1)\frac{2\pi}{n})$ érték kiszámitása a különbségmátrix és a koszinuszérték ismeretében elvileg kb. 4000 szorzást igényel, de szorzótábla összeállitásával - amire a 0. mezőben ilyenkor már van helyünk - lényegesen meggyorsithatjuk a szorzást. A szorzótábla kétszeres pontosságu összeadásokkal folyamatosan előállitható. A táblában már elegendő az egyszeres pontosság, hiszen az összegzés után kapott mátrixot utána ugyis szorozni kell 2/n-nel.

C és S ismeretében $A = \sqrt{C^2 + S^2}$-et négyzettáblával határozzuk meg. A négyzettábla számára szintén a 0. mezőben tudtunk helyet biztositani. A táblát egyaránt használjuk a négyzet és a négyzetgyök meghatározására. A négyzetgyököt felezéssel keressük. A négyzettáblát kétszavas pontossággal kellett összeállitanunk. Az összeállitáshoz a $0^2 = 0$ és az $(n+1)^2 = n^2 + 2n + 1$ összefüggést használtuk fel.

Jelölje c és s a C és az S mátrix azonos helyzetü elemét. Arctg(s/c) értékének meghatározását visszavezettük az első térnegyedbeli Arctg(|s/c|) szög meghatározására. Az Arctg(x) = π/2 - Arctg(1/x) összefüg-

gés alapján további redukciót hajtottunk végre: |s/c| és |c/s| közül a kisebbet választva 0 és π/4 közé eső szög értékét kellett meghatározni. A további felhasználás szempontjából elegendő volt a [0, π/4] intervallumon az Arctg(x) függvényt lineáris közelitéssel meghatároznunk.

A és P munkaterületre való irásával az amplitudó- és fáziskép elkészült, de a részképek zajossága miatt nemcsak a sziv vetületében találunk 0-tól különböző amplitudóértéket, továbbá a fáziskép nagyon zajos a kis amplitudóju helyeken, ezért, a képek jobb áttekinthetősége, értékelhetősége céljából, további feldolgozásra van szükség. Ehhez már SEGAMS funkciók is felhasználhatók, ezért a program visszatárolja magát az eredeti helyére, elvégzi a visszamentést, és ugy folytatja a müködését.

Az amplitudókép expanziója után a K_1 és K_2 empirikus állandó alapján megállapitja, hogy a kép mely területei tartoznak a szivhez. Szivhez tartozónak tekint minden olyan képpontot, ahol az amplitudó értéke

- nagyobb mint K_1, vagy
- nagyobb mint K_2, és szomszédos legalább egy, már korábban szivhez tartozónak itélt képponttal.

Ez az eljárás általában jó eredményt szolgáltat, de ha az értékelő nincs vele megelégedve, akkor módjában áll hagyományos ROI technikával más területet kijelölni. Mind az amplitudó-, mind a fázisképnek a kijelölt területen kivüli részét nullázza a program.

A képek ilyen értelmü tisztitása után a program a fázisképről hisztogramot készit. Az amplitudókép, a fáziskép és a hisztogram, esetleges további feldolgozás céljára, munkaterületre kerül, a szines tévén pedig egyidejüleg látszik kicsinyitett formában az amplitudó- és fáziskép, valamint a fázishisztogram a vizsgálathoz tartozó összegkép társaságában.

A fázis- és amplitudóképet előállitó program a klinikai gyakorlatban jól bevált, az alkalmazott egyszerüsitéseknek köszönhetően müködési sebessége nem marad el a lényegesen jobb hardware adottságu nyugati rendszerek hasonló célu programja mögött. A teljes program futási ideje kb. 40 másodperc, ami még interaktiv használat esetén is elviselhető.

KLINIKAI FELHASZNÁLÁS

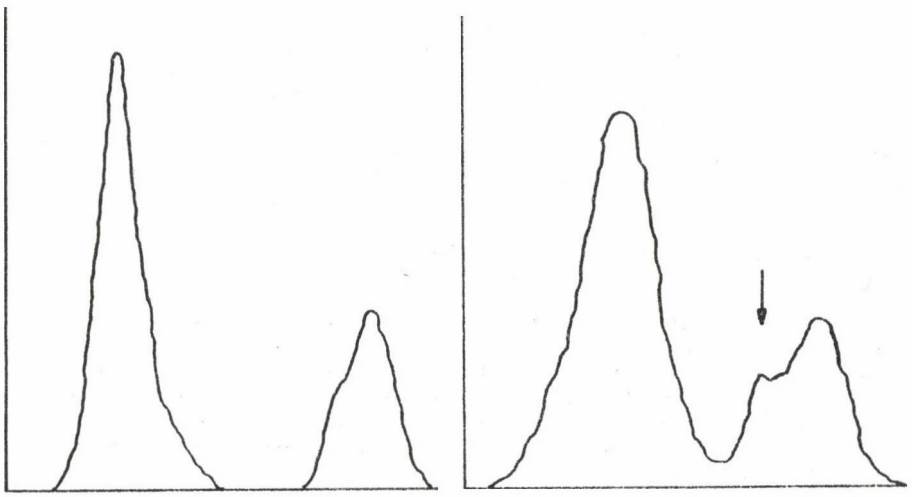
Az amplitudóképen jól látható, hogy mely területek mozgása kielégitő, melyeké nem, a fázisképen, hogy az egyes területek mozgása szinkronban van-e; ennek megitélését segiti a fázishisztogram is.

Az amplitudókép alapján jól el lehet különiteni, hogy a kamrafal mely részletei huzódnak össze normálisan, mely részei mozognak csökkent mérték-

ben. Ha a vizsgálat összegképével összevetjük az amplitudóképet, az is kitünik, hogy a kamrafal mely része nem mutat mozgást. Az amplitudóképen ugyanis töröltük azt a területet, ahol kis értékek mutatkoznak, pedig előfordulhat, hogy a szivizom betegsége miatt a szív bizonyos részei nem mutatnak mozgást. Tekintve, hogy ezek a részek is nagy vértartalmuak, az összegképen nagy aktivitásu területként jelennek meg. Ebben az esetben éppen az a diagnosztikus értékü, hogy az összegképen a terület szivhez tartozónak látszik, ugyanakkor az amplitudóképen nem.

A fázisképen élesen elválnak a kamrák a pitvaroktól; világosan kirajzolódik az is, ha a kamrafal valamely részének összehuzódása késik, vagy ha az a többi falrészlethez viszonyitva paradox módon mozog. Jól felismerhető ily módon az ingerületvezetési zavar is.

Egészséges szivnél a hisztogramnak két jól elkülönült része van: az egyik a kamrákhoz, a másik a pitvarokhoz tartozó szögértékek tartományában. Kóros esetben ezek a csucsok ellaposodnak, esetleg közöttük aneurizmára utaló harmadik csucs jelenik meg /1. ábra/.



1. ábra

Egészséges személy és aneurizmás beteg fázishisztogramja.
A nyil az aneurizmára utaló csucsra mutat.

Фазовые гистограммы контрольного и больного аневризмой.
Стрелка показывает пик, ссылающийся на аневризму

Phase histograms of normal and aneurismic patient. Arrow shows a peak referring to aneurism

eg

IRODALOM

1. *W.J. MacIntyre, J.H. Christi*, A Comparison of Data Averaging of Radioisotope Scan Data by Photographic and Dimensional Computer Techniques, Medical Radioisotope Scintigraphy I. I.A.E.A, Vienna, 1969, 771

2. *M.K. Loken, J.R. Medina,* et al., Regional Pulmonary Function Evaluation Using Xenon-133, a Scintillation Camera and Computer, Radiology 93 /1969/ 1261

3. *W.E. Adam, A. Tarkowska,* et al. Equilibrium /Gated/ Radionuclide Ventriculography, Cardiovasc. Radiol. 2 /1979/ 161

4. *P. Schmidlin, J. Clorius, W.J. Lorenz,* Pattern Recognition in Renography, Information Processing in Medical Imaging, INSERM 88 /1979/ 335

5. *R. Di Paola, J.P. Bazin,* et al., Developments in Data Processing in Nuclear Medicine Imaging, Izotóptechnika 25 /1982/ 94

6. *Máté E., Csernay L.,* A SUPER-SEGAMS vezérlése FORTRAN programból. NJSZT 11. Kollokvium /megjelenés alatt/

7. *E. Máté, L. Csernay, J. Csirik, Á. Makay,* Construction and Clinical Application of Complex Utility Programs in the SEGAMS-80, Medical Radionuclide Imaging, 1980, Vol. 1. Vienna, 1981, 351

8. *Máté E.,* Komplex értékelési lehetőségek a SEGAMS-80-ban, Izotóptechnika 25 /1982/ 40

*

Ismertetjük a parametrikus képek fogalmát, az előállitásuk során felmerülő főbb nehézségeket. Bemutatjuk a szivvizsgálatok kiértékelésében egyre fontosabb szerepet betöltő fázis- és amplitudóképek előállitásának matematikai modelljét. Részletesen tárgyaljuk azokat a számitástechnikai módszereket, amelyek lehetővé tették, hogy interaktiv használat mellett is elfogadható idő alatt tudjunk fázis- és amplitudóképeket készíteni a SUPER-SEGAMS segitségével. Röviden utalunk a fázis- és amplitudóképek klinikai értelmezésére is.

СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ КАРТИН С ПОМОЩЬЮ СУПЕР-СЕГАМС
Матэ, Э.

Излагаются понятие параметрических картин, а также трудности, связанные с их получением. Представляется математическая модель создания фазных и амплитудных картин, играющих все более и более важную роль в анализе медицинского осмотра сердца. Дискуссируются математические методы, делающие возможным в достаточно короткое время приготовление фазовых и амплитудных картин интерактивным использованием СУПЕР-СЕГАМС. Упоминается и клиническое истолкование фазовых и амплитудных картин.

PRODUCTION OF PARAMETRIC SCANS IN THE SUPER-SEGAMS /Phase and Amplitudo Scans/
Máté, E.

The concept of the parametric scans and the main problems arising during their production is introduced. The mathematical model of the production of the phase and amplitude scans ply a more and more important role in the evaluation of heart examinations. Computer techniques are discussed which have made possible to produce phase and amplitude scans with the aid of SUPER-SEGAMS, in acceptable time, even by interactive usage. Mention is made of the clinical interpretation of phase and amplitude scans, too.

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:133-143 /1983/

GAMMAKAMERA SPECIFIKÁCIÓS PARAMÉTEREI EGYENLETES ÉS LOKÁLIS IMPULZUSTÚLTERHELÉSNÉL

Keszthelyiné Lándori Sára[1], Adorjánné Farkas Magdolna[1], Csirik János[2]

[1]Gamma Müvek, Budapest, Pf. 1, 1509

[2]A József Attila Tudományegyetem Kalmár László Kibernetikai Laboratóriuma, Szeged, Árpád tér 2, 6720

/Érkezett 1983. január 18-án/

A szcintillációs gammakamera végső minősitő vizsgálata során a kamera specifikációs paramétereit /uniformitás, energiafelbontás, helyfelbontás és linearitás/ közepes impulzussürüség mellett szokás vizsgálni. A kórházi gyakorlatban azonban - különösen a kardiológiai dinamikus betegvizsgálat során - a kamera detektorát nagy impulzussürüséget adó sugárzás éri, ezért lényeges, hogy ezeket a paramétereket nagy impulzussürüség /kb. 75 kcps/ mellett, egyenletes és lokális tulterhelés esetén is meghatározzuk.

MÓDSZER

A Picker DC 4/12 tipusu kamerára vonatkozó licence alapján gyártott, Gamma MB 9100 tipusu gammakamera impulzusterhelés alatti viselkedését vizsgáltuk. A mérés kiértékelését egyrészt a kamerához csatolt Gamma MB 9101/A tipusu adatfeldolgozó rendszer speciális, u.n. SEGAMS célprogramjával, másrészt a KFKI ICA 70 tipusu sokcsatornás analizátorához kapcsolt, TPA-L tipusu számitógépes mérőrendszerrel végeztük.

ÁLTALÁNOS SZEMPONTOK

A paramétereket kollimátor nélküli kamerán mértük. Az uniformitás és energiafelbontás meghatározásánál gyürüfantomot, a helyfelbontás és linearitás mérésénél NEMA csikfantomot használtunk. A gyürüfantom, mint ismeretes, a detektor felületére helyezett ólomgyürü, amelynek belső átmérője a kameradetektor hasznos átmérője.

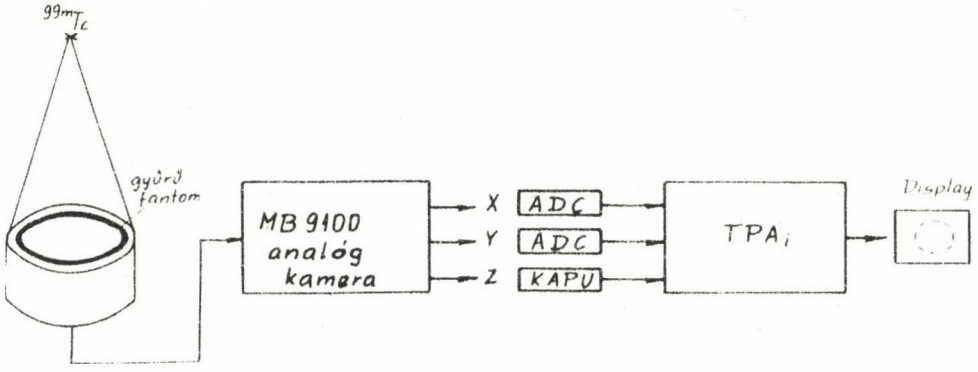
A NEMA csikfantom 3,15 mm vastag ólomtárcsa, amelyen 30 mm távolságban 1 mm széles párhuzamos rések vannak kimarva. A mérési elrendezés kialakitásánál egyrészt a Picker előirásai, másrészt az 1980-ban megjelent NEMA /National Electronic Manufacturers Association, USA/ nemzetközi érvényü standard ajánlásai voltak irányadók.[1]

A mérés hibájaként a szórást adtuk meg, amelyet egy-egy paraméter 10 /egymásutáni/ ismételt mérésének adatából számitottunk ki.

Az impulzussürüséget minden esetben az analóg kamerán beállitható 20%-os ablakszélesség mellett, a kamera scalerével határoztuk meg.

UNIFORMITÁS

Mint ismeretes, ez a paraméter a párhuzamos sugárnyalábbal előállitott "homogén" kép rendszerhiba /pl. nonlinearitás/ okozta eloszlási hibáit jellemzi. A mérés tömbvázlata az 1. ábrán látható.



1. ábra

Az uniformitásmérés tömbvázlata

Блок-схема измерения однородности

Block diagram of uniformity measurements

Az elkészitett felvétel az MB 9101/A digitális adatfeldolgozó rendszer display-jén 64x60-as méretü digitális képként jelenik meg. Ebből kb. 2600 képpont /cella/ szolgáltatja a hasznos információt, a többi a hátteret reprezentálja.

Az egyes cellákra jutó impulzusok száma a SEGAMS u.n. ROI /Region Of Interest/ tábláján található funkciók segitségével határozható meg.

Mivel a ROI-k tetszőleges számu cellát tartalmazhatnak, ezért lehetőségünk van tetszőleges alaku és nagyságu területek összimpulzusszámának összehasonlitására is.

A mérési időt ugy állitottuk be, hogy a digitális kép minden "hasznos" képpontja legalább 1000 impulzust tartalmazzon. A különböző impulzussürüségégek mellett felvett képeket három módszerrel értékeltük ki. Az eljárások a felhasznált ROI-k alakjában és elhelyezkedésében különböztek egymástól. Mindhárom módszer, illetve értékelő program az u.n. integrális nonuniformitást számitja ki:

$$U = \frac{N_{max} - N_{min}}{N_{max} + N_{min}} \cdot 100\%$$

ahol az N_{max}, illetve N_{min} az adott alakú és kiterjedésü ROI-ba a mérési idő alatt beérkező impulzusok számának legnagyobb, illetve legkisebb értéke, a képen belül elhelyezhető összes ROI-adatból számolva. A figyelembe vett képátmérő is kétféle lehet:

- a teljes detektor átmérő: UFOV /Useful Field of View/,
- a 20%-kal csökkentett detektorátmérő: CFOV /Central Field of View/.

A *Picker*-módszer az uniformitást CFOV esetében adja meg. További megszoritás, hogy a kép felületén belül csak a -60°, +60° és 0°-os tengelyek mentén elhelyezhető 3·10 = 30 cellát tartalmazó ROI-ban lévő impulzusszámokból határozza meg az uniformitást. Ez esetben bizonyos képrészek szisztematikusan kimaradnak az értékelésből.

A *Gamma*-módszerrel mért adatok szintén a CFOV-ra vonatkoznak. A módszer azonban *ezen a területen belül minden* olyan helyet figyelembe vesz, ahol egy 5·5 = 25 cellát tartalmazó ROI-t el tud helyezni.

A *NEMA* módszer CFOV és UFOV esetben is elő van irva. A ROI-ban lévő *cellák száma* ebben az *esetben 1*. A mérések statisztikus hibájának korrigálása miatt itt azonban egy, a standardban előirt u.n. kilencpontos simitást kell a digitális képen elvégezni a kép értékelése előtt[2].

ENERGIAFELBONTÁS

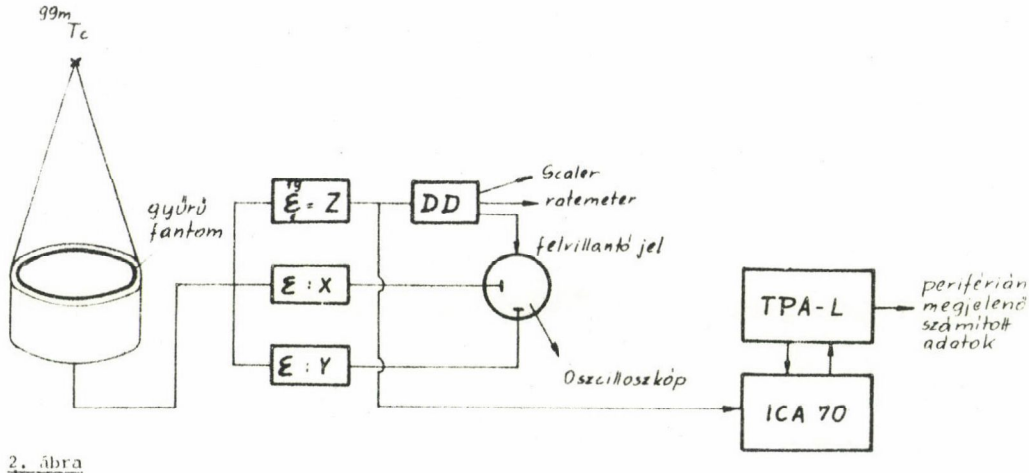
Ez a paraméter a kameradetektor, mint 19 fotoelektronsokszorozóval müködő szcintillációs detektor /szcintiblokk/ magfizikai jellemzője. Mint minden ilyen szcintillációs rendszernél, a kimenő jelek analizálása itt is csak az egyes fotoelektron-sokszorozóból jövő jelek összegzése után lehetséges.

Az összegzés után kapott spektrumban megjelenő fotocsucs *relativ félértékszélessége* a mért izotóp energiájára vonatkozó energiafelbontás. A kamera esetében az összegjelet a dekóder panel egyik mérőpontjáról lehet megkapni /2. ábra/.

Az energiafelbontás, mint ismeretes, a kristályban egy szcintillációban keletkezett primér fotonok számának szórásával arányos fizikai mennyiség. Ez a szórás elvi korlátot szab a kamera helyfelbontásának, amellyel korrelációban van. Az energiafelbontás mérésére tehát ezért van szükség.

A méréshez a 2. ábrán látható elrendezést használtuk. A változó impulzussürüséget különböző aktivitásu $^{99}Tc^{m}$ források adták.

A spektrumfelvétel és a mérés kiértékelése az ICA 70 TPA-L szcintillátor bemérő rendszer programjával készült.



2. ábra

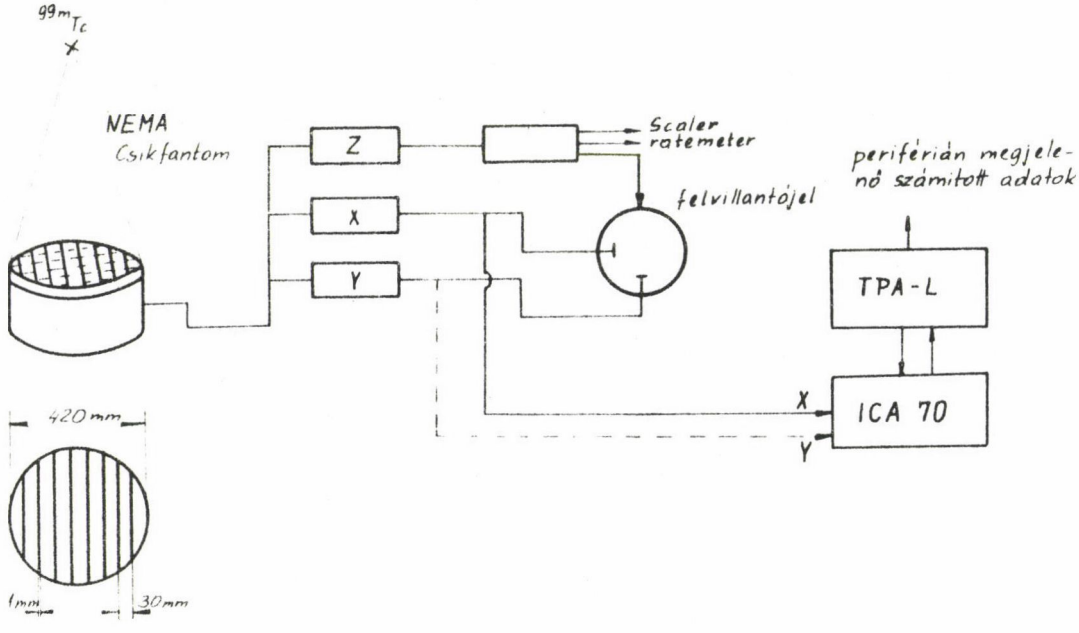
Az energiafelbontás mérésének tömbvázlata az MB 9100 analóg kamerán

Блок-схема измерения энергетического расрешения на аналоговой гамма-камере типа МВ-9100

Block diagram of the energy resolution measurements on the analogue camera MB 9100

HELYFELBONTÁS ÉS LINEARITÁS

A helyfelbontás, illetve linearitás méréséhez az analóg kamera képet alkotó X, illetve Y jeleit használtuk fel, azaz az oszcilloszkópra /fotoszkóp/ kerülő koordinátajeleket /3. ábra/.



3. ábra

A helyfelbontás és linearitás mérésének tömbvázlata MB 9100 analóg kamerán

Блок-схема измерения пространственного разрешения и линеарности на аналоговой гамма-камере

Block diagram of spatial resolution and linearity measurements on the analogue camera MB 9100

Ha a detektor és a sugárforrás közé ugy helyeztük el a NEMA csikfantomot, hogy a rések, amelyek a sugárzást átengedik, az Y tengellyel legyenek párhuzamosak, akkor az X jelek eloszlásában, ha pedig a fantomot 90°-kal elforgatva a rések az X tengellyel voltak párhuzamosak, akkor az Y jelek eloszlásában jelennek meg csucsok a sokcsatornás analizátoron.

A mérőprogram ezeket a csucsokat mérte, és értékelte. Az értékelésnél a NEMA standard ajánlásai voltak irányadók[1]. A felbontás értékelésénél csak a félértékszélességet /FWHM/ vettük figyelembe, a kontrasztot jobban kifejező tizedértékszélesség /FWTM/ a mérő elektronika impulzusterhelési problémái miatt nem volt használható.

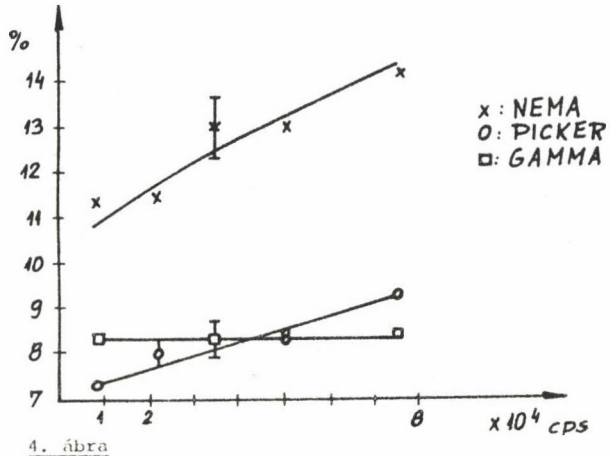
Itt jegyezzük meg, hogy a mért félértékszélesség tulajdonképpen az irodalomban ismert u.n. vonalszórás, amely a vizuálisan értékelhető csikfelbontásnak /Resolved Minimal Load Spacing: RMLS/ 1,75-szöröse[3].

A linearitás mérésénél a differenciális linearitás, azaz a csucsok ideális helyétől való eltérés standard deviációját adtuk meg CFOV esetben oly módon, hogy a fantomot ólommal leárnyékolva csak a középső 30 mm-es csikot érte sugárzás. Ezzel azt értük el, hogy egyrészt a detektor középső /lineáris/ részét vizsgáltuk, másrészt az analizátoron megjelenő eloszlási csucsok közel azonos magasságuak lettek[1]. A mérést vizszintes /X tengellyel párhuzamos/ és függőleges /Y tengellyel párhuzamos/ helyzetben is elvégeztük.

MÉRÉSI EREDMÉNYEK

a/ AZ UNIFORMITÁS VÁLTOZÁSA 7,5 kcps ÉS 75 kcps KÖZÖTT

Az eredményeket a 4. ábrán tüntettük fel. Látható, hogy a Gamma program által meghatározott értékek a mérési hibán belül függetlenek az impulzussürüségtől. A NEMA és a Picker programmal meghatározott uniformitás ebben a tartományban a hibahatáron tuli kis mértékü változást mutat. Ez részben azzal magyarázható, hogy a NEMA integrális uniformitásban definiált egycellás értékelés érzékenyebben mutatja a szélhatás által megváltozott átlag miatti uniformitásváltozást. Az analóg képek összehasonlitása /5. ábra/ nem mutat értékelhető uniformitásromlást.

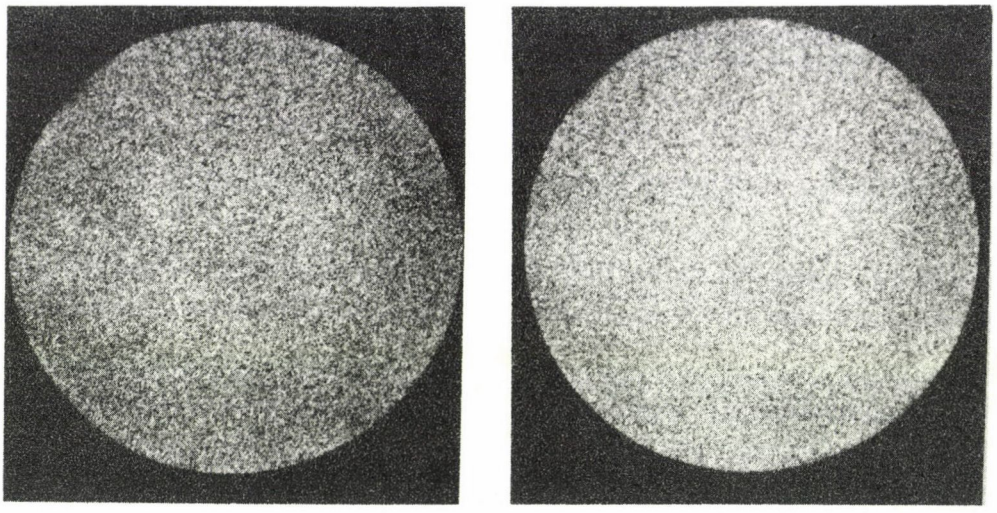


4. ábra

A nonuniformitás változása az impulzussürüséggel

Изменение неоднородности в зависимости от плотности импульсов

Nonuniformity versus pulse rate



18 kcps 75 kcps

5. ábra

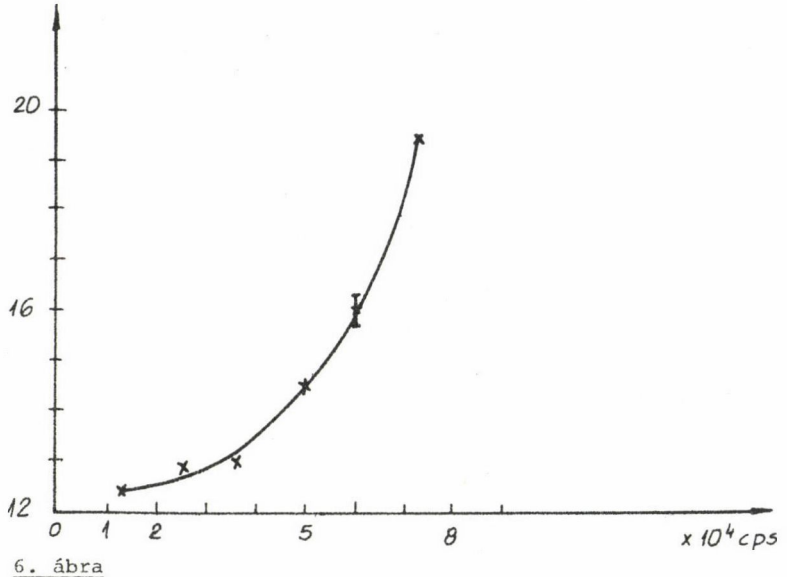
Homogén felvételek 18 és 75 kcps esetén

Однородные снимки в случае 18 и 75 кимп/с

Flood pictures at 18 and 75 kcps

b/ AZ ENERGIAFELBONTÁS VÁLTOZÁSA 7,5 kcps és 75 kcps KÖZÖTT

Az eredményeket a 6. ábrán tüntettük fel. A 7. ábra a két szélső impulzussürüség esetén felvett energiaspektrumot mutatja. Látható, hogy az analizátorral kapott spektrum az impulzussürüség növelése miatt erősen torzul, a fotocsucs kiszélesedik, a szórt sugárzás mennyisége megnő, és a felszálló ágat feltölti, a pile-up-nak megfelelő, kétszeres energiát reprezentáló csucs pedig erősen jelentkezik, és a leszálló ágat huzza le. Ez magyarázza a 6. ábrán látható erős növekedést.

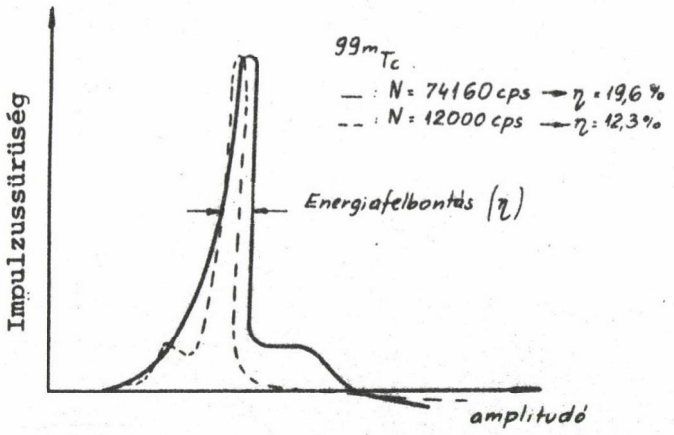


6. ábra

Az energiafelbontás változása az impulzussürüséggel

Изменение энергетического разрешения в зависимости от плотности импульсов

Energy resolution versus pulse rate



7. ábra

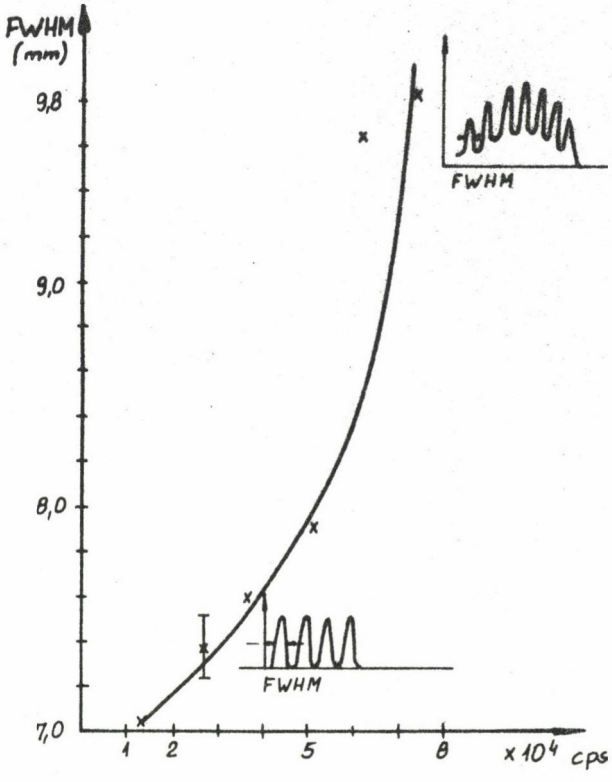
$^{99}Tc^{m}$ spektrumok 12 és 74,12 kcps esetén

Спектры изотопа $^{99}Tc^{M}$ в случае 12 и 74,12 кимп/с

$^{99}Tc^{m}$ spectra at 12 and 74.12 kcps

c/ A HELYFELBONTÁS VÁLTOZÁSA 7,5 kcps ÉS 75 kcps KÖZÖTT

Az eredményt a 8. ábrán tüntettük fel. A 9. ábra a NEMA fantom, a 10. ábra pedig a Picker kvadráns csikfantom két szélső impulzussűrűség esetén felvett képét mutatja.

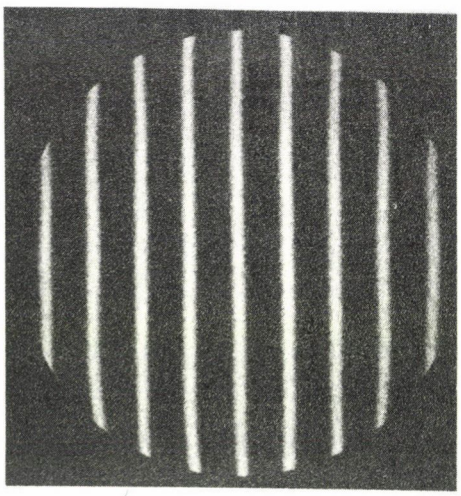


8. ábra

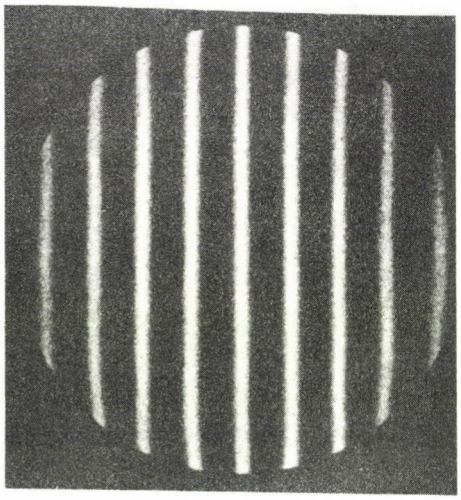
A helyfelbontás változása az impulzussűrűséggel

Изменение пространственного разрешения в зависимости от плотности импульсов

Spatial resolution versus pulse rate



7 kcps



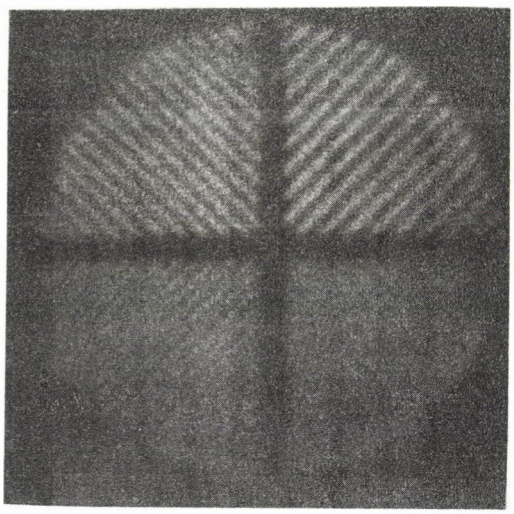
70 kcps

9. ábra

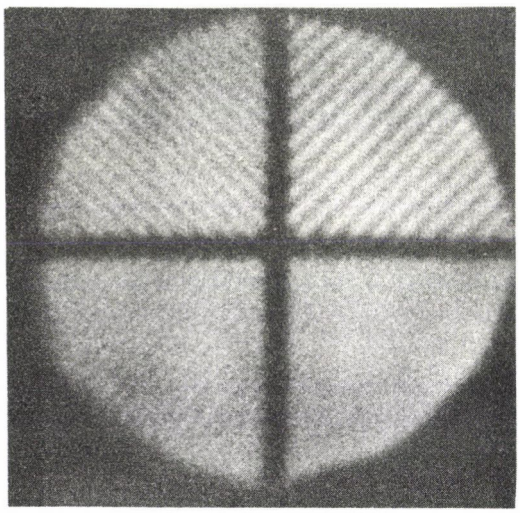
NEMA csikfantom képe 7 és 70 kcps esetén

Картинка полосатого фантома NEMA в случае 7 и 70 кимп/с

The picture of the NEMA phantom at 7 and 70 kcps



7 kcps



75 kcps

10. ábra

Csikfelbontás /RMLS/ kvadráns csikfantommal

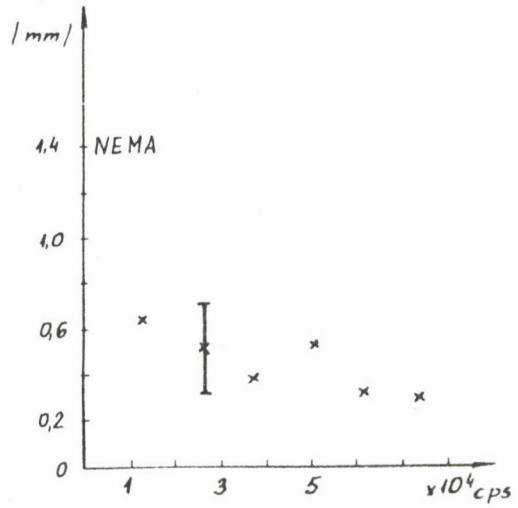
Полосатое разрешение с квадратичным полосатым фантомом

Spatial resolution /RMLS/ with quadrant bar phantom

A NEMA fantomnál a helyfelbontás romlását a csikok kiszélesedése, a Picker fantomnál a bal alsó szektor /kb. 4 mm/ kismértékü elmosódottsága jelzi. A 8. ábra numerikus adatai ennél jóval nagyobb mértékü változást mutatnak. Az analizátoron kapott eloszlási csucsok azonban, a mérőrendszer tulterhelése miatt, nagy impulzussürüségnél erősen torzulnak, ezért a mért értékeket a görbe alapján kb. 50 kcps-ig lehet elfogadni.

d/ A LINEARITÁS VÁLTOZÁSA 7,5 kcps ÉS 75 kcps KÖZÖTT

A mérési eredményeket a 11. ábrán tüntettük fel. Látható, hogy a differenciális nonlinearitás a mérési hibán belül azonos marad. A mérőrendszer előbb emlitett hibája itt az értékelés miatt nem játszik szerepet.



11. ábra

A linearitás változása az impulzussürüséggel

Изменение линейности в зависимости от плотности импульсов

Linearity versus pulse rate

A mért csucsok helyének parabolaillesztéssel való meghatározása után az ideálistól való eltérésüket a legkisebb négyzetek módszerével határoztuk meg[1], a differenciális nonlinearitás pedig éppen ezen eltérések szórását jelenti.

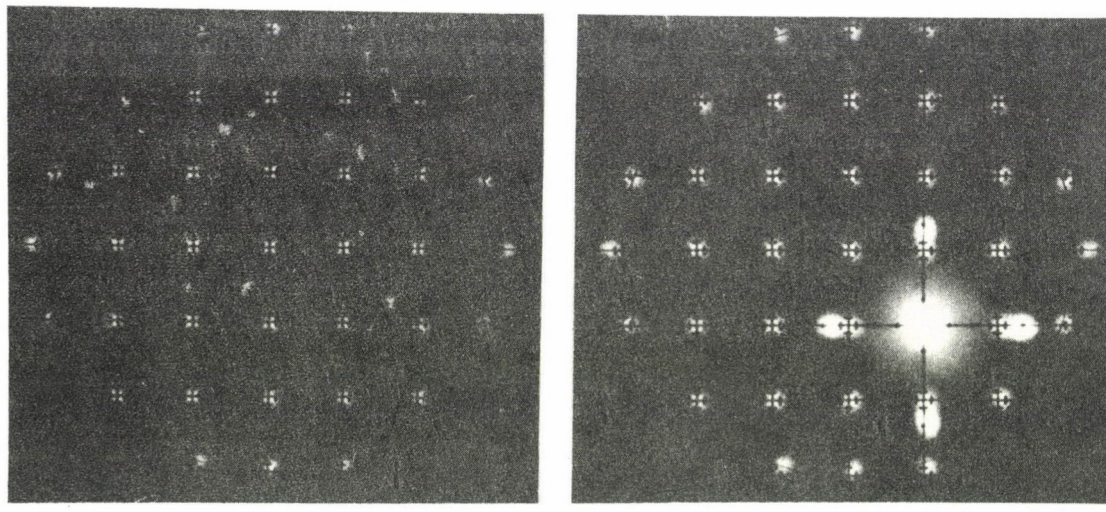
Az eddigiekben egyenletes megvilágitást, parallel sugárnyalábot használtunk. A linearitást azonban lényeges megvizsgálni lokális tulterhelés esetében is.

A kamera felületére a kamera szabályozásánál közismert u.n. "bead" forrást /37, négyzetes elrendezésü, kb. 110 kBq /3 µCi/ aktivitásu ^{57}Co forrást/ helyeztünk, majd egy pontban, intenziv pontforrással, kb. 50 kcps impulzussürüséggel, lokálisan tulterheltük a detektort. A 12. ábrán megfigyelhető, hogy a tulterhelt "bead" pont környezetében lévő pontok helyzete nem változik, tehát a *linearitás lokális tulterhelésre is érzéketlen.* A tulterhelt pont környezetében lévő négy pontnál megjelenő erősebb tojásalaku foltokat a fantom "bead" résein a nagy aktivitásu forrásból átszóródó sugárzás okozza, ugyanakkor az eredeti "bead" pontok a helyükön maradnak.

KÖVETKEZTETÉS

A nagy tulterhelés - a mérőrendszer érzékenységét figyelembe véve - a legerősebben az energiafelbontást és a helyfelbontást befolyásolja.

Az uniformitásnál ez a hatás gyakorlatilag elhanyagolható, a linearitást pedig a mérési hibán belül egyáltalán nem befolyásolja, sem egyenletes, sem lokális tulterhelés esetében.



10 kcps 50 kcps

12. ábra

A lokális tulterhelés hatása a linearitásra

Вдияние локальной перенагрузки на линеарность

Effect of local overloading on linearity

IRODALOM

1. *R. Sano*, Performance Standards - Characteristics and Test Conditions for Scintillation Cameras, Int. Symp. Medical Imaging, Heidelberg, 1980
2. *G. Muehllehner, R.H. Wake, R. Sano*, Standards for Performance Measurements in Scintillation Cameras, Nucl. Med. 22 /1981/ 72
3. *P. Paras, G.J. Hine, R. Adams*, Latest Developments in Gamma Camera Performance Testing: Resolution Measurements, Proc. Third World Congress Nucl. Med. Biol. Paris, 1982, Vol. 4, 2892

*

A kamera specifikációs paramétereit általában kis impulzussürüségnél és egyenletes besugárzás esetére adják meg. Egy hagyományos gammakamera-rendszert /a Picker 4/12 tipusu szabadalma alapján gyártott GAMMA MB 9100 tipust/ vizsgáltunk a Picker-előirás és a NEMA standard alapján. Az uniformitást, linearitást és a hely- és energiaflebontást nagy impulzussürüség és egyenletes besugárzás mellett /egyenletes tulterhelés/ mértük, a linearitást lokális tulterhelés mellett tanulmányoztuk.

A linearitást, hely- és energiafelbontást a KFKI 1024-csatornás analizátorhoz kapcsolt számitógépes mérőrendszerrel mértük, az adatokat a NEMA standard alapján értékeltük, beleértve az uniformitást is, amelyet a Gamma adatfeldolgozóval, speciális SEGAMS programmal mértünk, és értékeltünk.

A paraméterek változását 7500 cps és 75 000 cps között vizsgáltuk. A hely- és energiafelbontás erősen, az uniformitás alig, a linearitás pedig egyáltalán nem változott az impulzussürüséggel. A linearitást erős lokális tulterhelés sem befolyásolta.

ИСПЫТАНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГАММА-КАМЕРЫ ПРИ РАВНОМЕРНОЙ И ЛОКАЛЬНОЙ ПЕРЕГРУЗКЕ ИМПУЛЬСОВ

Кестхейи-Ландори, Ш., Адорян-Фаркаш, М., Чирик, Я.

Специфические параметры гамма-камеры обычно представляются при низкой плотности импульсов и в случае равномерного облучения. Была испытана конвенциональная гамма-камера типа МВ 9100 производства Комбината Гамма по лицензии фирмы Пиккер, соответствующая гамма-камере типа Пиккер 4/12 по указаниям фирмы Пиккер и стандарту NEMA. Был проведено измерение однородности, линеарности и энергетического и пространственного разрешения при высокой плотности импульсов и равномерном облучении /равномерная перенагрузка/, изучение линеарности проводилось при перенагрузке.

Измерение линеарности, энергетического и пространственного разрешения было проведено измерительной системой с ЭВМ, подключенной к многоканальному анализатору типа KFKI 1024. Оценка данных проводилась по стандарту NEMA, в том числе и однородность, измерение и оценка которой было проведено системой обработки данных гамма-камеры, производимой Комбинатом Гамма, с помощью специальной программы SEGAMS.

Изменение параметров было испытано импульсами с частотой 7500-75 000 имп/с. Было установлено, что энергетическое и пространственное разрешение сильно изменились. однородность чуть-чуть изменилась, а линеарность не изменилась при изменении плотности импульсов. На линеарность сильная локальная перенагрузка не влияла.

TESTING CAMERA PERFORMANCE STANDARDS AT OVERALL AND LOCAL OVERLOADING

Keszthelyi-I ndori, S., Adorján-Farkas, M., Csirik, J.

Camera performance standards are usually given at low count rate and uniform irradiation. A conventional analogue gamma camera system /Gamma MB 9100 manufactured under the know-how of Picker DC 4/12 in Hungary/ was studied on the basis of the Picker test procedure and the NEMA standard system.

Uniformity, linearity, spatial and energy resolution were measured at high count rate and uniform irradiation /overall overloading/; linearity was studied at local irradiations. Linearity, spatial and energy resolution were measured by a 1024-channel analyzer-computer system of KFKI Hungary, the data were evaluated on the basis of NEMA standards including uniformity which was measured by a Gamma MB 9101/ data processing system and evaluated by special SEGAMS programmes.

Performance variation was studied between 7500 cps and 75.000 cps pulse rate. Spatial and energy resolution changes strongly, uniformity slightly with pulse rate, while linearity does not change at all. Linearity is not influenced by local overloading either.

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:144-155 /1983/

ISCHAEMIÁS SZIVBETEGEK SZÍVIZOMZATÁNAK PERFÚZIÓS SZCINTIGRÁFIÁJA HAZAI CÉZIUM--131-KLORIDDAL

Horváth Mihály[1], Kármán Miklós[1], Bábiczky Tibor[1], Németh László[1], Törkő János[2]

[1]Állami Szivkórház, Balatonfüred, 8230
[2]Az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf.77, 1525

/Érkezett 1983. január 19-én/

A kálium jellegü radioizotópokkal végezhető szivizomszcintigráfiáról szóló első közlés, ^{131}CsCl-ra vonatkozóan, Carrtól és munkatársaitól származik, 1964-ből[1]; ezt követték Burguet és Merchie[2], Sheyretova és munkatársai[3], Brochier, R. Raynaud, Planiol és munkatársaik közlései[4], akik a krónikus ischaemiás perfuziós zavarok és hegek kimutatásán tulmenően akut miokardiális infarktusban /AMI/ való felhasználhatóságát is bizonyitották, és párhuzamosan szivüregi vérpooltérképezést is végeztek.

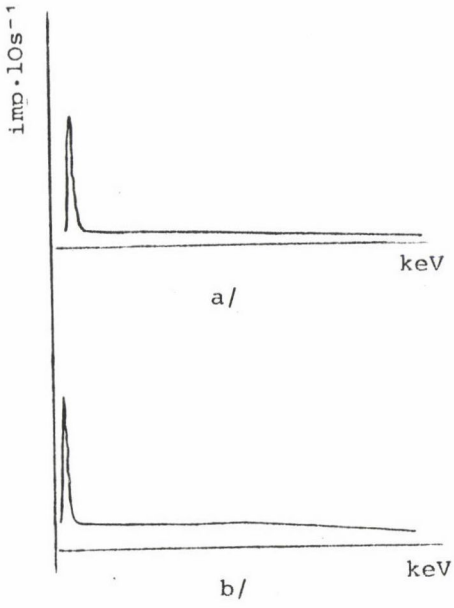
Az utóbbi időben az ugyancsak kálium jellegü miokardiális ^{201}TlCl-szcintigráfia háttérbe szoritotta a radiocéziumosat /még a kedvezőbb ^{129}Cs-ost is/, mivel a cézium, lassu kinetikájánál fogva, terhelési vizsgálatra alkalmatlan; de szerepet játszik az is, hogy a ^{131}Cs kis γ-energiájánál fogva /29 keV/ nem felel meg szcintillációs gammakamerás vizsgálatra. Mindennek ellenére, miután a miokardiális ^{131}Cs-szcintigráfia hazai előállitásu ^{131}CsCl-dal, ha nem is olcsón, de deviza nélkül végezhető, jogos a kérdés, melyek azok a területek, ahol ésszerü alkalmazása még manapság is szóba jöhet.

MÓDSZEREK ÉS BETEGANYAG

A ^{131}CsCl-t az MTA Izotópintézetében állitották elő, és a sterilis készitményt közhasználatra az Egészségügyi Minisztérium 1982-től engedélyezte. A hetvenes évek közepén Horváth Mihály összehasonlitotta az akkor külföldön már alkalmazott hazai ^{131}CsCl-ot a Radiochemical Centre, Amersham készitményével, és a kettőt spektrálisan teljesen azonosnak találta /1. ábra/.

1978-tól, az Egészségügyi Minisztérium megbizásából, a Szivkórházban és az Országos Kardiológiai Intézetben, Istvánffy Mária és Halmágyi Margit közremüködésével, klinikai minősitő vizsgálat folyt, és erről a hivatalos jelentésen tulmenően előadások is elhangzottak[5-7].

A vizsgálatra használt készülék a Gamma Müvek MB 8100-as és MB 8200-as szcintigráfja volt, amellyel a statisztikus pontossághoz megkivánt impulzussürüség /800 imp.cm^{-2}/ elérhető volt, a térképezést 111 MBq /3 mCi/ körüli aktivitással /40 μCi/testsulykg/ az injiciálás után egy órával végezve.



1. ábra

Amersham /a/, illetve az Izotópintézet /b/ ^{131}CsCl-jának γ-energiaspektruma. Fotocsucs 30 keV-nél, aktivitás 24,8 MBq /670 μCi/ és 35,2 MBq /950 μCi/

Гаммаспектры ^{131}CsCl производства Амершема /a/ и Института изотопов ВАН /b/. Фотопик у 30 кэВ, активность 24,8 МБк /670 мккюри/ и 35,2 МБк /950 мккюри/

Gamma-energy spectra of ^{131}CsCl of Amersham /a/ and Institute of Isotopes, Budapest /b/. Photopeak at 30 keV; activity 24.8 MBq /670 μCi/ and 35.2 MBq /950 μCi

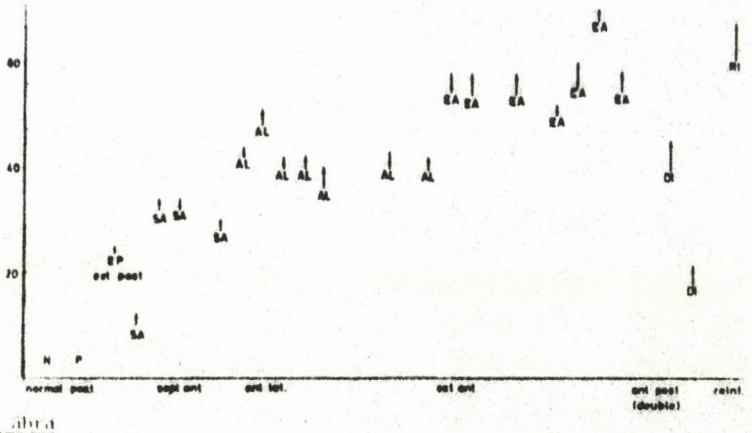
Értékelésnél a megfelelő irányu szivvetület 20%-osnál nagyobb foku defektusát, hipofixióját minősitettük. Az esetek legnagyobb részében 3 hónapon belül, klinikailag is indokolt, megismételt vizsgálatot is végeztünk, azzal a megnyugtató méréstechnikai eredménnyel, hogy a reprodukálhatósági hiba 5%-on belül van. Merchie szerint[2] 1,3 cm átmérőjü infarktusdefektus a kimutathatóság alsó határa /2. ábra/.

A 10 napos felezési idejü ^{131}Cs-nél a ciklotrontermék ^{129}Cs, 31 órás aktivitási feleződési idejénél fogva, sugárterhelési szempontból kedvezőbb lenne, de nem érhető el. 46,3 MBq /1,25 mCi/ injiciált aktivitá 4 mGy /400 mrad/ teljestest- és 15 mGy /1,5 rad/ sugárdózist ad le.

Az emlitett külföldi szerzőkhöz hasonlóan a miokardiális ^{131}Cs-szcintigráfiát, mintegy kontrasztolásként, ^{131}In^{m}-mel /transzferrin/, illetve ^{99}Tc^{m}-mel jelzett vörösvértest-PYP szivvérpool-szcintigráfiával is kiegészitettük, ami különösen a szivizominfarktus szövődményeképp keletkezett aneurizmazsák kimutatásában bizonyult használhatónak.

A 3. ábra vázlat egy elülső fali, kiterjedt posztinfarktusos hegről, illetve a szivvérpool szcintigramján ugyanezen a területen körülirtan elődomborodó, többletképző aneurizmazsákról. A szinopszisba bevontuk a hasonlóképp hasznos röntgenkimográfiát is.

Az öt év folyamán vizsgált 315 beteg közül mindössze 22 volt nő, igy a véleményalkotást az emlő okozta sugárabszorpció semmiképp sem befolyásolhatta, annál is inkább, mivel volt nőbetegünk teljesen normális ^{131}Cs-miokardiális vetülettel is.

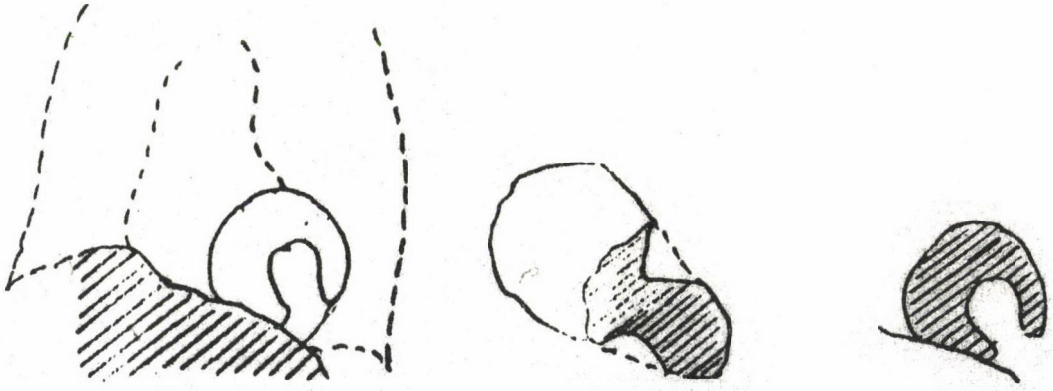


2. ábra

A 3 hónapon belül megismételt ^{133}Cs-miokard szcintigráfia reprodukálhatósága. A defektusnagyság friss AMI hiányában 5%-on belül stabilis; az "egyállásbeni" reprodukálhatóság A-P irányból 2-3, bal ferdében 5-6%.

Воспроизводимость внутри 3 месяца ^{133}Cs миокардиальной сцинтиграфии. Величина дефицита при отсутствии острого инфаркта стабильна в пределах 5%, воспроизводимость "within assay" в направлении А-Р 2-3, в левом косом направлении 5-6%.

The reproductibility of ^{133}Cs myocardial scintigraphy in 3 months. The local uptake deficit is stationary within 5% in absence of new AMI, the within assay reproductibility amounts to 2-3% in A-P and 5-6% in oblique direction.



3. ábra

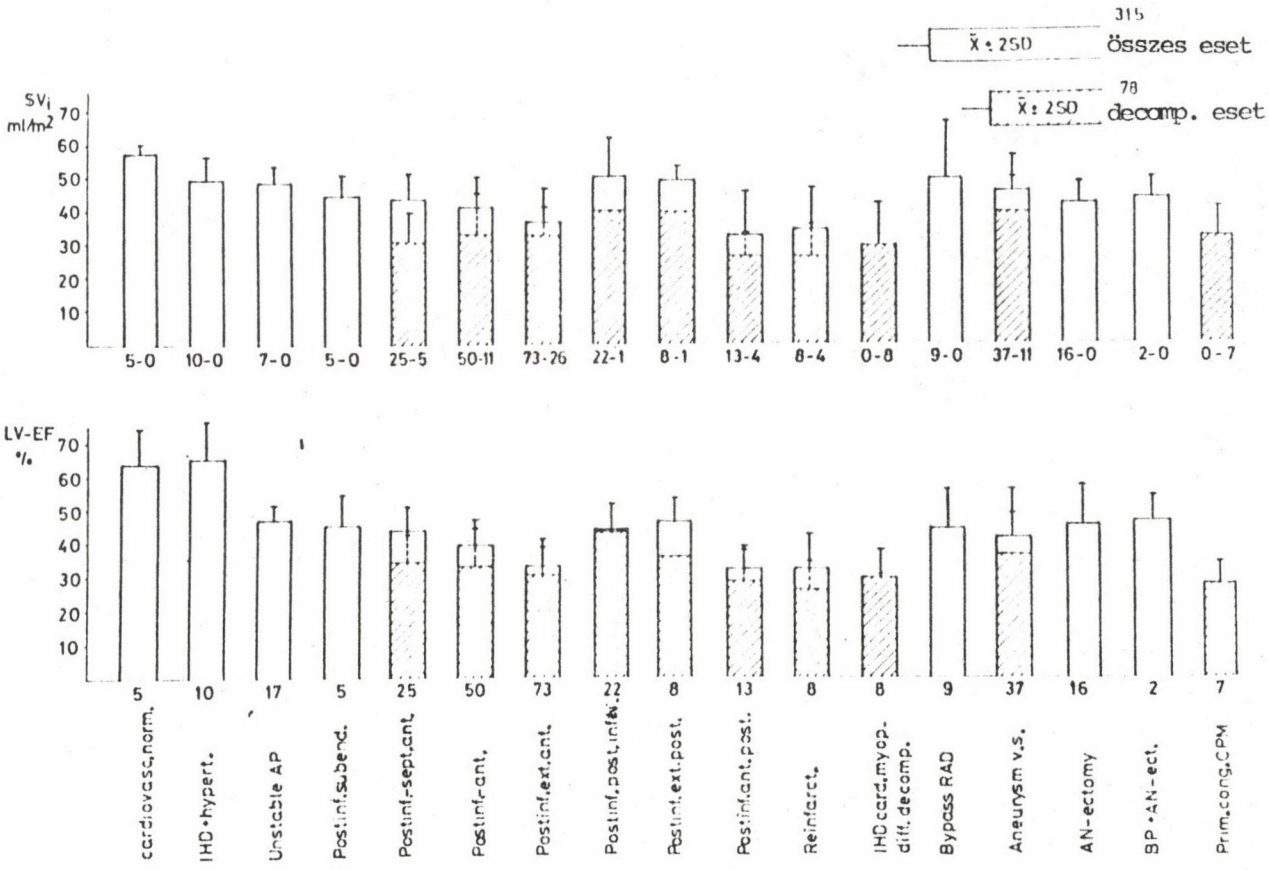
a/ A-P irányu miokard szcintigráfia topográfiája; b/ $^{113}In^{m}$ vérpool-szcintigráfia az aneurizmazsáknak megfelelő balkamrai előbomborodással; c/ ^{133}Cs miokard perfuziós szcintigram, az elülső fali lokalizációban kiterjedt defiecittel az aneurizmazsák területén

a/ Топография миокардиальной сцинтиграфии направления А-Р; b/ $^{113}In^{m}$ сцинтиграм содержания крови в сердце с выпуклостью на левом желудочке, соответствующей аневризме; c/ ^{133}Cs миокардиальный перфузионный сцинтиграм, локализации на передней стенке, с обширным дефицитом в области аневризмы

a/ Myocardial scan topography /A-P direction; b/ aneurysmatic sacciform protrusion of the left ventricle on the heart Blood pool scintigram, detected by $^{113}In^{m}$ transferrin; c/ extensive deficit of the radioactivity in the anterior myocardial wall due to aneurysm, detected by ^{133}Cs myocardial perfusion scintigraphy

Az ischaemiás szivbetegeken kivül szerepel még a vizsgáltak között öt kardiovaszkulárisan normális egyén és hét primer kardiomiopátiás beteg is. A 286 ischaemiás férfi közül 37-nek, a 17 nőbeteg közül ötnek volt hipertóniája. Kormegoszlás szerint négy 20-30, harminc 30-40, száztizennyolc 40-50, százhuszonnyolc 55-70 és huszonhárom 70 év feletti beteget vizsgáltunk.

Az ischaemiás szivbetegek kórformák szerinti megoszlását a 4. ábra mutatja.



4. ábra

A ^{131}Cs miokard szcintigráfiával vizsgált ischaemiás beteganyag különféle kórformáinak balkamrai globális-EF és verőtérfogat-értékei $^{113}In^{m}$-radiokardio-ciklográfiával vizsgálva

Ишемические больные, обследованные с ^{131}Cs миокардной сцинтиграфией, с различными патологическими формами, глобальная фракция выброса левого желудочка и величины ударного объема при исследовании с $^{113}In^{m}$ радиокардио-циклографией

Left ventricular global ejection fraction and stroke volume values of the ischaemic heart disease patients studied by ^{131}Cs myocardial scintigraphy /in the various clinical groups/

Az ábrán a ^{131}Cs-szcintigráfiához közeli időpontban végzett radio-kardio- és -ciklográfiával /RKG és RCG/ kapott verőtérfogat-index és becsült balkamrai ejekciós frakció /EF/ értékét tüntettük fel az egyes csoportoknál.

A posztmiokardiális infarktus eseteiben a heglokalizációt a 12-elvezetéses EKG Q-, illetve QS-hulláma és de Vernejoul nomogramja alapján[8] definiáltuk, és /szabályos koronáriaanatómiát feltételezve/ rendeltük a megfelelő koszoruér-ellátási zónához. Lokalizációban eltérés csupán három posterior lokalizációju esetben fordult elő. A kiterjedés általában arányos volt az EKG alapján várhatóval. Az EKG-hoz képest jelentős szcintigráfiás kiterjedéstöbblet csak az 50%-osnál nagyobb exterior anterior hiánynál mutatkozott. Nyomatékosan hangsulyozzuk, hogy a hiány nagysága csak arányos, de abszolut értékben nem azonos a heg, illetve a perfuziózavar nagyságával.

EREDMÉNYEK

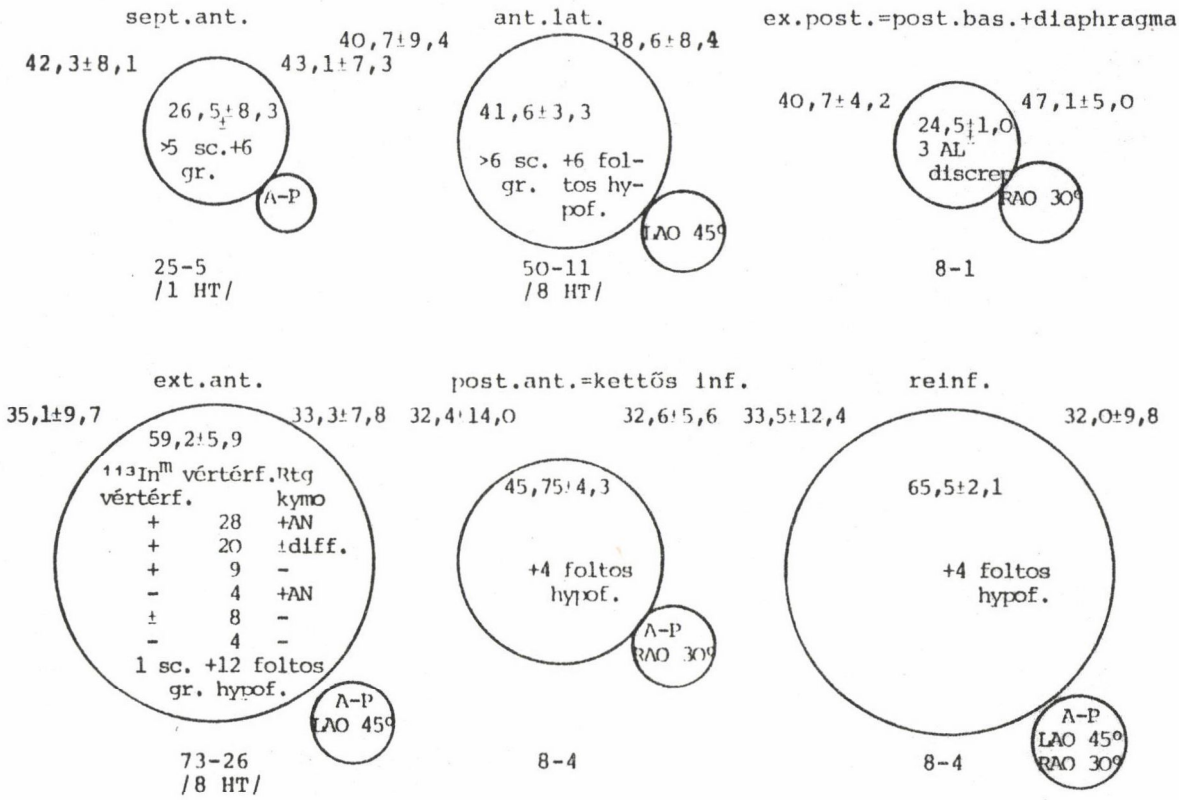
Az 5. ábrán a hegesedéssel arányos hipofixációt a legnagyobb kiterjedésü hiánynak megfelelő vetületi képre vonatkozó százalékában adtuk meg. A foltos eloszlást is minősitettük; főleg kongesztiv szövődményben, illetve kórképben fordult elő. Normálisnak minősitett, 20%-nál kisebb hiány anginásokon, szubendokardiális, posztmiokardiális infarktusban, by-pass, illetve aneurizmazsák-ektomia után és zömmel posztmiokardiális infarktus posteriornál fordult elő. Az extenziv posterior körben jeleztük az EKG-lokalizációtól eltérő három kóresetet. A septalis anterior csoportban öt esetben, az anterior lokalizációsoknál hat esetben, az extenziv anterior csoportban pedig egy betegnél mutatott a szcintigram az EKG-tól következtethetőnél nagyobb kiterjedésü defektust.

Az extenziv anterior csoportban vizsgálat tárgyává tettük a miokardiális ^{131}Cs-szcintigram, a ^{131}In^{m}-szivvérpool és a röntgenkimográfia közti viszonyt. Az eredményt az 1. táblázat és a 6. ábra mutatja.

Egy korábbi sorozatban természetszerüen invaziv módszerekkel igazolt, illetve mütött aneurizmás betegeken tisztáztuk komplex vizsgálatunk érzékenységét, illetve fajlagosságát.* 9 aneurizmektomiásnál /közülük kettőnél by-pass is történt/, továbbá négy kontraszt angiográfiával verifikált betegnél 12/13 arányu volt az egyezés komplex módszerünkkel /miokardiális ^{131}Cs-szcintigráfia, ^{113}In^{m} szivvérpool, RKG és RCG, különösen, amennyiben ezek még dipiridamolterheléssel is kiegészültek/. 24 betegnél, akiknél csak nukleáris kardiológiai vizsgálat és röntgenkimográfia történt, a kettő találati viszonya 17/24 volt, köztük 4 olyan esettel, ahol csak a ^{131}Cs-térképezés mutatott körülirt hegesedést. A kórlefolyás követésében boncolás két esetben támasztotta alá kórisménket.

---

*Az átvett leletekért ezuton is köszönetet mondunk az Országos Kardiológiai Intézetnek, az Orvostovábbképző Intézetnek, az Érsebészeti Klinikának és a SOTE Szivsebészeti Centrumának.



5. ábra

A különféle lokalizációju posztinfarktusos hegesedéssel arányos hipofixáció. Mértékét a körök jelzik. A körök felett baloldalt a lokalizációhoz tartozó verőtérfogat-index, jobboldalt a becsült balkamrai ejekciós frakció /EF/ van feltüntetve. A körök alatti két szám az adott körformán belül a kompenzált és dekompenzált keringésü betegek száma, a HT a hipertóniások aránya. A körökben lévő szám a planimetrált deficit csoportátlaga. A kis körökben a legnagyobb kiterjedésü deficitnek megfelelő detektálási irányt adtuk meg.

Пропорциональная послеинфарктному зарубцеванию различной локализации гипофиксация. Ее степень изображена кружками. Над кружками слева изображен индекс ударного объема данной локализации, справа ориентировочная фракция выброса левого желудочка. Две цифры под кружками означают количество больных в перелах данной патологической формы с компенсированным и некомпенсированным кровообращением, а HT - доля лиц с гипертонией. Цифра в кружках выражает групповую среднюю величину планиметрированного дефицита. В маленьких кружках указано направление детектирования, соответствующее наибольшему размеру дефицита.

Hypofixation in various localisations after myocardial infarction is proportional to the hyponerfusion in the scar area. Its degree is proportional to the dimension of the representing circle. Over the circles on the left the stroke volume index, on the right the estimated left ventricular global ejection fraction, under the circles the number of haemodynamically compensated - decompensated patients and the ratio of the hypertonics can be seen. The numbers in the circles show the mean of the area deficit in the various groups measured by planimetry. In the circlets the detection direction with the maximum defect is given.

Berentey és munkatársai a balkamrai aneurizma diagnosztikájában számunkra utmutatónak tartott közleményükben[9] öblös falu és merev falu változatot különböztetnek meg. $^{113}In^{m}$ szivvérpool révén elsősorban az öblös falu aneurizma állapitható meg, a radiociklogram kinetikus adatai a merev falu, de szabálytalanul kontrahálódó aneurizmánál is utmutatók lehetnek. Ma sincs egyértelmüen definiálva, hogy a balszivkontur mekkora százalékára kiterjedő körülirt elődomborodást, "öblösödést" lehet aneurizmának minősiteni.

1. táblázat

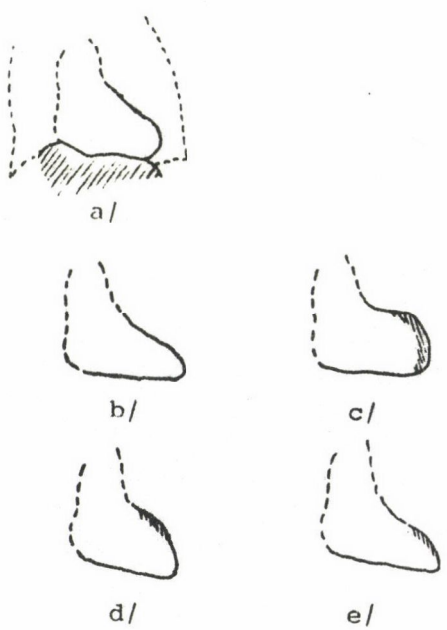
A ^{131}Cs-miokard-szcintigráfia $^{113}In^{m}$ szivvérpool-szcintigráfiával és röntgenkimográfiával való egyezésének megoszlása balkamrai aneurizmaként minősített kóresetekben

Распределение соответствия ^{131}Cs миокардной сцинтиграфии с $^{113}In^{M}$ сцинтиграфии при содержании крови в сердце, и с рентгенокимографией, в патологических случаях аневризмы левого желудочка

egyezésének

The concordance of the ^{131}Cs myocardial basal perfusion scintigraphy with the $^{113}In^{m}$ transferrin heart blood pool scintigraphy and X-ray kymography in left ventricular aneurysms

^{131}Cs ext.ant. $^{113}In^{m}$ szivpool-elődomb. Rtg-kymo AN	^{131}Cs ext.ant. $^{113}In^{m}$ szivpool-elődomb.	^{131}Cs ext.ant. Rtg-kymo AN	^{131}Cs ext.ant. $^{113}In^{m}$ szivpool-elődomb. Rtg-kymo diff.laesio	^{131}Cs ext.ant $^{113}In^{m}$ sziv-pool HT csőrszerű csucs felett elődomborodó	^{131}Cs ext.ant. $^{113}In^{m}$ szivpool HT-csőrszerű	
28	9	4	20	8	4	össz: 73
	csak megnőtt $^{113}In^{m}$ szivvérpool diff.hipofix. 8 IDH diff.CMP decomp. 7 Pt.conq. CMP		csak megnőtt $^{113}In^{m}$ szivvérpool foltos hipofix. 1 kettős lokal MI-heg szubendokard. reziduum		csak Rtg-kymo AN/mozgászavar/ 1 ANect.	



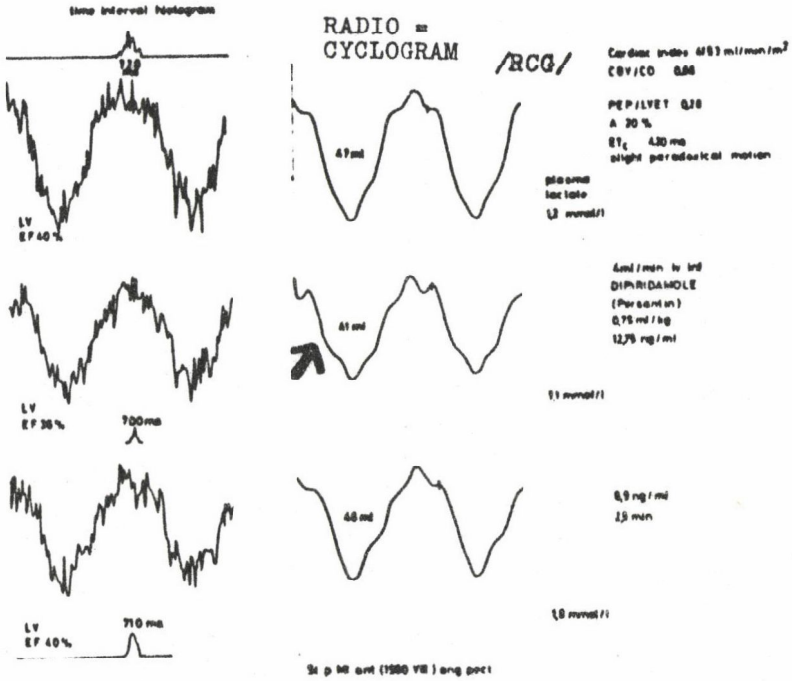
6. ábra

Különféle $^{113}In^{m}$ szivvérpool-konfigurációk. a/ Normális szív; b/ hipertenziv szív; c/ ISzB pangásos kórforma; d/ aneurizmatikus kép; e/ hipertónia+AN

Различные корфигурации с $^{113}In^{M}$ при содержании крови в сердце. a/ Нормальное сердце; b/сердце с высоким давлением; c/ IHD патологическая форма с застоем; d/ аневризматическая картина; e/ гипертония + аневризма

$^{113}In^{m}$ cardial blood pool configurations. a/ Normal heart; b/ hypertensive heart; c/ IHD congestive heart; d/ IHD aneurysmatic heart; e/ hypertensive + AN heart

A terhelés az ischaemiás szivbetegen "steal" jelenségre vezethető dipiridamolos gyógyszeres próba is lehet, mint a 7. ábrán, provokált, kóros irányu elváltozásokból látható. Dipiridamol-terheléssel kombinált, 10 ms időbeli feloldásu radiociklogramjaink révén komplex módszerünk aneurizmadiagnosztikus fajlagossága, a 90%-nál nagyobb érzékenység mellett, szintén 90% fölé került.



7. ábra

Ischaemiás szivbetegen dipiridamol-terheléssel kiváltott szisztolés vállképződés /nyillal jelölve

Систомический изгиб /указанный стрелкой/, вызванный нагрузкой липиридаиолом у ишемического кардиологического больного

Pathological dipyridamole drug test in IHD with provoked bulge phenomenon on the RCG /arrow/

A 2. táblázatból láthatóan a hemodinamikailag dekompenzált aneurizma már átmenet a diffuz laesio felé, a verőtérfogat-index, balkamrai becsült ejekciós frakció, az RCG-volumetriás PEP/LVET és a $+\frac{dV}{dt}$ 100 ms itt volt a legkórosabb. Ezeknél, de a kompenzált centrális keringésü formáknál is, javulás következett be aneurizmektómia kapcsán, különösen a globális balkamrai ejekciós frakció és a 100 ms-os telődés javult.

2. táblázat

Az igazolt balkamrai aneurizmás betegek balkamrai kontrakciós dinamikája radiokardio- és ciklográfiával vizsgálva

Динамика контракции левого желудочка больных, подтвержденно имеющих аневризму левого желудочка, исследуя радиокардиографию и циклографию

Left ventricular contraction dynamics of proved aneurysmatic patients determined with radio-cardio-cyclography

	Bal-kamrai aneurizma diagnosztika				
	kontrol func.szivbetegek	AN ektomia	AN haemodinamikailag komp.	AN dekomp.	2 mütött követett
Verőtérfogat	55±3 ml/m²	12,0±6,0	46,4 ml/m²	39,1 ml/m²	31,0-43,3 ml/m²
Balkamrai becsült ejekciós frakció EF	60%	45,0±11,2	41%	35%	
RCG. volumen-ekvivalens PEP/LVET	0,26±0,06	0,34±0,10	0,46±0,08	0,48±0,13	
Gyors telődés + dV/dt-100 ms	28,5±8,5	27,2±10,9	25,6±5,2	18,6±7,5	

A 2. táblázatról leolvasható, hogy eltolódnak a kinetikus áramlási értékek, és a RCG-on az ejekciós száron, vagy már alaphelyzetben is, vagy csak terhelésre, szisztolés vállképződés mutatkozik.

3. táblázat

^{131}Cs-miokardiális scan révén posztinfarktusos hegről kapott döntő információ

Решающая информация, полученная от послеинфарктного затвердывания - рубца путем ^{131}Cs миокардного скенирования

Definitive information gained by ^{131}Cs myocardial scintigraphy about postinfarction scar

Beteg	diagnózis	bal szárblokk	low voltage	gócos deficit	foltos deficit	diffuz hipofix.
1.	IHD-CMP	+		-	-	+
2.	AP.		+	+	-	+
3.	A.		+	+	-	+
4.	HT.	+	+	-	-	+
5.	S.	+		+	-	-
6.	EA.	+		+	-	-
7.	SE.	+		-	+	-
8.	SE.	+		-	-	-
9.	S.	+		+	-	-
10.	HT.	+		-	-	-

Az aneurizmadiagnózisra vonatkozóan további megerősitést kaptunk gondozott kardio-rehabilitációs beteganyagunkon végzett nukleáris angiokardiográfiával, a regionális konturmozgás elemzésével. Eddig igy is vizsgált 10 betegnél támaszthattuk alá a diagnózist.

3. táblázatunk azokat a kóreseteket tünteti fel, ahol a miokardiális ^{131}Cs-térképezés önmagában is definitiv volt. Ezek közt 8 szárblokk és három "low voltage"-os eset szerepel, előbbiek közt három, utóbbiak közt két gócos hiánnyal, illetve a szárblokkosok közt egy gócos hipofixációval, mig a másik hat betegnél a diffuz, foltos hipofixáció infarktusheg ellen és diffuz kongesztiv kardiomiopátia mellett szólt.

MEGBESZÉLÉS

Miként más miokardiális perfuziós vizsgálatok, a ^{131}Cs-térképezés is elsősorban akkor jelentős, ha az EKG által szolgáltatható támpont elvész, mint bal szárblokkban vagy "low voltage" esetén. A tours-i szerzők tapasztalata nyomán[4] és Carr szerint[1] ez akut miokardiális infarktusra is vonatkozik. Szerephez juthat a ^{131}Cs a jelenleg optimális, de drága, devizás ^{201}Tl mellett a posztinfarktusos hegmaradványra rárakódó funkcionális perfuziós zavar esetén is, amennyiben a záros időn belül azonos eljárással megismételt két ^{131}Cs-scan értékelhetően különbözik egymástól. Forditva, ha a korábbi vizsgálathoz viszonyitott különbség deficittöbbletként jelentkezik friss anginás panasz kiséretében, reinfarktusra utalhat. Hasznos előkészitő, szürő jellegü vizsgálat a ^{131}Cs-szcintigráfia a ^{201}Tl előtt, nem vitatva, hogy valamely terheléssel egybekötötten végzett ^{201}Tl-kinetika az érdekelt koronáriaellátási területen pár órán belül tisztázni tudja a mikroperfuziós kapacitást, mig a ^{131}Cs, lassubb kinetikájánál fogva, terhelési vizsgálatra alkalmatlan.

Eredményeink, más irodalmi adatokkal együtt, jól rámutattak arra, hogy a hiány,.illetve hipofixáció helye a Q-hullám alapján megállapitott heglokalizációval jól egyezett, csupán néhány posterior lokalizációju infarktus utáni esetben volt a vizsgált beteganyag 1%-ában eltérés. A rövid időközzel egymás után végzett és szaporodó párhuzamos ^{131}Cs és ^{201}Tl-scanjeink lokalizációban és kiterjedésben jól fedték egymást. Aneurizmára a kiterjedt elülső vagy oldalfali deficit felhivja a figyelmet; a diagnózist természetesen, mint gyakorlatunkban is történik, szivvérpoollal, RKG-val becsült balkamrai ejekciós frakcióval, RCG-val vizsgált kinetikus paraméterekkel is alá kell támasztani, és hasznositható a röntgenkimográfia is. A nukleáris kardiológiai vizsgálatokat természetesen bele kell illeszteni az EKG-adottságok és echolehetőségek összefüggésébe is[7].

Nem lényegtelen szempont, hogy a ^{131}Cs-szcintigráfiás tájékozódás, szürés és követés szcintillációs gammakamerával nem rendelkező laboratóriumokban is lehetséges, kiterjesztve ezáltal a tömegméretü ischaemiás szivbetegség széles körü felderitésének lehetőségét. Ezt még tovább előmozditaná, ha a hazai ^{131}Cs olcsóbbá válnék, és ezzel devizamegtakaritásra serkentene. Körülményeink közt más cézium-radioizotóp, mint ^{129}Cs- vagy ^{128}Ba-generátorból ^{128}Cs, egyelőre nem jön szóba /a ^{128}Ba felezési ideje 2,4 nap, a lányelem ^{128}Cs-é 3,9 perc/.

A ^{131}Cs-scan viszonyaink közt még meglévő létjogosultságát a KGST nukleáris kardiológiai szakértői munkacsoportja is elfogadta.

IRODALOM

1. *E.A. Carr, G. Gleason, J. Shaw, B. Krontz,* The Direct Diagnosis of Myocardial Infarction by Photoscanning after Administration of Cesium-131, Amer. Heart J. 68 /1964/ 627
2. *W. Burguet, G. Merchie,* La scintigraphie du myocarde au Caesium-131. Étude expérimentale et clinique. Rad. Isot. in Klinik und Forschung 10 /1972/ 301
3. *E. Sheyretova, Y. Beloev, A. Kalayanova,* Myocardial Scintigraphy. Eur. J. Nucl.Med. 1 /1976/ 193
4. *M. Brochier, R. Raynaud, Th. Planiol, J-P. Faucher, Pellois, D. Archambaud,* Intérêt des enrégistrements scintigraphiques cardiaques /myocardiaques et cavitaires/ à la phase aigue de l'infarctus du myocarde. Arch. Mal. Coeur 67 /1974/ 431
5. *Horváth M., Böszörményi E., Kármán M., Németh L., Bábiczky T., Törkö J.,* 131-Cesium miokard-szcintigráfia és radiokardio-ciklográfia balkamrai aneurizmás betegeken, Magyar Kardiológiai Társaság balatonfüredi tudományos ülése, 1980; XXVII. Dunántuli Belgyógyász Vándorgyülés, Esztergom, 1980
6. *Istvánffy M., Gábor Gy., Halmágyi M., Törkö J., Gyárfás M.,* A myokardialis perfusios viszonyok vizsgálata congestiv cardiomyopathiában. Magyar Kardiológus Társaság balatonfüredi tudományos ülése, 1979
7. *Istvánffy M., Lengyel M., Rózsa Zs., Halmágyi M.,* A regionális myokardialis perfusio és fali asynergia vizsgálata. Szcintigram, echokardiogram és coron.-ventr.gr.adatok összehasonlitó értékelése. Magyar Kardiológus Társaság balatonfüredi tudományos ülése, 1980
8. *P. de Vernejoul, D. Ducassou* et al., Atlas pratique de scintigraphie cardiaque. Martinus Nijhoff Medical Division, The Hague, 1977
9. *Berentey E. Molnár F., Világi Gy., Lőnyai T., Tomcsányi I., Böhm A.,* Balkamra aneurysma a haemodynamikus szemével, Card.Hung. 10 1/5-29, 1981

10. *Horváth M., Kármán M., Bábiczky T., Németh L., Törkő J.*, Myocardial Scintigraphy on Ischaemic Heart Patients with Home Preparation 131-CsCl, Izotóptechnika 25 /1982/ 127; Előadás a Magyar Orvosi Nukleáris Társaság III. Nemzetközi kongresszusán 131-cézium szivizom-szcintigráfiás vizsgálatok ischaemiás szivbetegeken cimen, Budapest, 1982, szeptember 15

*

300 betegen végzett ^{131}Cs-szcintigráfia és más vizsgálatok alapján határozottan állithatjuk, hogy a hazai előállitásu ^{131}Cs miokard szcintigráfia nagyobb figyelmet érdemel a posztinfarktusos balkamrai aneurizma előszürésében, és még a ^{99}Tc^{m} PYP-pel jvégzett vörösvértest-angiokardiográfia mellett is van jelentősége a reinfarktus diagnosztikájában, főleg a folyamatos kontrolban.

СЦИНТИГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИОКАРДА С ^{131}Cs У ИШЕМИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ
Хорват, М., Кальман, М., Бабицки, Т., Немет, Л., Тэркэ, Я.

На основе ^{131}Cs сцинтиграфии проведенной на 300 больных можно утверждать, что ^{131}Cs венгерской продукции заслуживает больше внимания в предварительной проверке аневризмы левого желудочка постинфаркта и имеет значение даже при ^{99}Tc^{M} РУР ядерной ангиографии в диагностике повторного инфаркта, особенно в непрерывном контроле.

MYOCARDIAL SCINTIGRAPHY OF ISCHAEMIC HEART PATIENTS WITH HOME PREPARATION ^{131}CsCl
Horváth, M., Kármán, M., Bábiczky, T., Németh, L., Törkő, J.

Based on more than 300 ^{131}Cs scans we can assert that the Hungarian preparation ^{131}CsCl deserves more attention in screening postinfarctional aneurysm and it is of importance even beside ^{99}Tc^{m} PYP erythrocyte nuclear angio, mostly in the continuous follow-up and diagnosis of reinfarction.

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:156-159 /1983/

A LABORATÓRIUMNAK

ÉLELMISZER ^{90}Sr-TARTALMÁNAK SZÁMÍTÁSA

Szabó S. András

Mezőgazdasági és Élelmezésügyi Minisztérium, Szakoktatási és Kutatási Főosztály, Budapest, Kossuth Lajos tér 11, 1055

/Érkezett 1982. november 24-én/

BEVEZETÉS

Ismeretes, hogy az élelmiszerek radioaktiv szennyezettségének jelentős hányadát a radioaktiv stroncium izotópok teszik ki[1-5]. A stroncium kémiailag nagyon hasonló a kalciumhoz, igy a szervezetben felhalmozódhat, s hosszu biológiai felezési ideje következtében tartós sugárterhelést okozhat.

A stronciumnak két olyan izotópja van, amely koncentrációja, illetve felezési ideje miatt figyelmet érdemel: a ^{89}Sr és a ^{90}Sr. Miután mindkettő β-sugárzó izotóp, igy a radiometriás mérésnél gyakran alkalmazott β-spektrometriás módon nem mérhető, meghatározásuk kémiai elválasztást igényel.

A stronciumnak más zavaró elemektől /pl. ^{40}K, ^{137}Cs/ való elválasztására rendkivül sokféle analitikai eljárás ismeretes. Elsősorban gravimetriás, komplexometriás, ioncserés, kromatográfiás, elektroforézises módszerek használatosak. Az élelmiszerellenőrző hálózat izotóplaboratóriumaiban az un. fémionfrakciót határozzák meg /ez a mintában lévő I-IV. osztályu fémeket, azaz az alkáli fémek kivételével valamennyi fémet, igy a stronciumot is tartalmazza/, valamint az un. stronciumfrakciót, amelynek aktivitása már csak a stroncium izotópok aktivitásából tevődik össze.

Az élelmiszerek és mezőgazdasági termékek fémionfrakció-aktivitását és stronciumfrakció-aktivitását összehasonlitva megállapitható, hogy a stronciumfrakció aktivitása általában 50-80%-a a fémionfrakció aktivitásának. Ez arra utal, hogy a fémionfrakcióban a radioaktiv stroncium izotópokon kivül egyéb hasadási termékek /pl. ^{140}Ba/ is jelen lehetnek, illetve előfordulhat, hogy az alkáli fémektől való elválasztás nem volt kvantitativ.

A ^{90}Sr-KONCENTRÁCIÓ SZÁMÍTÁSA

A stronciumfrakció aktivitása a ^{89}Sr és ^{90}Sr izotóp aktivitásának összege, illetve figyelembe kell venni, hogy a ^{90}Sr izotóp leányeleme, a ^{90}Y is β^--

sugárzó, s 64,1 ± 0,1 óra[6] felezési idővel ^{90}Zr izotóppá bomlik. Miután a ^{90}Sr felezési ideje sokkal hosszabb /28,15 ± 0,10 év[6]/, igy a ^{90}Sr- és ^{90}Y-aktivitás radioaktiv egyensulyban van, s mintegy 2 héttel a stronciumfrakció elválasztása után a ^{90}Sr /+^{90}Y/ aktivitáshányad már lényegében a ^{90}Sr-aktivitás kétszerese.

A másik stroncium izotóp a ^{89}Sr, amely ugyancsak β^--sugárzó, s 50,6 ± 0,1 nap[6] felezési idővel ^{89}Y izotóppá alakul,amely viszont - ellentétben a ^{90}Y izotóppal - stabilis. A ^{89}Sr és ^{90}Sr izotóp keletkezési és bomlási sémája a következő:

$$^{89}Kr \xrightarrow{\beta^-} {}^{89}Rb \xrightarrow{\beta^-} {}^{89}Sr \xrightarrow{\beta^-} {}^{89}Y$$

$$^{90}Kr \xrightarrow{\beta} {}^{90}Rb \xrightarrow{\beta^-} {}^{90}Sr \xrightarrow{\beta^-} {}^{90}Y \xrightarrow{\beta^-} {}^{90}Zr$$

A nukleáris robbantás idején a $^{89}Sr/^{90}Sr$ aktivitásarány mintegy 185, majd ez fokozatosan csökken, s alig több, mint egy év mulva már a ^{90}Sr aktivitása lesz a nagyobb. Igy a ^{89}Sr a robbantás után csak mintegy 1-1,5 évig jelent veszélyt, a ^{90}Sr viszont évtizedekig.

Annak alapján, hogy a ^{89}Sr és ^{90}Sr felezési ideje jelentősen eltér egymástól, két különböző időpontban végzett aktivitásméréssel számitható az arányuk.

Általános esetben legyen egy kétkomponensü /A_1 és A_2/ elegy t_o időben mért aktivitása A_o, s t idő mulva A_t. Igy

$$A_o = A_{1_o} + A_{2_o}$$

$$A_t = A_{1_t} + A_{2_t} = A_{1_o} e^{-\lambda_1 t} + A_{2_o} e^{-\lambda_2 t}$$

ahol a bomlási állandó $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$.

A fenti egyenletekből A_{2_o} értékét kifejezve adódik, hogy

$$A_{2_o} = \frac{A_o e^{-\lambda_1 t} - A_t}{e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}} .$$

Ha $\lambda_1 << \lambda_2$, azaz $T'_{1/2} >> T''_{1/2}$ s $t << T'_{1/2}$, akkor

$$A_{2_o} \approx \frac{A_o - A_t}{1 - e^{-\lambda_2 t}} . \qquad /1/$$

A komponensek aktivitásának aránya

$$\frac{A_{1_o}}{A_{2_o}} = \frac{A_o}{A_{2_o}} - 1$$

s ha a $\lambda_1 << \lambda_2$ és $t << T_{1/2}'$ feltétel fennáll, akkor

$$\frac{A_{1_0}}{A_{2_0}} = \frac{A_0/1 - e^{-\lambda_2 t}/}{A_0 - A_t} - 1. \qquad /2/$$

Az /1/ és /2/ összefüggés felhasználásával, két időpontban mérve a Sr-frakció aktivitását, meghatározható a ^{90}Sr-aktivitás, illetve a ^{90}Sr és ^{89}Sr aktivitás aránya. Természetesen figyelembe kell venni, hogy a Sr-frakció nem a ^{89}Sr és ^{90}Sr, hanem a ^{89}Sr valamint a ^{90}Sr($+^{90}$Y) izotóp aktivitásának összege, igy a ^{90}Sr-aktivitást ugy kapjuk, hogy a Sr-frakció aktivitásából levonjuk a ^{89}Sr-aktivitást, s a kapott értéket kettővel osztjuk. Igy pl. ha t = 51 nap s $A_t = 0{,}8\ A_0$, akkor a ^{89}Sr aktivitása a t_0 időpontban $0{,}4\ A_0$, a ^{90}Sr-é pedig /ez gyakorlatilag nem változott/ $0{,}3\ A_0$ volt.

Az ismertetett módszerrel tehát a Sr-frakció két különböző időpontban végzett mérésével meghatározható a vizsgált minta ^{90}Sr-szennyezettsége. A minta ^{90}Sr/^{89}Sr aktivitásaránya a szennyezettség életkorára is utal, hisz ha az arány nagy, ugy a szennyező izotópok régi nukleáris robbantásból származnak, ha viszont sokkal kisebb mint 1, akkor friss kiszóródással /fall-out/ kell számolnunk.

Az 1. táblázatban megadjuk a ^{90}Sr/^{89}Sr aktivitásarányt a két mérés /t és t_0/ között eltelt idő s az A_t/A_0 aktivitásarány függvényében.

1. táblázat

A ^{90}Sr/^{89}Sr aktivitásarány a t_0 időpontban a két mérés /t és t_0/ közötti idő s az A_t/A_0 aktivitásarány függvényében

mérések közötti idő /d/	A_t/A_0 /%/										
	100	95	90	80	70	60	50	40	30	20	10
10	∞	0,77	0,14								
20	∞	1,88	0,69	0,09							
30	∞	2,85	1,17	0,34	0,06						
40	∞	3,69	1,60	0,55	0,20	0,02					
50	∞	4,43	1,97	0,73	0,32	0,12					
100	∞	6,93	3,22	1,36	0,74	0,43	0,24	0,12	0,03		
200	∞	8,84	4,17	1,84	1,06	0,67	0,43	0,28	0,17	0,08	0,02
300	∞	9,33	4,42	1,96	1,14	0,73	0,48	0,32	0,20	0,11	0,05

Az igy számitott aktivitásérték csak közelitő adat lehet, s ennek alapvetően két oka van. Az egyik az, hogy a jelenlegi sugárszennnyezettségi viszonyok között a Sr-frakció aktivitása elég kicsi /pl. 1980-ban tejnél 20 mBq/100 g tej, sóskánál 11 mBq/g szárazanyag volt az átlagérték/ s igy a viszonylag kis aktivitás mérésénél - a radioaktiv bomlás statisztikus jellegéből adódóan - az

aktivitásmérés relativ pontossága nem nagy. A másik ok pedig az, hogy a ^{89}Sr, ^{90}Sr és ^{90}Y izotóp által kibocsátott β^--sugárzás energiája eltér egymástól, s igy némileg eltér a detektálási hatásfok is.

Végezetül megemlitjük, hogy a bemutatott, két időpontban végzett aktivitásmérésen alapuló számitási módszeren kivül lehetőség van a ^{90}Sr-tartalom meghatározására oly módon is, hogy a stronciumot elválasztjuk az ittriumtól, s a ^{90}Y aktivitását mérjük[7]. Meghatározható a ^{90}Sr aktivitása ugy is, hogy a ^{90}Y kemény β^--sugárzását /maximális energiája 2,25 MeV/ Cserenkov-számlálóval mérjük[8,9].

IRODALOM

1. *Nedelkovits J.* /szerk./, Élelmiszerek és mezőgazdasági termékek radioaktivitásának kialakulása és a szennyezettség vizsgálati módszerei, Budapest, MÉM, 1968
2. *R. Keil*, Zum Vorkommen von 90-Strontium in biologischen Materialien, Nahrung 12 /1968/ 399
3. *Kovács J.* A környezetszennyezettség alakulása az élelmiszerek radioaktiv szennyezettségének vizsgálata alapján, Izotóptechnika 15 /1972/ 85
4. *Szabó A.*, A bioszféra radioaktiv szennyeződését befolyásoló egyes tényezők vizsgálata, M.Fiz.F. 25 /1977/ 445
5. *Borus-Böszörményi N., Kovács J.*, Bestimmung des Gehaltes an ^{90}Sr und ^{89}Sr in Proben tierischer und pflanzlicher Herkunft, J. Radioanal. Chem. 68 /1982/ 23
6. Table de radionucléides CEA-BNM
7. *H. Sorantin, A. Jettmar*, Extraktionschromatographische Trennung von Radiostrontium und Radioyttrium, Radiochem. Radioanal. Lett. 19 /1974/ 77
8. *K. Buchtela, M. Tschurlovits*, Eine Methode zur Bestimmung von Sr-89, Sr-90 und Y-90 /in wässeriger Lösung mittels Flüssigszintillation/. Int. J. Appl. Radiat. Isot. 26 /1975/ 333
9. *B. Carmon*, The Use of Cerenkov Radiation for the Assay of Radiostrontium in Aqueous Solutions, Int. J. Appl. Radiat. Isot. 30 /1979/ 97

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:160-165 /1983/

EGYSZERŰ MÓDSZER RIA KÉSZLET PTK 1096-OS SZÁMOLÓGÉPPEL VÉGZETT ÉRTÉKLÉSÉRE.

Boóc András

Az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

/Érkezett 1983. január 17-én/

Az intézetünkben előállitott RIA készletek alkalmazása hazánkban évről-évre növekszik. Az alábbi adatok az elmult évek termelését mutatják.

A készlet és kódja	Darab		
	1980	1981	1982
T3 RK-11	184	1526	2038
T4 RK-12	135	2027	2980
Inzulin RK-2	150	1327	2259

A minőségellenőrző osztály feladatai között szerepel a készletek minőségének rendszeres ellenőrzése. Tekintettel a növekvő feladatokra, a munka gyorsitására és megbizhatóságának növelésére az elmult évben bevezettük a programozott kiértékelést. A módszer ismertetését fontosnak tartom, mert a hazai felhasználó laboratóriumok általában csak kézi értékelést alkalmaznak, a vizsgálandó minták nagy számának ellenére is. Osztályunkon az elmult időszak gyakorlata bebizonyitotta a gépi értékelés előnyeit a korábban használatos módszerrel szemben.

MÓDSZER, ESZKÖZÖK

RIA mérés gépi értékelésénél általában linearizálási eljárást használnak. Az irodalomban bőségesen tárgyalt módszerek közül a hiperbolikus regressziót választottam[1], mely egyszerü, pontos, és könnyen programozható.

A Hiradástechnika Szövetkezet PTK 1096 számológépe[2] és a hozzá kapcsolható K-100 nyomtató tökéletesen megfelel a célnak. Külön előny a készülék mágneskártyás rögzitési módja, igy a hosszabb programokkal való munka sem jelent időveszteséget, mert a tárolás és beolvasás gyors.

A PROGRAM

A kiértékelés három programrészből áll, melyek négy mágneskártyán helyezkednek el. Használatát szöveges kiirások teszik egyszerübbé; kérdőjel kinyomtatása jelzi, hogy a program adatot vár, a számolás ekkor megáll, és a kivánt adat beütése után, az R/S billentyü lenyomásával folytatódik az értékelés. A kisérőszövegeket, beirt adatokat, számitott eredményeket a nyomtató folyamatosan rögziti. A program közvetlenül számol az egyes mérések c.p.m. értékeivel /a háttér levonása után/, illetve a standard minták koncentrációjával.

Az első rész /három mágneskártyaoldalon helyezkedik el/ a standard mintákra vonatkozó adatokat kéri, és tárolja. A rendszer tetszőleges számu párhuzamos minta eredményét tudja feldolgozni /azonos koncentrációju bemérés/, ez a szám,miután beolvastuk, a továbbiakban nem változtatható. Az egy standard mintára vonatkozó koncentráció, majd c.p.m. bekérése után a program kiszámitja:

- a párhuzamos mérések középértékét /N a párhuzamosok száma/:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x_i}{N} ;$$

- a szórást:

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma x_i^2 - \bar{x}^2}{N}} ;$$

- a szórásszázalékot:

$$s\,\% = \frac{\bar{s}}{\bar{x}} \cdot 100 ;$$

- az összaktivitásra /kötött + szabad antigén aktivitás, T = B + F/ vonatkozó paramétereket:

$$- B_i/T\,\% = \frac{\bar{x}_{B_i}}{\bar{x}_T} \cdot 100 ;$$

$$- T/B_i = \frac{\bar{x}_T}{\bar{x}_{B_i}} ;$$

- a 0 koncentrációju standardra /B_o/ vonatkozó paramétereket:

$$- B_i/B_o\,\% = \frac{\bar{x}_{B_i}}{\bar{x}_{B_o}} \cdot 100 ,$$

$$- B_o/B_i = \frac{\bar{x}_{B_o}}{\bar{x}_{B_i}} .$$

A standardok koncentrációját és a számitott c.p.m. átlagot /$\bar{x}_T$, $\bar{x}_{B_o}$ stb./ a gép memóriájában tárolja. A program maximálisan 17 standardmintát tartalmazó készlet értékelését képes elvégezni; a gyakorlatban ez bőségesen elegendő. Az utolsó standardminta adatainak feldolgozása után a program megáll. A 2nd, CP billentyü lenyomása törli a programtárolót, a memória tartalmának érintetlenül hagyása mellett.

Ujabb három mágneskártyaoldal beolvasása után az RST, R/S billentyü lenyomásával folytatódik az értékelés. A számitást végző eldöntheti, hogy T vagy B_o értékre vonatkoztatva kivánja megkapni az eredményt, de a választott értékelési forma érvényes a program hátralévő részében. Lehetséges viszont, hogy a második részprogram lefutása után az RST és R/S billentyü lenyomásával újra futtassunk, és megváltoztassuk az értékelési formát. A második programrész a nyomtató papirszélességének megfelelő felbontásban ábrázolja a standardgörbét /B/B_o% - koncentráció, illetve B/T% - koncentráció/, majd a hiperbolikus regresszióhoz szükséges reciprok görbét /B_o/B - koncentráció, illetve T/B - koncentráció/.

Az ábrázoláshoz meg kell adni a léptetési egységet, azaz, hogy mekkora koncentrációt tekintsen a program egységnyinek.

Példaként ismertetem az intézetben előállitott T3 és T4 RIA készlet értékelésénél célszerünek látszó léptékeket.
A T3 készlet standard koncentrációja /ng/ml/:

0 1,2 1,8 2,7 3,8 5,8
léptetés: 0,5 ng/ml

A T4 készlet standard koncentrációja /µg/dl/

0 3,0 5,9 8,9 14,4 24,0
léptetés: 1,0 vagy 2,0 µg/dl.

Ezután a program a legkisebb négyzetek módszerével regressziószámitást végez, kiirja az illesztett egyenes iránytangensét, tengelymetszetét, valamint az adatokra vonatkozó korrelációs együtthatót.

A harmadik programrész két mágneskártyaoldalon helyezkedik el, feladata az ismeretlen minták koncentrációértékének meghatározása /a minták száma nincs korlátozva/. A kártyákat a már ismertetett módon beolvassuk, a meghatározandó minták számának bedása után az értékelés a standardokéhoz hasonlóan folyik. A c.p.m. ismeretében a program kinyomtatja

- az átlagértéket,
- a szórást,
- a százalékos szórást,
- a B/T %-ot,
- a T/B-t,

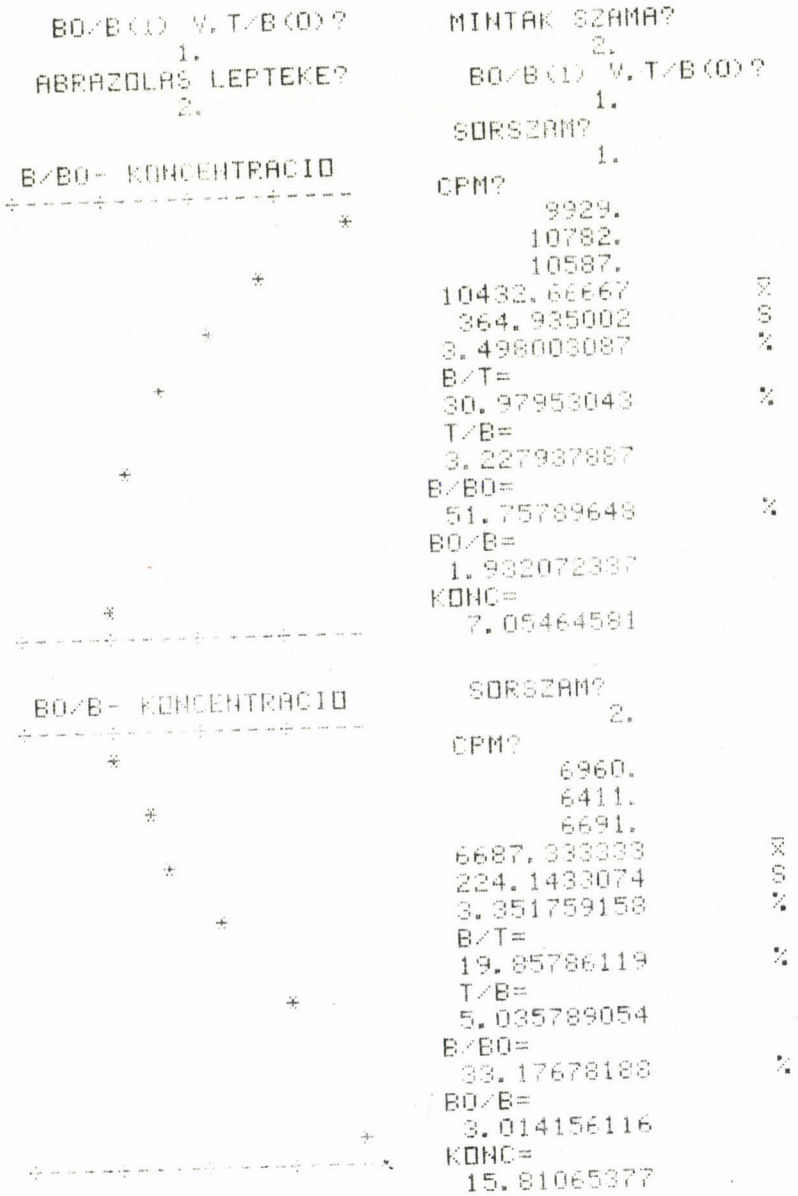
1. Ábra

A program első része: a standardokra vonatkozó adatok feldolgozása

```
  RIA ERTEKELES


PARHUZAMOSOK SZAMA?
          3.

TOTAL CPM?
       33623.
       33780.
       33625.
       33676.          X
 73.54363331           S
 .2183858929           %

STANDARDOK SZAMA?
          6.

BO KONC?
          0.
CPM?
       20206.
       20491.
       19773.
 20156.66667           X
 295.1907129           S
 1.464481791           %
BO/T=
 59.85469375           %
T/BO=
  1.67071275

KONC?
          3.
CPM?
       14845.
       14277.
       13906.
 14342.66667           X
 386.1470649           S
 2.692296167           %
B/T=
 42.59017302           %
T/B=
 2.347959468
B/BO=
  71.1559451           %
BO/B=
 1.405363949

KONC?
          5.9
CPM?
       11251.
       11360.
       12040.
 11550.33333           X
 349.0943841           S
 3.022374974           %
B/T=
 34.29841232           %
T/B=
 2.915586852
B/BO=
 57.30279477           %
BO/B=
 1.745115581


KONC?
          8.9
CPM?
        9235.
        8718.
        8717.
        8890.          X
 243.9521811           S
 2.744119022           %
B/T=
 26.39862216           %
T/B=
  3.78807649
B/BO=
 44.10451464           %
BO/B=
 2.267341582


KONC?
         14.4
CPM?
        6873.
        6915.
        6632.
 6806.666667           X
 124.6925109           S
 1.831917398           %
B/T=
 20.21221839           %
T/B=
 4.947502449
B/BO=
 33.76881098           %
BO/B=
 2.961312439

KONC?
         24.
CPM?
        5224.
        5133.
        5039.
        5132.          X
 75.52924374           S
 1.471731172           %
B/T=
 15.23933959           %
T/B=
 6.561964147
B/BO=
 25.46055895           %
BO/B=
 3.927643544
```

2. ábra

A program második és harmadik része: ábrázolás, görbeillesztés és az ismeretlen minták koncentrációjának meghatározása az illesztett görbe alapján



- a B/B_o %-ot,
- a B_o/B-t és
- a regressziós egyenes alapján kiszámitott koncentrációt.

A program használatához nem kell különösebb szakképzettség, sok minta esetén jelentősen gyorsitja az értékelést. A bemérési hibából származó kiugró érték az ábrán jól észlelhető; ha az érték elhagyásával ujra futtatjuk a programot, pontosabb eredményt kapunk.

Az 1. és 2. ábrán T4 RIA készlet értékelésénél mutatom be a a program müködését.

MEGJEGYZÉS

1. A program jelenlegi formájában közvetlenül csak abban az esetben használható, amikor a rendszerben lévő kötött antigén aktivitását mérjük /pl. T3, T4/. Ha a szabad antigén aktivitása a meghatározható mennyiség /F/, akkor az összaktivitás /T/ értékéből levonva megkapjuk a kötött aktivitás értékét, és ezt az adatot dolgozzuk fel. Egyszerü megoldás: beütjük F értékét, majd +/- /előjelváltás/, +, RCl,1,5 /a 15. memória tárolja T értékét/,=,R/S.
2. A program nem számol az NSB /nem specifikus kötés/ értékével. Ha ezt az adatot is figyelembe kivánjuk venni, akkor a feldolgozandó c.p.m. értékekből - a háttérhez hasonlóan - a beolvasás előtt ezt le kell vonni.
3. Ha a készlet 7 standard mintánál többet tartalmaz, az első programrész lefutása után a 30.-tól kezdve szükséges kiiratni a memóriák tartalmát, majd a második programrész mágneskártyáinak beolvasása után az értékeket a megfelelő adattárolókba beirjuk[2].

IRODALOM

1. *Paksy A.*, Radioimmun eljárások statisztikai elemzése, Biológia 27 /1979/ 121
2. PTK-1096 Kezelési utmutató. Hiradástechnika Szövetkezet kiadványa.

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:166-171 /1983/

A GAMMA MŰVEK ÚJ SUGÁRVÉDELMI MŰSZEREI

Tóth Istvánné, Sarkadi András

Gamma Müvek, Budapest, Pf. 1, 1509

/Érkezett 1982. október 19-én/

BEVEZETÉS

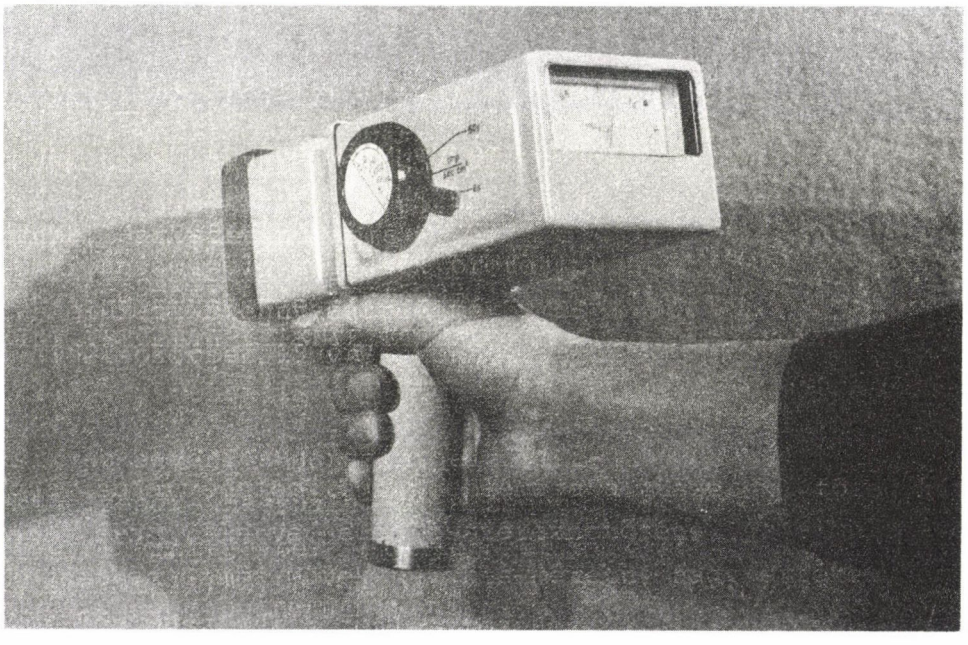
A magyar sugárvédelem régi problémája a müszerek, főleg kézimüszerek hiánya, magas ára, illetve nehéz beszerezhetősége. Az elmult években ennek megoldására kezdett a Gamma Müvek uj, kis méretü, nagy érzékenységü, hordozható sugárvédelmi kézimüszerek kifejlesztéséhez.

Két, különböző célu készülék prototipusát dolgoztuk ki. Az egyik a radioaktiv felületi szennyezettségmérő /NS-118/. Nagy felületü, végablakos detektorával elsősorban lágy β-szennyezettség felderitésére és mérésére szolgál.

A másik az egyéni sugárszintjelző /NS-116/; alacsony γ- és röntgensugárszint kijelzésére használható. A zsebben hordozható készülék jelzési szintjét a gyár állitja be, jelenleg két értékre: 20 µgy/h-ra vagy 200 µGy/h-ra.

Mindkét kézimüszer a Gamma Müvek szolgálati szabadalmára épül.

A RADIOAKTIV FELÜLETI SZENNYEZETTSÉGMÉRŐ /NS-118/



A készülék /1. ábra/ radioaktiv izotóppal szennyezett sugárzó felület megtalálására, illetve a sugárszennyezettség mértékének mérésére szolgáló telepes, analóg kijelzésü kézimüszer. A szennyezett folt gyors megtalálásának és a pontos mérésnek ellentmondásos követelményét a készülék ugy elégiti ki, hogy az integrálási időállandót méréshatártól függetlenül lehet beállitani. Detektora nagy felületü /37 cm / SzBT-10 végablakos GM-cső, ablakvastagsága kb. 2,5 mg/cm², elsősorban β-sugárzás mérésére alkalmas.

A sugárzásszennyezettséget négy méréshatárban: 2, 20, 200, 2000 imp/s.cm² végkitéréssel jelzi ki. A méréshatárt a készülék oldalán elhelyezett nagy méretü forgatógombbal lehet átváltani. A gombbal közös tengelyen elhelyezett kapcsolókarral a mérési időállandó állitható be.

A forgatógomb alaphelyzetében a müszer ki van kapcsolva. Elforditva a az első helyzetben ellenőrizhető a telep feszültsége. A készülék 1,1 V-os feszültségről még biztonságosan müködik. A telepet - 1,5 V-os névleges feszültségü Góliát elemet - a nyélben helyeztük el. A forgatógombot a következő helyzetbe állitva a müszer a x1000, majd a x100, x10, x1 méréshatárba kerül.

A készülék müködőképességét a kijelző müszeren elhelyezett piros LED 5 - 10 másodperces világitása jelzi. Ha a LED nem gyullad ki, vagy nem alszik el, és a telepfeszültség az előirt értékü /1,1- 1,6V/, akkor a készülék hibás.

Ha a folyamatos használat mellett a telepfeszültség az előirt érték alá csökken, a piros LED előbb villogni kezd, majd folyamatosan ég. Amig csak villog, a mérés pontos marad, de ha már állandóan világit, hibás lesz a kijelzés, azonnali telepcserére van szükség.

A mérés során célszerü először a rövidebb integrálási időt használni, azaz a váltókart "6s" feliratu állásba forditani. Ekkor a beállási idő kb. 6 másodperc. Igy lehetséges nagy felület viszonylag gyors ellenőrzése, s a háttérsugárzásnál kiugróan nagyobb sugárszennyezettségü folt megtalálása. A szennyezéseltávolitása után a nagyobb időállandóba kapcsolva ellenőrizhető, nem maradt-e a háttérsugárzást alig tullépő szennyezettség.

A nagyobb időállandó használatakor elvileg a beállási idő 60 másodperc lenne, de ez a gyakorlatban kb. egyharmadára rövidül, mert a kisebb időállandóban mért érték az átkapcsoláskor átmásolódik, és igy nem kell megvárni a mutató felkuszását a mért érték közelébe. A kézimüszer alapkiépitésében egymással közvetlenül csatlakoztatott szondából és kiértékelő egységből áll. Ha szükséges, a szonda külön nyélre tehető, s egy hosszabbitó vezetékkel kapcsolódik a kiértékelő egységhez.

A készülék pára és csepegő viz ellen védve van.

A készülék további paraméterei a következők:

Érzékenysége: $^{90}Sr + ^{90}Y$ (β) 1 imp/s.cm^2 ≈ 1,5 Bq/cm^2
^{204}Tl (β) 1 imp/s.cm^2 ≈ 2 Bq/cm^2
^{14}C (β) 1 imp/s.cm^2 ≈ 7,4 Bq/cm^2
^{60}Co (γ) 1 imp/s.cm^2 ≈ 0,56 μGy/h

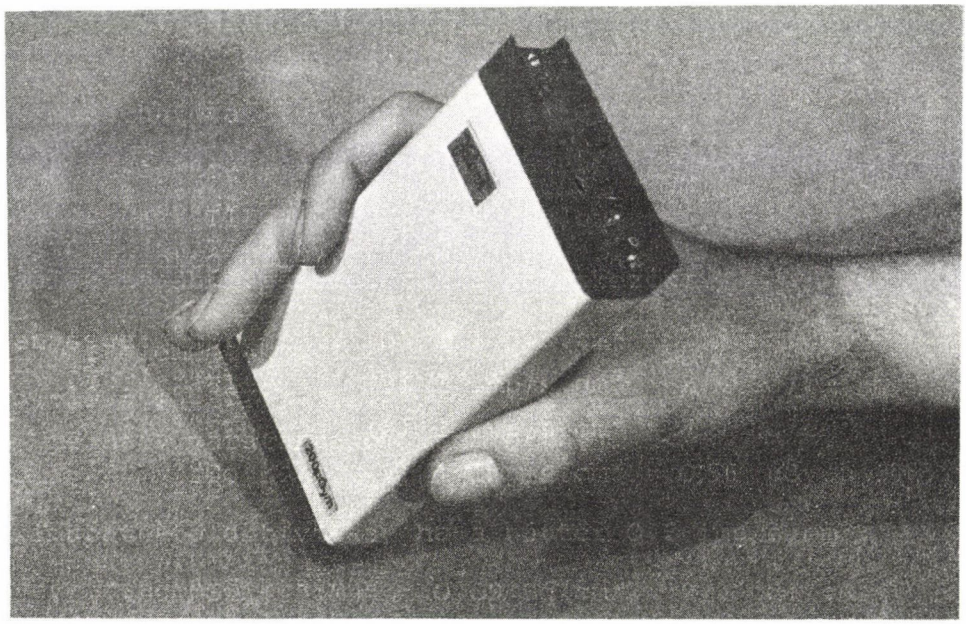
Minimális kimutatható aktivitás, ha a háttér 0,2 imp/s.cm^2:

$^{90}Sr + ^{90}Y$ 0,09 Bq/cm^2 ≈ 2,5 pCi/cm^2
^{204}Tl 0,12 Bq/cm^2 ≈ 3,2 pCi/cm^2
^{14}C 0,44 Bq/cm^2 ≈ 12 pCi/cm^2

Müködési idő: 1 elemmel kb. 100 üzemóra
Klimahatár: -10 - +50°C
relativ páratartalom max. $95\pm\frac{3}{5}$%
Mérési hiba: ±25% /tápfeszültség+klima+statisztikus hiba/
Tömege: kisebb mint 2 kg.

Szennyezettségmérő kézimüszerünket a Fővárosi KÖJÁL közremüködésével összehasonlitottuk a forgalomban lévő, hasonló célu müszerekkel. Erről a későbbiekben részletes ismertetőt közlünk.

AZ EGYÉNI SUGÁRSZINTJELZŐ /NS-116/



Az egyéni sugárszintjelző /2. ábra/ felhasználható röntgen- vagy γ-sugárzás jelenlétében dolgozók egyéni sugárvédelmi eszközeként, alacsony γ- és röntgen-sugárszint biztonságos kijelzésére. A készülék előre beállitott dózisteljesitmény fölött fény- és hangjelzést ad.

Jelenleg vagy 20 μGy/h-ra, vagy 200 μGy/h-ra beszabályozott készülékek kaphatók, de a jelzési szint 5 μGy/h (500 μR/h) és 5 mGy/h (500 mR/h) között gyárilag bárhol beállitható, a megrendelő külön kivánsága szerint.

Az egyéni sugárszintjelző 5 Gy/h (500 R/h) nagyságu sugárzás esetén is müködik, nem fullad le. A készülék energiakompenzált kivitelü. 60 keV-1,3 MeV energiatartományon belül ±30%-os pontossággal jelez.

Mérete kicsi: 150x75x25 mm, zsebben hordozható. Telepfeszültsége 9 V-os 6F22 elem. Áramfelvétele kisebb, mint 200 μA, tehát egy teleppel figyelő üzemmódban kb. 1000 órán át üzemel.

A készüléket kétállásu miniatür kapcsolóval kapcsoljuk be. Bekapcsoláskor a hangszóró rövid idejü /kb. 4 s/ sipolása jelzi a müszer üzemképességét. A készülék a telepfeszültség részleges kimerülése esetén hangjelzést ad.

Ebben a két esetben a világitó dióda nem müködik, igy a készülék meghibásodásából, illetőleg a telep kimerüléséből eredő hiba egyértelmüen elkülönithető a sugárzás okozta jelzéstől.

A sugárzás érzékelője kis méretü, energiakompenzált burkolatu, ZP 1200 tipusu GM-cső. A GM-cső áramát a differenciálerősitő a kijelző egység számára felerősiti. Amikor ez az áram eléri az előre beállitott megszólalási sugárszinthez tartozó küszöbáram értékét, világitani kezd a LED, és müködni kezd a hangszórót meghajtó, inditott üzemü, astabil multivibrátor.

A GM-cső 500 V-os tápfeszültségét és a belső referenciafeszültséget kapcsoló üzemü tápegység állitja elő, amely igen kis áramfelvétel és szélsőséges telepfeszültség mellett is biztositja a szükséges stabilitást.

A gyártmány további adatai:

A megszólalási sugárszint beállitási, tápfeszültség-változási hibája és a statisztikus összegzett hibája ≤±30%
Áramfelvétel sugárzás mellett, ha a hangszóró szól: ≤30 mA
A bekapcsolási tranziens ideje: <10 s
Klimahatár: -10 - +50°C
+40°C 95% relativ páratartalom mellett.

A készülék kijelzési hibája: ≤±30%
A müszer tömege: 250 g

1. táblázat

Egyéni sugárszintjelző készülékek

A műszer tipusa Gyártócég	GAMMA TEST 500 GRAETS /NSZK/	RAD 20 VALLAC /Finno./	DSZJ Bányászati K.I.	ALDO-2 POLON /Lengyelo./	NS-116 Gamma Művek
Érzékenység γ-sugárzásra	20 µGy/h-5 mGy/h (2 mR/h-500 mR/h) 10 lépésben beállítható	10 µGy/h-2 mGy/h (1 mR/h-200 mR/h) beállitható 6 lépésben	Háttérsugárzástól 1500 Gy/h. Nem állitható be küszöbszint, állandóan szól. A dózisszint növekedésével a frekvencia változik	300 µGy (30 mR) Nem állitható. Dózisjelző, 0,1 Gy/h-ig terhelhető	5 µGy/h-5 mGy/h (500 µR/h-500 mR/h) Bárhol beállitható
A megszólalási sugárszint beállitási, tápfeszültség - változási hibája és a statisztikus összegzett max. hiba	nincs megadva	nincs megadva	nincs megadva	nincs megadva	± 30%
Energiatartomány Max. energiafüggés	40 keV-1,2 MeV ± 20 %	50 keV-3 MeV ± 20 %	50 keV-1,5 MeV nincs megadva	nincs megadva	60 keV-1,2 MeV ± 30%
Tápfeszültség	2 db 1,5 V elem	3 db 1,5 V elem	2 db 1,5 V elem	1 db 9 V elem	1 db 9 V elem
Telepkimerülési jelzés megszólalási feszültsége	nincs megoldva	nincs megoldva	nincs megoldva	nincs megoldva	van
Áramfelvétel riasztás nélkül	4 mA	nincs megadva	működési idő 800 óra	50 µA	≤ 0,2 mA
Áramfelvétel riasztáskor	40 mA	nincs megadva	nincs megadva	50 mA	≤ 30 mA
Üzemi hőmérséklet tartomány Hőm. hibája /max/	0°C-50°C ±20%	-20°C - +50°C nincs megadva	-20°C - +50°C nincs megadva	-5 C°- +40°C ±0,8%/°C	-10°C - +55°C /+40°C-nál 95% pára/ ±30%
Méret /mm-ben/	104x68x25	73x135x22	22x42x110	118x70x25	150x75x25
Sugárzást érzékelő detektor	GM-cső	GM-cső	félvezető detektor	ionizációs kamra	GM-cső

A készülék müszaki összehasonlitását hazai és külföldi hasonló tipusokkal az 1. táblázatban láthatjuk. A KGST piacon hasonló specifikációju termék nem készült. A POLON cég ALDO-2 tipusu, dózistullépést jelző zsebkészüléke nem dózisteljesitményt jelez, hanem dózist.

A Bányászati Kutató Intézet által kifejlesztett DSZJ tipusu sugárszintjelző készülék a háttérsugárzástól 1500 Gy/h-ig jelzi a sugárzást. Küszöbszint nem állitható. A kijelző hangszórója a detektor által kiadott minden egyes impulzus hatására rövid időre megszólal. A dózisszint növekedésével a megszólalási gyakoriság növekszik.

A levélben vagy telefonon érdeklődőknek készséggel állunk rendelkezésére. Telefonszámunk: 253-220/493.

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:172-179 /1983/

RENDEZVÉNY

SUGÁRVESZÉLYEZTETETTSÉG A BÁNYÁSZATBAN

Nemzetközi konferencia, Golden, Egyesült Államok, 1981. október 4-9.

Soós Kálmán[1], Köteles György[2]

[1]Mecseki Ércbányászati Vállalat, Pécs, 39-es dandár u.19, 7633

[2]Országos "Frédéric Joliot-Curie" Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutatóintézet, Budapest, Pf. 101, 1775

/Érkezett: 1982. december 10-én/

Az ércbányászat egyik foglalkozási veszélye az, hogy a bányászok a levegőben lévő radon gázt és rövid életü bomlástermékeit /a radontermékeket/ belélegzik. Uránércbányában ez jelentős foglalkozási sugárterhelést jelenthet. A radon és a radontermékek az urán-rádium bomlási sor elemei, s mivel az urán mindenütt megtalálható a földkéregben, ezért ezek az elemek - ha kisebb koncentrációban is, mint az uránércbányákban - a talajból, valamint egyes épitőanyagokból származóan jelen vannak a szabadban és a szobalevegőben egyaránt. Belélegzésük hozzájárul a népesség természetes sugárforrásból származó sugárterheléséhez is.

Földalatti uránércbánya levegőjében ezen radioaktiv elemek koncentrációja - megfelelő korlátozó intézkedések hiányában - igen nagy értéket érhet el. Más, nem uránércet termelő bányában is jelentős koncentrációkat észleltek /1. táblázat/.

A gyakorlati sugárvédelemben az egyik legnagyobb fontosságu problémakör az uránércbányászok sugárvédelme. A munkahelyek nagy radon- és radontermékkoncentrációját teszik felelőssé a bányászoknál tapasztalt, a tüdőráknak lakossági átlagnál gyakoribb előfordulásáért /Schneeberg, Jachymov, Colorado Plateau/. Ezek az epidemiológiai adatok, valamint a Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság /ICRP/ uj sugárvédelmi filozófiája és ajánlásai alátámasztják a bányászok sugárvédelmének fontosságát. Korábban az ICRP, 2. számu közleményében[1] a belső sugárterhelésre vonatkozó ajánlásaiban a tüdőre, a nagy bronchusok hámjára, mint kritikus szervre "megengedhető" 15 remből származtatta a levegőben lévő rövid életü radontermékek "megengedhető maximális koncentrációját". Az ICRP 26. számu közleménye[2] ionizáló sugárzásnak foglalkozásszerüen kitett személyeknél az egész testet érő sugárterhelés esetén 50 mSv /5 rem/ értéket jelöl meg az évi dózisegyenérték korlátjaként. Ezt a határértéket az a követelmény szabja meg, hogy a radioaktiv sugárzásnak kitett dolgozók egészségének átlagos foglalkozási veszélyeztetettsége nem lépheti tul a nagy biztonságu iparágakban tapasztalt átlagos foglalkozási veszélyeztetettséget. Ehhez az elvhez és az évi effektiv dózisegyenérték-korláthoz igazodva adta meg az

ICRP az egyes radionuklidokra vonatkozó évi felvételi korlátértékeket[3], és külön foglalkozott a radonra és a toronra vonatkozó ajánlásokkal[4].

1. táblázat

A radontermék-koncentráció átlagértékei természetes és mesterséges emberi környezetben

	Munkaszint*
Szabadban	
óceán felett	5.10^{-6} - 6.10^{-5}
szárazföld felett	5.10^{-4} - 3.10^{-3}
NCRP** szerint sulyozott átlag	0,015
UNSCEAR***" "	0,001
Épületben	0,0014 - 0,010
Alagutban	0,06 - 0,6
Uránércbányában szellőztetés nélkül	27 - 300
" szellőztetéssel 1950-60	7 - 15
" " 1970-80	0,11 - 1,1
Más /nem uránérc/ bányában	0,1 - 0,4
Egyes országok közölt átlagos adatai	
Svéd kisérleti uránércbánya, 15 légcserével óránként	0,04
" a szellőztetés megszünése után 8 órával	30
Kanadai uránércbányák, napi ingadozás	0,3 - 1,7
USA uránércbányák, jelenlegi átlag	0,3 - 05
" még előforduló maximumok	1,5 - 9,5

* WL /Working Level/ = $1,3.10^5$ MeV/liter potenciális alfa-energia = $3,7.10^3$ Bq.m^{-3} EEC/"energy equilibrum concentration"/

**National Committee for Radiation Protection = az Egyesült Államok Nemzeti Sugárvédelmi Bizottsága

***United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations = az ENSZ-nek az Atomsugárzás Hatásával Foglalkozó Bizottsága

A radontermék-belégzés és az ebből származó foglalkozási sugárterhelés határértékei kétféleképpen származtathatók. Az egyik az epidemiológiai információ, amit az utóbbi 15 évben gyüjtöttek össze a tüdőrák többletelőfordulásáról több földalatti bányászcsoportnál, főként uránércbányászoknál, akik aránylag nagy ^{222}Rn-koncentrációju levegőben dolgoztak. Ezekből az adatokból összefüggést lehetett megállapitani a radontermék-expozició és a tüdőráktöbblet között. A másik módszer alapját a dozimetriai modellek képezik, amelyekkel megbecsülhető a radontermékek belégzése révén a tüdőre vonatkoztatott effektiv dózisegyenérték. Mindkét megközelités bizonytalanságot tartalmaz, ezért a végső ajánlás a két megközelités összevetésén alapult. Ennek megfelelően az évi radionuklid-felvételi korlátot 0,02 J-ra, az évi expoziciót 4,8 munkaszinthónapra /WLM-re/, a származtatott levegőkoncentrációt 0,4 munkaszintre /WL/ ajánlják. /A WL meghatározását lásd az 1. táblázatnál, a WLM-ét a 2. táblázatnál/.

A fentiekben vázolt kérdések fontossága tükröződik abban, hogy az Egyesült Államok Munkaügyi Minisztériuma Bányabiztonsági és Egészségügyi Hivatala /US Department of Labor, Mining Safety and Health Administration, Denver, Colorado/ és a Coloradoi Bányászati Egyetem /Colorado School of Mines/ 1981 októberében Goldenben /Colorado, USA/ megrendezte e tárgyban az első nemzetközi konferenciát, melyen a 355 résztvevő 21 országot és 2 nemzetközi szervezetet /IAEA, OECD/NEA/ képviselt. A résztvevők 60%-a az Egyesült Államokból, 20%-a Kanadából jött. A szocialista országok közül csak Lengyelországból és Magyarországról volt 2-2 résztvevő. A tudományos és müszaki szakembereken kivül jelen voltak, és számos vitát élénkitettek a kormányhivatalok, a munkáltató szakmai egyesületek és a szakszervezetek képviselő is.

Az ötnapos konferencián 18 plenáris előadás, 5 szekcióban, 36 ülésen 171 félórás előadás hangzott el, valamint egy kerekasztal-konferenciát rendeztek. A tematikában az uránbányák és más /nem urán-/ bányák problémái egyaránt szerepeltek. Az előadások az alábbi főbb témák körül csoportosultak[5]:

- sugárzási szint a bányában;
- az abszorbeált dózis, annak biológiai hatásai;
- az egészségkárositás kockázata;
- az egészségi ártalom és ellenőrzése, a kóros jelenségek orvosi-biológiai kimutatása;
- a sugárzási szint méréstechnikája;
- müszaki sugárvédelem, hulladékkezelés;
- szabályozás, rendelkezések, oktatás, továbbképzés.

SUGÁRZÁSI SZINT A BÁNYÁBAN

Az uránércbányán belüli környezetben a radontermék levegőkoncentrációja számos feltételtől, müszaki tényezőtől, elsősorban a szellőztetés hatékonyságától függ. Erre vonatkozó példákat láthatunk az 1. táblázatban. Megjegyzendő, hogy egy adott bánya adott mérési helyén jelentős napi ingadozás is előfordulhat.

Számos országban a bányalevegő radontermék-koncentrációjának jelenleg elfogadott átlagos szintje 1 munkaszint /WL/. Megjegyezzük, hogy ez az érték 2,5-szer nagyobb, mint az ICRP levegőkoncentrációra ajánlott értéke. A származtatott érték betartása nem kötelező, ugyanis a meghatározó tényező az, hogy egy dolgozó mennyi időt tölt el a levegőben egy adott munkaszint-koncentrációju radont tartalmazó munkahelyen. Ezt az expozicióértéket fejezi ki a munkaszinthónap /WLM/ értéke.

AZ ABSZORBEÁLT DÓZIS, ANNAK HATÁSA ÉS KOCKÁZATA

Az uránércbányászt a bányában háromféle természetes sugárforrásból származó expozició éri: a radontermékekből, a levegőben szálló ércporból, valamint az érc γ-sugárzásából. Ahhoz, hogy a sugárterhelést és a vele járó kockázatot komplex módon lehessen értékelni, fel kell mérni az egyes tényezőktől származó sugárterhelést. Jelenleg még mind a belső, mind a külső dozimetria sok megoldatlan problémát tartalmaz.

A radontermékektől származó tüdőterhelés csak modellekkel számolható ki, illetőleg becsülhető meg. Az OECD/NEA feladatcsoportot hozott létre, amelyben 20 szakértő a radondozimetria módszereit és a rendelkezésre álló dozimetriai modelleket vizsgálta át. 1982-ben megjelent részletes tanulmányukban megállapitották, hogy a dozimetriai modellek között a hörgők /bronchusok/ hámjára vonatkozó dózis becslésében egy nagyságrendnyi eltérés van, továbbá, hogy több ismeretet kell gyüjteni a dóziseloszlásról, szabványositani kell a mintavételi és elemzési módszereket, több epidemiológiai, biológiai és orvosi adatra van szükség[6]. A WLM-re vonatkoztatott effektiv dózisegyenérték értékei - a különböző modellek alapján számitva - mintegy 2,5-szörös tényezővel térnek el egymástól, 6 mSv/WLM-től kb. 30 mSv/WLM-ig terjednek. Szerintük a becslés akkor jó, ha a WLM-re vonatkoztatott, számitott dózisegyenértékek csak legfeljebb 50%-kal térnek el egymástól.

2. táblázat

Egyes bányászcsoportok radontermékektől származó sugárexpoziciója munkaszinthónap (WLM*)/év értékben

	1960	1970	jelenleg	megjegyzés
USA lakossága			0,22	
Bányászok:				
Svédország, nem-urán		47	0,7	a viz nagy Rn-koncentrációja miatt
vas			5	
Kanada, urán			0,8 - 1,6	ritkán 4 felett is
Olaszország, urán			2	
USA, urán	20 - 45	10+	4	+az esetek 60-70%-ában /szakszervezeti előadás/
		3,75	1,28	munkáltatói előadás
Ausztrália, urán, külszini müvelés, 2% U_3O_8			0,065	

*1 munkaszinthónap /WLM - Working Level Month/ = 1 munkaszintü /WL/ radontermék-koncentráció 1 hónapon /170 munkaórán/ át történő belégzése

A 2. táblázat a radontermékektől származó sugárexpozició mértékére mutat be néhány példát.

Érthető, hogy amig a radontermékektől származó sugárterhelés igen nagy volt, addig a viszonylag kis külső sugárterhelést az egészségkárositó kockázat szempontjából el lehetett hanyagolni. A munkaszinthónap /WLM/ jelentős csökkenésével azonban a dolgozó teljes sugárterhelésében a külső sugárterhelés viszonylagos hozzájárulása megnőtt, ezért már nem hanyagolható el, s ujabban egyre több bányában kezdik felmérni a külső sugárzás dózisteljesitményét. A mért értékekre láthatunk néhány példát a 3. táblázatban.

3. táblázat

A bányász szervezetére kivülről ható γ-sugárzás dózisteljesitménye uránérc bányában

	mSv.hó$^{-1}$	mrem.hó$^{-1}$
Kanada	3,4 - 8,5	340 - 850
USA /10% U_3O_8/	5,0	500
Ausztrália, külszini bánya /2% U_3O_8/	0,51	51
Olaszország	0,20	20

A TÜDŐ ROSSZINDULATU DAGANATOS MEGBETEGEDÉSE

A "többlettüdőrák" eddigi epidemiológiai felmérésekre alapozott előfordulási valószinüségének értéke körül egyre nagyobb vita bontakozik ki az irodalomban. A következtetés levonásához mind szigorubb követelményeket állitanak fel: pl. az életkortól függő halálozási arányra, a dohányzási szokásokra, előző, nem uránércet termelő bányában eltöltött időtartamra való korrigálást, illetőleg ezek figyelembevételét is. Több országban, mint pl. az Egyesült Államokban, Kanadában és Svédországban, a régi epidemiológiai adatok ujraértékelését, valamint uj adatok gyüjtését kezdték meg. A fő cél természetesen az lenne, hogy meg lehessen állapitani a többlettüdőrák előfordulásának a sugárexpozició /WLM/ mennyiségére vonatkoztatott valószinüségét. Sugárbiológiailag - sugáregészségügyileg ugy tekintik, hogy ionizáló sugárzás kiváltotta sztochasztikus jellegü biológiai hatásoknál, mint pl. a rosszindulatu daganatképződésnél, a dózis-hatás összefüggés lineáris, bár nem tudjuk, hogy a kis dózisok kockázata valóban arányos-e a nagyokéval. E kérdés

tisztázásának abban a vonatkozásban is nagy jelentősége lenne, hogy a lakosság radonterheléséből származó egészségkárosodás kockázatát is meg lehetne becsülni.

Néhány bányászpopuláció többlettüdőrák-kockázati értékét foglalja össze a 4. táblázat, az eddig rendelkezésre álló epidemiológiai felmérések alapján.

4. táblázat

Többlettüdőrák-előfordulás kockázata különféle bányászcsoportokban az epidemiológiai felmérések alapján

	eset/10^{-6}személyév/WLM
Uránércbányászok:	
USA	3 - 6
Kanada	13 - 20
Csehszlovákia	8 - 19
Vasércbányászok:	
Svédország	
nem dohányzók	16
dohányzók	20
Cinkércbányászok:	
Svédország	30

A jövőben végzendő epidemiológiai felméréseknél fokozott figyelmet kell forditani a megfelelő kontroll csoport kiválasztására, a sugárexpozició becslésére, illetőleg mérésére, hiszen a sugárexpozició szintje a bányákban általánosan csökken.

A KÓROS FOLYAMATOK ORVOSI-BIOLÓGIAI KIMUTATÁSA

A sugárbiológiai kutatásnak egyik leggyakorlatibb törekvése olyan megfelelő tünetek, indikátorok felismerése, illetőleg feltárása, melyek a különböző dózisu és kvalitásu, akutan vagy krónikusan ható sugárzásnak egy egyedre vagy egy csoportra való hatását jelzi. A probléma még számos vonatkozásban nincs megoldva. Különösen kezdeti stádiumban van az a kutatás, amely a krónikusan ható α-sugárzástól származó tüdőterhelésnek kitett bányászok egyéni vagy csoportos reakcióit jelző módszereket, biológiai indikátorokat hivatott megtalálni. A megfelelő jelzőmódszerek kidolgozásának három fő célja van:

1. az egyén érzékenységének megitélése munkaalkalmassági vizsgálatnál;
2. a klinikai tünetet, betegséget még nem okozó sugárterhelés jelzése;
3. a klinikai módszerekkel még ki nem mutatható, de már meglévő patológiás folyamat, pl. tüdőtumor észlelése.

Ezekben az irányokban haladni reménytkeltően csak a sejtszintü sugárbiológia módszereivel lehetséges. Az első cél még távolinak tünik. A második célt, a klinikai tünetet, betegséget még nem okozó sugárterhelés jelzését citogenetikai, sejtimmunológiai, citológiai módszerekkel lehetséges megközeliteni. A harmadik célt - a makroszkópos radiológiai vizsgálatokon kivül /melyek rendszerint már későn indikálják a zajló kóros folyamatot/ - sejtfelszin-immunológiai, köpetcitológiai, in vivo hisztokémiai módszerekkel kombinált bronchoszkópos vizsgálatokkal próbálják elérni.

A SUGÁRZÁSI SZINT MÉRÉSTECHNIKÁJA ÉS A MÜSZAKI SUGÁRVÉDELEM

A konferencián számos előadás foglalkozott a bányalevegőben lévő radonnak /és toronnak/ és rövid életü bomlástermékeiknek a mérésével. Hangsulyozták, hogy a "pontmintamódszer" csak korlátozottan alkalmas a sugárveszély értékelésére, mert nem ad felvilágositást a koncentráció időbeli változásairól, s emiatt a dolgozó tényleges expoziciójáról. Ez a probléma a "folytonos" vagy "integráló" mérőeszközök használatával kiküszöbölhető. Több ilyen mérőeszközt fejlesztettek ki elsősorban a radonkoncentráció mérésére, amelyeknek használhatóságát egyrészt az előadásokon, másrészt a konferencia alkalmával rendezett müszerkiállitáson mutatták be. A fejlődés iránya a személyi dozimeter, az integráló monitor és a folyamatos müködésü ellenőrző müszer felé mutat.

Szó esett a konferencián a radon emanálását gátló vagy késleltető vágatfal-szigetelésről is, de konkrétan használható és átütő sikerü szigetelésről nem tudtak beszámolni. Ugyanigy nem tudtak olcsó módszert ajánlani a bányalevegő szürésére sem.

Földalatti uránércbányában a személyi expoziciót elsősorban mechanikus szellőztetéssel tartják az ajánlott határérték alatt, s ezt esetleg kombinálják más védelmi eljárásokkal is. A kielégitő szabályozáshoz szükséges erőfeszitések a bányászati módszerektől, a geológiai formációtól, az érc eloszlásától és minőségétől, valamint a klimától függően egészen eltérőek lehetnek a különféle bányáknál, de költségük vitathatatlanul lényeges része az érctermelés költségének.

Az irányzat az, hogy a bányász - egyéni védelme érdekében - viseljen légzésvédő eszközöket. Erre a célra igen alkalmasnak látszik a nagyméretü

bányászsisak, amelyen elöl plexi álarc takarja az arcot, a sisak hátulján elhelyezett szürőn keresztül egy kis szivattyu szivja át a levegőt, és a dolgozó arca, valamint a plexi álarc közé fujja be. A kis szivattyu motorját a bányászlámpa akkumulátora táplálja. Megjegyezték, hogy ezt az aránylag nehéz, bonyolult védősisakot csak azokkal a bányászokkal lehetett elfogadtatni, akik viszonylag szintes területen, komolyabb fizikai erőkifejtés nélkül dolgozhattak, pl. automatikus berendezést irányitottak.

KÖVETKEZTETÉS

A korszerü nemzetközi ajánlások megvalósitása az egyes országok bányasugáregészségügyi gyakorlatában jelenleg még egymástól eltér. A nemzetközi konferencia első izben adott lehetőséget a bányászati sugárveszélyeztetettség igen széles problémakörének áttekintésére. A hazai bányászati sugáregészségügy számára gazdag tapasztalatanyagot sikerült gyüjteni.

* * *

A szerzők köszönetüket fejezik ki e munka támogatásáért, a konferencián való részvétel tudományos, erkölcsi és anyagi elősegitéséért Tóka Jenő vezérigazgatónak /MÉV/ és Prof. Dr. Sztanyik B. László főigazgató főorvosnak /OSSKI/, valamint az OMFB, az OAB és a Külügyminisztérium illetékeseinek.

IRODALOM

1. ICRP Publication 2. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation /1959/, Pergamon, Oxford, 1960
2. ICRP Publication 26, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon, Oxford, 1977
3. ICRP Publication 30. Limits for Intakes of Radionuclides by Workers, Pergamon, Oxford, 1979
4. ICRP Publication 32. Limits for Inhalation of Radon Daughters by Workers, Pergamon, Oxford, 1981
5. International Conference. Radiation Hazards in Mining: Control, Measurement and Medical Aspects. Society of Mining Engineers of American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, New York, 1981
6. *G.F. Clemente, A.V. Nero*, et al., The Assessment of Radon and Daughter Exposure and Related Biological Effects, RD Press, University of Utah, Salt Lake City, 1982

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:180-182 /1983/

MAGMÁGNESES KÉPALKOTÁS

A Nukleáris Biológiai és Orvostudományi Világszövetség 3. Világkongresszusa /Párizs/ és az utána Strasbourgban tartott találkozó NMR-vonatkozásai

1982. augusztus-szeptember

A mágneses rezonancia mind a világkongresszusnak, mint az utána Strasbourgban tartott találkozónak témája volt. A statikus mágneses tér a magokat polarizálja, a "lassan" változó mágneses tér térbeli gradienst hoz létre a térbeli leképzés érdekében, a radiofrekvenciás tér a magok mágneses momentumának szögét változtatja meg. Párizsban M. Sauzade beszélt az NMR-leképezés elméletéről; előnyben részesitette a háromdimenziós eljárást, miután a minták általában szintén háromdimenziósak. J.M.S. Hutchison, a leképező módszereket áttekintve, a kétféle NMR mágnestipust jellemezte: a levegő burkolásu, rezisztiv mágnest, amelyet rézzel vagy aluminiummal tekercselnek, és vizzel hütenek, és a folyékony héliummal hütött, szupravezető mágnest, amely ugyan drágább, mint az előbbi, de sokkal nagyobb a térerőssége /2 T-ig/, és igy a hidrogénen kivül a ^{31}P, ^{13}C és ^{23}Na atommag vizsgálatára is képes. M.A. Foster és J.R. Mallard a spinrács-relaxációt azzal a T_1 időállandóval definiálta, amely alatt a vizben lévő protonok elvesztik a környezethez viszonyitott spinorientációs energiájukat; a spin-spinrelaxációt pedig azzal a T_2 időállandóval, amely alatt a spinorientáció rendezetlenné válik. Ez a két időállandó a kóros szövetben általában nem specifikus, ezért próbaexcindátumon a relaxációs idő vizsgálata aligha lesz elsődleges klinikai diagnosztikai próba.

Más a helyzet az NMR-leképezésnél, ahol a relaxációs időhöz térbeli információ is járul, és a környezethez képest kontraszt képezhető. Az NMR-képalkotásnak az X-CT-vel szembeni előnyeit F.W. Smith foglalta össze: nincsen ionizáló sugárzás, nem zavarja a testmozgás, nem jelentkezik csont- vagy levegőmütermék, anatómiai és fiziológiai mérés végezhető vele, sőt még biokémiai analizis is, és az eddiginél pontosabb szöveti jellemzést nyujt.

A Hammersmith Kórházban Thorn-EMI rendszerrel folyó diagnosztikus munkát D.H. Spencer és G.M. Bydder foglalta össze. Normál egyéneket, vaszkuláris és demielinizáló betegeket, továbbá tumorosokat elemeztek, és a módszert nagyon igéretesnek itélik; ezt T.F. Budinger strasbourgi összefoglaló referátumában is megerősitette. A P.C. Lauterburnak, a háromdimenziós NMR uttörőjének iskolájában dolgozó M. Dias a zeugmatografikus térképezés számos módszerének felemlitése után a klinikai vonatkozásokra tért át, elsősorban is kedvenc témájára: a paramágneses kontrasztanyagok kihasználására az akut miokardium infarktus diagnosztikájában, ciklusszinkron, háromdimenziós, jó feloldásu szivkép előállitására, részleges testleképzésre helyi felszini tekercsel, a relaxációs időkontraszt fokozására a rezonanciafrekvenciához közel álló radiofrekvenciás sugárzással és perfluorinált gázokkal kapott ventillációs tüdőképekre.

A paramágneses ion a Mn^{++} volt. Kutyaszivről készitett, transzverzális, koronális és szagittális szeleteken, szinkronizált, háromdimenziós NMR-zeugmatográfiás képen jó végszisztolés és diasztolés megjelenités érhető el, és a perfuziós és extrakciós különbség révén jól elkülönült az akut miokardiuminfarktus és a normális miokardium. Igéretes a módszer az agyödéma követésében is, mivel a protonsürüség kimutatja a viztartalmat. A nottinghami munkacsoport főleg neuro-radiológiai vizsgálatokat végzett; a bal oldalkamra hátsó végében lévő tumormetastasist transzverzális szeleten, suprasellaris craniopharyngeomát a szagittális szeleten és a bal orbita elülső oldalsó negyedében lévő ugyancsak tumormetastasist. A massachusettsi csoport a számitógépes tomográfiás scant jelenleg a központi idegrendszer diagnosztikájában specifikusabbnak tartja, kivéve a hátsó agyárkot, ahol zavaró mütermék hiányában a NMR az előnyösebb.

P. Mansfield és munkatársai állatkisérletben spinecho-rekonstrukcióval, kismalacsziven dinamikus NMR-leképzést valósitottak meg; a szivmüködést és a légzést is követni tudták vele. Francia és amerikai szerzők NMR-tomográfiás eljárással kiválasztott testövezetekben vizsgálták non-invazive a véráramlást. Kétféle rezonanciaeljárást használtak: az egyik a szabványos módszer, amelynél egy adó-vevőtekercset alkalmaznak, ezen halad át a vizsgálandó folyadék, a másik kéttekercses eljárás egymástól független adó-vevővel. J.R. Singer a mágneses inverzióval jelzett vérrel végzett áramlásmérést, és ha a "belátott" vérpálya megközelitőleg állandó volt, csupán az áramlási sebesség mérésével meg tudta határozni a véráramlást. T.F. Budinger összefoglalójában azt fejtegette, hogyan terjeszthető ez ki a miokardium áramlásmérésére.

R.E. Gordon, D. Shaw és D.G. Gadian arról szólt, hogy a helyi mágneses rezonanciát felületi tekercsekkel kombinálva, anyagcserevizsgálatot lehetővé tevő proton-, foszfor- és ^{13}C-spektrumok kaphatók. Stasbourgban P. Styles tartott hasonló jellegü előadást hasonló eljárással, azon elv alapján végzett munkáról, hogy a tekercsen belüli homogén mágneses tér és a frekvencia között közvetlen kapcsolat áll fenn. Ilymódon az emberi alkar izomzatából olyan foszfor-NMR-spektrum vehető fel, amelyen elkülönithető a szervetlen foszfát, a foszfo-kreatin és az adenozin-trifoszfát komponens α-, β-és γ-része. Terhelésből való regenerációkor mérhető a $P_{cr}+P_{cr}+P_{szervetlen}$ arány és a regenerációs idő, s igy pl. ezután felfedezhető a McArdle-szindróma, amely szerzett anyagcserezavarnak oka a vázizomzat glikogén-foszforiláz enzimjének aktivitáshiánya, ami aztán izomgyengeséghez vezet.

A francia G. Bene, aki a légzési distress szindrómában uralkodó viszonyokat és különféle folyadékgyülemeket vizsgált NMR-rel, arra hivta fel a figyelmet, hogy az eredeti relációs idők jelentősen megváltozhatnak makromolekulák, pl. albumin jelenlétében.

Az NMR-képalkotás esetleges veszélyeiről Párizsban M.A. Foster és D. McRobbie, az aberdeeni csoport munkatársai beszéltek, de Strasbourgban T.F. Budinger összefoglalójában is előkerültek. A sztatikus mágneses tér kisebb legyen, mint 2,5 T, a változó tér a test bármely pontján ne haladja meg a 20 $T.s^{-1}$-et 10 ms vagy hosszabb impulzusok esetén, a rádiófrekvenciás mágneses tér 15 MHz-ig terjedhet, de praktikusabb az a megközelités, hogy hatására $1^{0}C$-nál nagyobb átlaghőmérséklet-növekedés ne lépjen fel. Kerülendő a ritmuskeltősökön, terheseken és epilepsziásokon való alkalmazás.

Itt jegyzem meg, hogy már 0,35 T-val végzett teljestest-NMR is létezik· ezt Strasbourgban L.E. Crooks ismertette.

A strasbourgi találkozót világtekintélyek állásfoglalásai jellemezték. T.F. Budinger, a különféle térképező eljárások egyik legkiválóbb szakértője, rendkivül világos összefoglalójában összegezte az elhangzottakat. Érdekes megjegyzése volt, hogy az artériafali tekercs próbáival az atheroszklerotikus felrakódások felderitésében is lehetőséget lát. Némi vitát kavart a protomágneses kontrasztoló Mn^{++} májtoxicitása. A kutya adagja 20 mM/T-nyi volt. A ^{201}Tl-nál kedvezőbb extrakciós hányada miatt a nukleáris kardiológiában is szóbajött, de éppen toxicitása miatt álltak el tőle. T.F. Budinger, C. Kellershohnnal egyetértésben, elképzelhetőnek tartott olyan megoldást, hogy az adott határon belül maradva adható, majd utána EDTA-val detoxikálni lehet. Mn^{++} helyett egyébként gadolinium is jó. A veszéllyel kapcsolatban szerepelt a magyar Barnóthy Magda neve, aki alacsonyrendüeken igen korán végzett ilyen vizsgálatokat, és erről már a hatvanas évek végén az Egyesült Államokban szimpóziumot rendezett.

Házigazdánk, J. Chambron prpfesszor a Brüker-cég képviselőjével együtt mutatta be a strasbourgi felszerelést, mellyel spinsürüség, longitudinális és transzverzális időparaméter mérhető. A CXP 200 Mini a BNT Makro és a BNT-1000 készüléktipus teljestest- és fejvizsgálatra szolgál. Előbbiek szupravezető, utóbbi rezisztiv mágnessel dolgozik. A Brüker Elektrospin részei: 18 cm nyilásu elektromágnes; homogén, sztatikus polarizáló, 95 T-s tér, melyre három ortogonális tekerccsel létrehozott lineáris gradiens van ráültetve, és a pulzáló NMR-spektrométer /CXP Brüker Spektrospin/. Adatfeldolgozójuk házilag készült, Motorola mikroprocesszorokból, a HP 1000 számitógéphez. A képeket meghatározott axiális harántmetszetekből rekonstruálják 120 szürt, rekonstruált képből. A jelenlegi adottságok mellett az elméleti feloldóképesség kisebb, mint 1 mm.

A MNR-képalkotásról részletesebb ismeretek L. Kaufmann, L.E. Crooks és A.R. Margulis 1981-ben megjelent könyvében olvashatók*.

Horváth Mihály

---

*Ismertetése lapunk 183. oldalán található. Szerk.

IZOTÓPTECHNIKA 26/2/:183 /1983/

KÖNYVISMERTETÉS

Nuclear Magnetic Resonance Imaging in Medicine. Ed. L. Kaufman, L.E. Crooks, A.R. Margulis. Igaku-Shoia, New York, Tokyo, 1981

A képalkotáson alapuló orvosi diagnosztika uj fejezetét nyitotta meg a mágneses magrezonancián alapuló leképezés megjelenése. Ezzel az uj technikával az emberi testről teljesen uj információkat tartalmazó képeket kaphatunk.

Igen fontos, hogy a radiológusok, az izotópdiagnosztikával és az ultrahang-vizsgálatokkal foglalkozó orvosok, de a szélesebb orvostechnikai érdeklődésü klinikusok is, mielőbb megismerkedjenek az NMR-leképzés lényegével, a müszaki alapokkal és a klinikai lehetőségekkel. Erre a célra ideálisan alkalmas ez a minden szempontból kiváló kézikönyv.

A könyv P.C. Lauterbur előszavával és a szerkesztők által irt bevezetéssel indul, majd 242 oldal terjedelemben tárgyalja a szakmai ismereteket.

Az első, általános perspektivákat körvonalazó fejezetben Margulis kiválóan foglalja össze mindazokat a reális lehetőségeket, melyeket a NMR-technika megnyit a modern gyógyászat számára. Ezt követően négy fő fejezetben találjuk a részletes mondanivalót. Az első fejezet a fizikai alapfogalmakkal, az NMR-berendezés felépitésével, a technikai megoldásokkal, az NMR-rendszerekkel egybeépitett számitógépekkel, vagyis a teljes hardware-rel foglalkozik.

A második fejezet tartalma az NMR-képalkotás az orvosi diagnosztikában. A fejezet a normális és kóros állatkisérletes NMR-felvételekkel indul, majd az emberi szervezet NMR-leképezését, illetve a keringésvizsgálat NMR-technikáját mutatja be.

Részben a jövőbe tekint a harmadik fejezet, ahol a hidrogénen kivül a többi, NMR-technikára alkalmas elem felhasználási lehetőségeiről van szó.

A negyedik fejezet tárgya a potenciális kockázat, a nagyfrekvenciás mágneses tér hatása az emberi szervezetre és az egyes szervek müködésére. A nagy szakmai igényességgel, de mégis jól érthetően megirt szakmai részt értékes irodalomjegyzék és értelmező szótár zárja le.

A Nuclear Magnetic Resonance Imaging in Medicine olyan könyv, melynek a modern diagnosztikai módszerek iránt érdeklődő orvosok, orvostechnikai szakemberek, biofizikusok könyvespolcán feltétlenül helye van.

Dr Hernády Tibor

TESZTOSZTERON RADIOIMMUNOASSAY AZ ÁLLATTENYÉSZTÉSNEK

A mezőgazdaság előtt álló távlati fejlesztési programokban, az állattenyésztésben kiemelt jelentőséggel szerepel a mesterséges termékenyítés minél szélesebb körű bevezetése a gazdaságilag fontos állatfajoknál. Növelni kell a nagy teljesítőképességű és kiemelkedően jó genetikai adottságú apaállatok utódainak számát is. Az ondótartósítás nehézségei ismertek, de sok esetben a meg nem felelő mennyiségű és minőségű ondó okoz komoly problémát.

Az apaállat spermiogenezisét, az ondóplazma termelését, más hormonális hatások mellett, a tesztoszteron hormon is szabályozza. E hormon egyrészt a here és a járulékos nemi mirigyek működésére hat, így szabályozza a spermiogenezist és az ondóplazma termelődését, másrészt szerepe van a libidó fenntartásában, a nemi magatartás megnyilvánulásában is. Régóta keresik a megoldást, miként lehetne megmérni a tesztoszteron koncentrációját a vérben. A biológiai assay-eljárások terjedtek el, majd, a kromatográfia fejlődésével, mód nyílt pontosabb meghatározásra is. E módszerek azonban csak igen nagy hibával tudták az eredményt nyújtani, emellett sorozatvizsgálatra sem voltak alkalmasak.

A radioimmunoassay (RIA) alkalmazásával mód nyílt igen kis mennyiségben (10^{-6}g) jelenlevő tesztoszteronnak igen nagy biztonsággal való meghatározására a perifériás vérplazmában. A meghatározás vérplazma, illetve szérumszükséglete igen csekély (0,4-1,5 ml), így fiatal, kis testtömegű állatnál is elvégezhető. A módszer egyszerű, gyors, emiatt alkalmas heti többszáz minta meghatározására. Az így meghatározott hormonmennyiség igen pontosan jelzi a kriptorchizmust, a herefejlődés rendellenességeit, utalhat a termékenyítő képesség zavarának okaira, jelezheti az ivartalanítás hatékonyságát, és támpontot adhat a pároztatás, illetve az ondólevétel legalkalmasabb időpontjának meghatározásához.

^{125}I-TESZTOSZTERON RIA IN VITRO KÉSZLET

Tartalma 100 meghatározáshoz, két párhuzamos mérés esetén 44 vizsgálandó minta tesztoszteronszintjének meghatározásához elegendő.

Kód: RK-21

Gyártja: az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Megrendelhető: az izotópkereskedelmi osztályon /IZOKER/

Telex: 225360 Telefon: 166-485

TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

309.024

IV.

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

26. ÉVFOLYAM 3. SZÁM (1983)

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓPINTÉZETE

IZOTÓP BUDAPEST

Felelős szerkesztő: Veres Árpád

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

Telefonszám: 166-689

Felelős kiadó: Veres Árpád
Kiadja az MTA Izotópintézete

Készült az MTA Központi Fizikai
Kutatóintézetének házi sokszorosi-
tójában.
Felelős vezető: Nagy Károly

*

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

*

Terjeszti a Magyar Posta.
Előfizethető bármelyik postahivatal-
ban, a kézbesitőnél, a Posta hirlap-
üzleteiben és a Posta Központi Hir-
lapirodájánál /KHI, Budapest V.,
József nádor tér 1, távbeszélő:
180-850, postacim: A Posta Központi
Hirlapirodája, Budapest, 1900/ a
215-96162 pénzforgalmi jelzőszámra.

Előfizetési dij: egy évre 240 Ft
Egyes szám ára: 60 Ft

Engedélyszám: III/SZI/299/1976

Indexszám: 25.399

Törzsszám: KFKI-83-610

Megjelenik évente négyszer.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE!

A kéziratot két példányban, magyar nyelven, magyar,orosz és angol nyelvü cimmel, ábra- és táblázatfelirattal, eredeti közlemény esetén pedig ugyancsak e három nyelven készült, kb. 100-150 szónyi kivonattal kérjük. A kézirat stilusa kerülje a hivataloskodó, tudálékos kifejezéseket, a nyelvet szintelenitő, az olvasmányosságot rontó fordulatokat. Szerzőink figyelmébe ajánljuk a "Hivatalos nyelvünk kézikönyve" cimü kiadványt /Biró Á., Grétsy L., Kemény G., Budapest, 1978/. A helyesirás az akadémiai helyesirás szabályait kövesse, a mértékegységek pedig az SI-t.

A kivonat ne ismételje meg a cimet, és ne tartalmazzon üres kifejezéseket. Ne a célt ismertesse, hanem az eredményt, lehetőleg számokkal kifejezve.

Rajzos ábrát tussal kihuzva vagy igen fekete vonalu gyorsmásolatban, fényképet eredetiben kérünk. A képeket, rajzokat kivánságra visszaküldjük.

A szerkesztőség a stiláris és helyesirási változtatás jogát fenntartja magának. A szerzők korrekturát és 50 különlenyomatot, valamint egy tiszteletpéldányt kapnak.

Hirdetést felveszünk, kongresszusi felhivást, értesitést, hirt szivesen fogadunk.

*

Az Izotóptechnika a hazai izotópalkalmazás szerteágazó területeiről és aktuális elvi, valamint módszertani eredményeiről kiván lehetőleg teljes képet adni a hazai szakembernek. Célja, hogy a stabilis és radioaktiv izotópok orvosi, mezőgazdasági, ipari felhasználásában elért alap- és alkalmazott kutatási eredményekről, a sugártechnika és sugárvédelem időszerü és módszertani kérdéseiről, a radioaktiv hulladék biztonságos kezeléséről és más, hasonló területekről tájékoztasson.

Utibeszámoló, konferenciabeszámoló, összefoglaló tanulmány, könyvismertetés formájában tájékoztat az érdemesnek itélt hazai és külföldi eredményekről. Az izotópalkalmazás további fejlődésének és terjedésének elősegitésére ismertetést, vitacikket, tájékoztatót közöl a hazai szakmai körök életéről, problémáiról, javaslatairól.

IZOTÓPTECHNIKA

26. ÉVFOLYAM 1983 3. SZÁM

TARTALOM

A ^{99m}Tc gyártásának minőségellenőrzési tapasztalatai 1982-ben
Zsinka L., Boóc A., Kecskés F., Guba J. 185

Опыты по контролью качества получения изотопа ^{99m}Tc в 1982

Experiences in the Quality Control of ^{99m}Tc Production in 1982

Uj tipusu mintaszállitó rendszer automatikus gamma-spektrométerhez
Matuz S. 190

Транспортная система нового типа для автоматического гамма-спектрометра

A New Type of Sample Transfer Systems for On-Line Computerized Gamma Spectrometry

Transzfer függvény értelmezése és kiszámitása perfuziós vizsgálatokban
Nyitrai L. 197

Интерпретация и вычисление функций переноса в изучении перфузии

The Interpretation and Computation of Transfer Functions in Perfusion Studies

A levegő radioaktivitása 100-250 kW-os kisérleti atomreaktorokban
Virágh E., E. Tschirf 215

Радиоактивность воздуха в зданиях ядерных реакторов мощности в 100-250 кВт

The Radioactivity of Air in the Buildings of 100-250 kW Nuclear Research Reactors

RENDEZVÉNY

Sugárzástechnikai módszerek alkalmazása a mezőgazdaságban és élelmiszeriparban
Szabó S.A. 227

KÖNYVISMERTETÉS

Földiák G., Stenger V.: Kisérleti és ipari gamma-besugárzó berendezések és alkalmazásuk (Uchrin Gy.)

IZOTÓPTECHNIKA 26(3):185-189 (1983)

A ^{99m}Tc GYÁRTÁSÁNAK MINŐSÉGELLENŐRZÉSI TAPASZTALATAI 1982-BEN

Zsinka László, Boóc András, Kecskés Ferenc, Guba János

Az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf.77, 1525

/Érkezett 1983. május 4-én/

A KÖZPONTI ^{99m}Tc-ELLÁTÁS

1976-ban vezettük be az intézetben kidolgozott, szabadalmi védettséget élvező, uj, szublimációs ^{99}Mo - ^{99m}Tc-elválasztási eljárást. Azóta az e módszeren alapuló technológia alapján látjuk el ^{99m}Tc-izotóppal Budapest gyógyitó intézményeit.

Az elválasztási technológiában a szakirodalomban ismert MoO_3 célanyag helyett uj, eddig e célra nem használt, titán tartalmu molibdén vegyületet alkalmaztunk azzal a céllal, hogy megfelelő fizikai kémiai folyamat révén a Tc_2O_7 szublimációja mennyiségében kedvezőbb legyen, és az ismert magas elválasztási hőmérséklet helyett lényegesen alacsonyabb hőmérsékleten menjen végbe az elválasztás. Ennek eredményeként a ^{99}Mo és ^{99m}Tc elválasztásának hatásfoka 25%-ról 40-60%-ra nőtt, ugyanakkor a szublimáció hőmérsékletét 850°C-ról 380°C-ra csökkentettük.

A technológia automatikus. A vezérlőberendezésnek köszönhetően a munkaidő kezdetén a Tc_2O_7 szublimátum kis méretü üvegcsőben, gyakorlatilag hordozómentes, sterilis formában áll rendelkezésre a további feldolgozáshoz. Az üvegcsövet néhány köbcentiméter sterilis fiziológiás konyhasóoldattal átöblitve nátrium-pertechnetát formában azonnal megkapjuk a ^{99m}Tc-t. Aktivitásmérés, higitás és steril szürővel való letöltés révén igen rövid idő alatt elkészithető a felhasználásra kész injekció. A módszer előnye, hogy a felhasználás szempontjából ideális radioaktiv koncentráció nemcsak "frissen fejt", hanem már néhány napot bomlott generátornál is elérhető, továbbá az eljárás nem igényel nagy fajlagos aktivitásu ^{99}Mo-t /kis termikus neutronfluxusu kutatóreaktor is megfelel besugárzási célra/.

Hétéves tapasztalat alapján állithatjuk, hogy a módszer, jelenlegi állapotában, több alkalmazó, igy nagyobb városok vagy nukleáris medicinai központok ^{99m}Tc-igényének kielégitésére is alkalmas. Automatikusan müködő generátorokkal a szállitásra kész terméket napi mintegy 20 felhasználónak két technikus, illetve asszisztens steril szüréssel 30-45 perc, hősterilezéssel 75-90 perc alatt tudja előállitani. 100 elválasztás átlagos hozama 63% /minimum 40, maximum 6%/.

A minőségellenőrzés a steril szürés után azonnal elkezdődik, és a radioizotópos tisztaság adatai már a szállitmány inditása előtt rendelkezésre állnak; a radiokémiai tisztaság vizsgálata még az első felhasználóhoz való meg-

érkezése előtt befejeződik. Ha tehát a termék a vizsgálatnál nem bizonyul megfelelőnek, a felhasználók telex- vagy telefonértesitése révén a hibás termék időben letiltható, vagyis felhasználása biztonsággal megakadályozható.

A központi előállitás nagy előnye a dokumentált minőségellenőrzés. Budapesten jelenleg egy termelési napon 60-80 GBq aktivitásu ^{99m}Tc-et szállitunk három gépkocsival 15-18 felhasználó részére. Az intézmények legkésőbb 9 óráig kapják meg a termékeket, 10 órára dokumentált aktivitással.

A nátriumpertechnetát injekció kétféle radioaktiv koncentrációban /80 és 800 MBq/cm^3/ kerül forgalomba.

A szállitás napjait félévenként kiadott ^{99m}Tc-naptár adja meg. Budapesten, ötnapos munkahéten átlagosan 17-18 technéciumtermelési nap van havonta.

Gyakori éjszakai áramkimaradás az eljárás megbizható alkalmazhatóságát veszélyezteti, ilyen esetben nem célszerü használni.

A MINŐSÉGELLENŐRZÉS

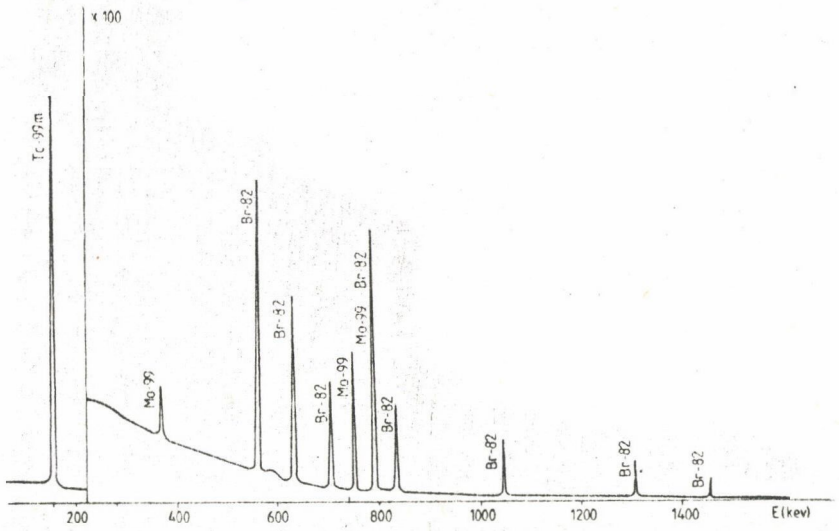
A ^{99m}Tc előállitása során végzett minőségellenőrzés
- a célanyag vizsgálatából és
- napi termékellenőrzésből áll.

Főbb szempontjaink:

- a radioizotópos tisztaságvizsgálat;
- a radiokémiai tisztaságvizsgálat;
- a mikrobiológiai ellenőrzés és
- az aktivitás ellenőrzése.

A radioizotópos tisztaságvizsgálatot Canberra Ge/Li/ detektorral felszerelt, NTA 31024 tipusu 1024-csatornás, EMG gyártmányu analizátorral végezzük. A vizsgálandó minta spektrumát standard mintaspektrumokkal hasonlitjuk össze. Az idegen radioizotópoktól eredő csucsokat ^{137}Cs és ^{60}Co etalonokkal végzett kalibráció utján azonositjuk, aktivitásuknak a ^{99m}Tc aktivitásához viszonyitott mértékét hitelesitett aktivitásu ^{137}Cs etalonnal határozzuk meg /1. ábra/.

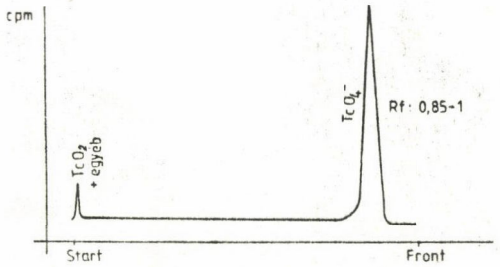
A mérések ideje változó, a napi ellenőrző mérések 16 percesek. Minthogy kis mértékü és hosszu felezési idejü szennyeződés csak jóval nagyobb aktivitásu minták igen hosszu felvételével mérhető, ezeket az ujonnan előállitott célanyag próbatermelése alkalmával ellenőrizzük /a próbatermelés teljes gyártási folyamatot jelent, de a terméket csak vizsgáljuk, nem használjuk fel/. Minden esetben kisebb /kb. 260 MBq/ és nagyobb /több mint 20 000 MBq/ aktivitásu mintákat is ellenőrzünk.



1. ábra
Mintaspektrum ^{99m}Tc vizsgálatához
Эталонный спектр для изучения ^{99M}Tc
Standard spectrum for ^{99m}Tc checking

A nagy aktivitás lehetőséget nyujt a célizotóp felezési idővel végzett azonositására /a bomlás folyamatos mérésével/, továbbá, a célizotóp "hitelesitése", azaz aktivitásának csökkenése után egyre hosszabb mérési idővel felvett γ-spektrumok révén, az esetlegesen igen kis radioaktiv koncentrációban előforduló, hosszu felezési idejü izotópok kimutatására.

A radiokémiai tisztaság megállapitására papirkromatográfiát alkalmazunk, 6.1 cm-es WHATMAN ÉT 31-es papiron, 2,5 perces futtatási idővel, acetont használva futtatószerként. A futtatás utáni aktivitáseloszlást a kromatogramon a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra
Az aktivitás eloszlása a kromatogramon
Распределение активности на хроматограме
Activity distribution on the chromatogramme

A mikrobiológiai vizsgálat egyrészt a termelés aszeptikus körülményeinek biztositását, másrészt a késztermék csiramentességének ellenőrzését szolgálja. A késztermék ellenőrzését a Ph.Hg.VI. szerinti sterilitásvizsgálattal, tioglikolátos és Sabouraud-táptalajra való leoltással végezzük. Tekintettel arra, hogy a késztermék sterilitásvizsgálata, időigényessége

miatt, retrospektiv jellegü, nagy fontosságot tulajdonitunk az aszeptikus körülmények ellenőrzésének, biztositásának. E célból a termelőfülkékben csiraszám-meghatározást végzünk: 100-120 mm átmérőjü véres agar-agar lemezeket oltunk le a teljes termelési időben. Tapasztalataink szerint az esetenként kifejlődő egy-egy telep alapján a csiraszám a termelőfülkék légterére vonatkoztatva soha nem érte el a 300 csira/m^3 értéket, és a talált mikroorganizmus-fajok nem voltak patogének.

A negyedik vizsgálati csoport arra szolgál, hogy a letöltés pontatlanságából a cimkén és a mübizonylaton megadottól $\pm$ 10%-nál jobban eltérő aktivitásu tételeket kiszürjük.

A készitménynek az Eü.M. 180.431/1974 sz. forgalombahozatali engedélyével jóváhagyott minősitési paraméterei a következők:

radioizotópos tisztaság:

a ^{99m}Tc-tartalom nagyobb mint 99,99%,

a ^{99}Mo-tartalom kisebb mint 0,01%,

a ^{82}Br-tartalom kisebb mint 0,001%.

A százalék az összaktivitásra vonatkozik.

Radiokémiai tisztaság:

TcO_4^- tartalom nagyobb mint 95%.

AZ 1982.ÉV TAPASZTALATAI

1982-ben hét különböző előállitásból származó célanyagot vizsgáltunk, valamint 170 esetben végeztünk termékellenőrzést /a napi előállitásoknak megfelelően/.

A CÉLANYAG VIZSGÁLATA

A radioizotópos tisztaságot az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat

Hét célanyag ^{99}Mo- és ^{82}Br-szennyezettsége az összaktivitás százalékában

Загрязненность семи таргетных материалов от ^{99}Mo и ^{82}Br в процентах суммарной активности

^{99}Mo and ^{82}Br contamination of seven target materials in per cents of integral activity

A szennyező izotóp	A célanyag sorszáma						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
^{99}Mo	7.10^{-4}	9.10^{-4}	10^{-3}	4.10^{-4}	3.10^{-3}	6.10^{-4}	6.10^{-4}
^{82}Br	2.10^{-4}	10^{-5}	4.10^{-4}	3.10^{-4}	8.10^{-4}	2.10^{-4}	10^{-4}

Az értékek minden esetben a mintavétel időpontjára vonatkoznak. A mintákban egyéb szennyező izotópot nem tapasztaltunk 5.10^{-5}%-ot meghaladó mértékben. Tekintettel arra, hogy a Ge/Li/ detektor 40 keV fölött mér, 0-60 keV között Si/Li/ detektorral vizsgáltuk a célanyag spektrumát. A technécium csucsain kivül mást nem észleltünk.

A radiokémiai tisztaság vizsgálata során az átlagos TcO_4^--tartalmat 98,7%-nak a korrigált szórást 0,7%-nak találtuk.

A NAPI TERMÉKELLENŐRZÉS

A radioizotópos tisztaságvizsgálat egyetlen esetben sem adott a megengedettnél nagyobb mértékü ^{99}Mo-szennyezést; az esetek 96%-ában 5.10^{-3}%-nál kisebb értéket kaptunk /a szennyezésszázalék az aktivitás dokumentált időpontjára vonatkozik/. A ^{82}Br-tartalmat csak abban az esetben számitjuk ki, ha meghaladja a 10^{-3}%-ot; ez egyetlen esetben sem fordult elő.

A radiokémiai tisztaságvizsgálat során 21 esetben tapasztaltunk 97-99% közötti értéket, a többi esetben 99% felettinek bizonyult a radiokémiai tisztaság. Utóbbiakat 99,5%-nak véve az átlagos érték 99,3%, a korrekciós szórás 0,5%.

A sterilitásvizsgálat során egyetlen esetben sem tapasztaltunk a kész termékben baktérium- vagy gombafertőzöttséget.

*

Az esetek 96%-ában $5 \cdot 10^{-3}$%-nál kisebb ^{99}Mo-szennyezést találtunk. A ^{82}Br-tartalom egyetlen esetben sem haladta meg a 10^{-3}%-ot. A radiokémiai tisztaság átlagértéke 99,3%. Bakteriális és gombafertőzöttség nem fordult elő.

ОПЫТЫ ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОТОПА ^{99m}Tc В 1982
Жинка, Л., Кечкеш, Ф., Боц, А., Губа, Я.

Загрязнение от ^{99}Mo не достигало $5 \cdot 10^{-3}$% в 96%-х проб. Содержание ^{82}Br не превышало 10^{-3}%. Среднее значение радиоактивной чистоты - 99,3%. Бактериальных и грибковых заражений не были обнаружены.

EXPERIENCES IN THE QUALITY CONTROL OF ^{99m}Tc PRODUCTION IN 1982
Zsinka, L., Kecskés, F., Boóc, A., Guba, J.

In 96% of samples lower than 5.10^{-3}% ^{99}Mo contamination was found. ^{82}Br content did not exceed 10^{-3}%. The mean radioactive purity amounted to 99.3%. No bacterial or fungal infection was observed.

IZOTÓPTECHNIKA 26(3):190-195 (1983)

ÚJ TIPUSÚ MINTASZÁLLÍTÓ RENDSZER AUTOMATIKUS GAMMA-SPEKTROMÉTERHEZ

Matuz Sándor

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

/Érkezett 1983. április 28-án/

Az 1979-82. években intézetünk VVRSZ-M tipusu reaktora mellett müködő aktivációs analitikai laboratóriumában kiépült egy on-line számitógépes gamma-spektrometriai mérőrendszer. Mivel a laboratóriumnak korábban nem volt nagy tárolókapacitásu, vezérelhető mintatárolója, ezért a gamma-spektrométer kiszolgálásához szükség volt az uj mérőrendszer szabta követelményeknek megfelelő mintakezelő rendszerre.

A mérőrendszer kialakitásával párhuzamosan az intézet müszaki szakigazgatása megbizást kapott a mintakezelés kidolgozására, valamint a mintaváltó és továbbitó egységek gépészeti tervezésére és kivitelezésére.

A tervezés olyan konstrukciót eredményezett, amely más, hasonló jellegü mintakezelési probléma megoldásánál is eredményesen alkalmazható.

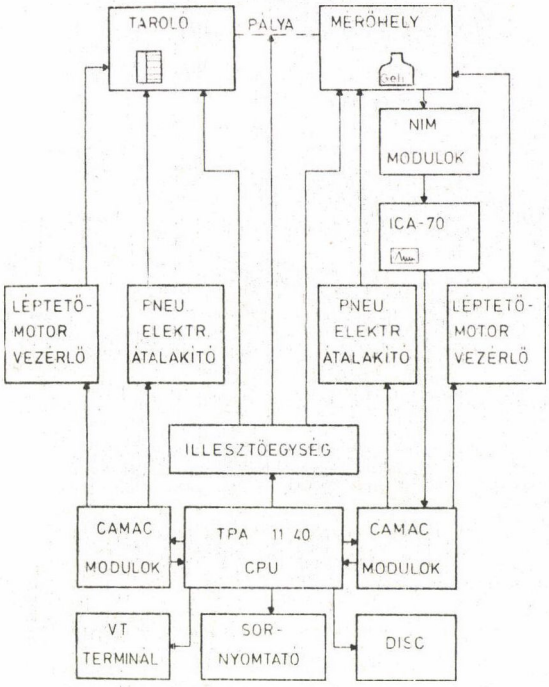
A dolgozat célja, a mérőrendszer vázlatos ismertetése után, a mintakezelő rendszer felépitésének bemutatása. Külön rész foglalkozik azokkal a mintákkal és kezelésre vonatkozó jellemzőkkel, amelyek felhasználhatók már meglévő vagy kifejlesztendő mérőrendszereknél.

A GAMMA-SPEKTROSZKÓPIAI MÉRŐRENDSZER

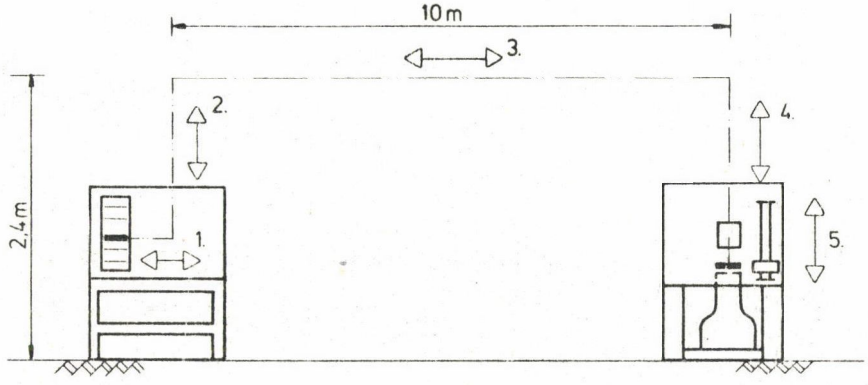
Az intézeti reaktor mellett létesült aktivációs analitikai laboratórium nagyarányu fejlesztése a 60-as évek elején kezdődött, és kisebb-nagyobb ráforditással ma is folyik. Ennek a folyamatnak fontos része egy automatikus gamma-spektrometriai mérőrendszer kifejlesztése.

A teljes mérőrendszer kiépitése 1982 tavaszán fejeződött be. Az 1. ábrán bemutatott tömbvázlaton már a mintakezeléshez szükséges egységekkel kibővitett mérőrendszer látható, amely a teljesség igénye nélkül a következőkkel jellemezhető:

- reaktorneutronnal besugárzott mintákat automatikus mintaváltással mér;
- kvantitativ és kvalitativ aktivációs analizist végez;
- a mérési folyamatot TPA 11/40 számitógép vezérli, CAMAC modulokkal, elektronikus és elektropneumatikus vezérlőegységekkel;
- a mérést gamma-spektrum feldolgozására szolgáló SAMPO 80 programmal, valamint DISC-es izotópkönyvtárral értékeli ki.



1. ábra
A mérőrendszer elvi vázlata
Принципиальная схема измерительной системы
Block scheme of the measuring system

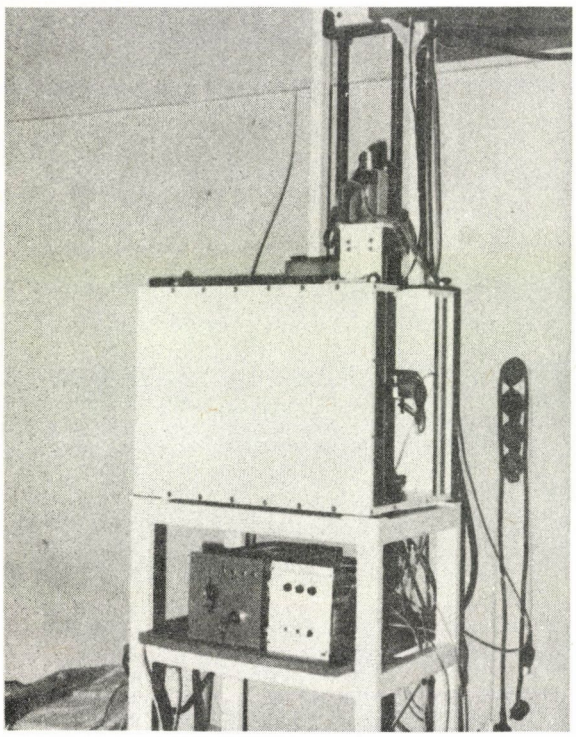


2. ábra
A mintamozgatás folyamata
Процесс перемещения проб
Process of sample moving

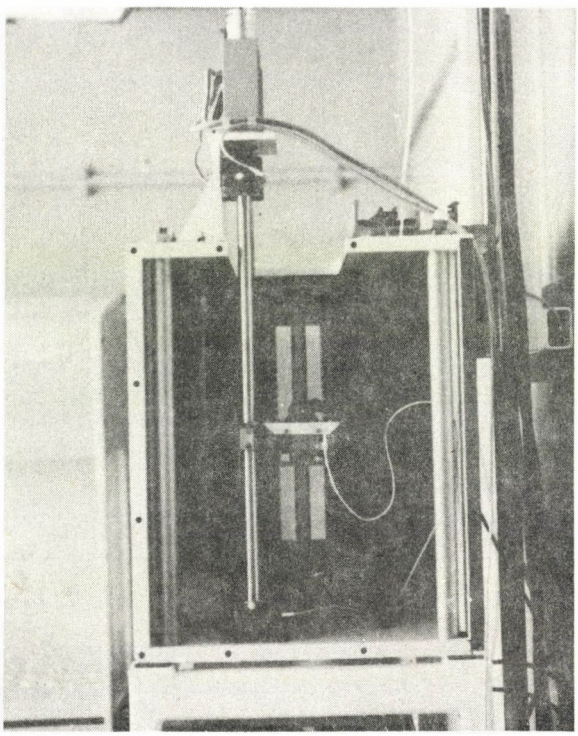
A MINTAMOZGATÁS

A folyamatot a 2. ábra szemlélteti.

A mintaszállító rendszernek egy automatikus mérőrendszert kell kiszolgálnia, s ez lényegében megszabja az alapvető funkciókkal szembeni követelményeket is. A tervezéskor mérési és konstrukciós követelményeket kellett kielégiteni.



3. ábra
A mintatároló egység
Блок хранения проб
Storage unit



4. ábra
Emelőmechanizmus mintakiválasztáshoz
Подъемный механизм для выделения проб
Lifting mechanism for sample choosing

A legfontosabb követelmények mérési oldalról:

- nagy tárolókapacitás,
- rövid mintaváltási idő,
- a minta és a detektor nagy pontossággal reprodukálható távolsága;

konstrukciós oldalról:

- programvezérelhető mozgás,
- egyszerü gyárthatóság,
- helyi viszonyok figyelembevétele /kötött térbeli elrendezés/,
- sugár- és munkavédelmi szempontok.

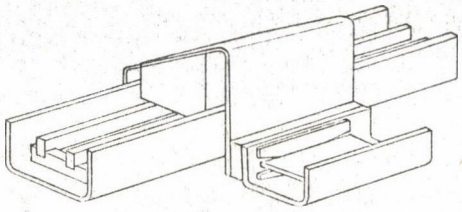
A minta mozgását követve a mérési ciklus alatt ellenőrizhetők a szállitórendszer elemei és müködésük. Hasonló célt szolgáló berendezéseknél a minta a tárolókban, henger alaku, üveg vagy müanyag edényben helyezkedik el. Mi vizszintes helyzetü hordozólapokra rögzitjük az inaktiv csomagolásu mintákat. A hordozólapok tárolására függőleges fiókokból álló, nyolcszögletü dob formájában, karusszel rendszerü tároló szolgál. A sugárvédelmet a dob körül elhelyezkedő acélfalu doboz adja.

Ez a doboz és a vezérlőegységek, valamint a pálya egy része látható a 3. ábrán.

A kiválasztott minta hordozólapját villás szoritómechanizmussal lehet megfogni és kivenni a fiók rekeszéből. Ugyanez a mechanizmus alkalmas a tárba való visszahelyezésre is.

A szoritómechanizmust függőleges megvezetésü emelőszerkezet viszi fel a tároló mellett, és emeli ki a védelem mögül. Az emelést léptetőmotorral hajtott csavarorsóanya elempár végzi /4. ábra/.

A szállitáshoz a villás szerkezet szállitókocsiba /5. ábra/ helyezi a hordozólapot.



5. ábra
A szállitókocsi a mintatartóval
Тележка с держателем проб
Carriage with the sample holder

Ez a szállitás előtti állapot.

A szállitás három egymást követő mozgásból áll:

- a pályamagasságba való emelésből,
- a pályamenti mozgásból és
- a leengedésből a mérőhelynél.

A szállitás megkezdésekor pneumatikus munkahenger emeli fel a kocsit pályamagasságig.

A pálya "U" keresztmetszetü aluminium profil, ezen a kocsi hatpontos megvezetéssel mozog. A kocsit egyenáramu motorok hajtják, amelyek a sin belsejében futó áramvezetőkön át kapnak táplálást.

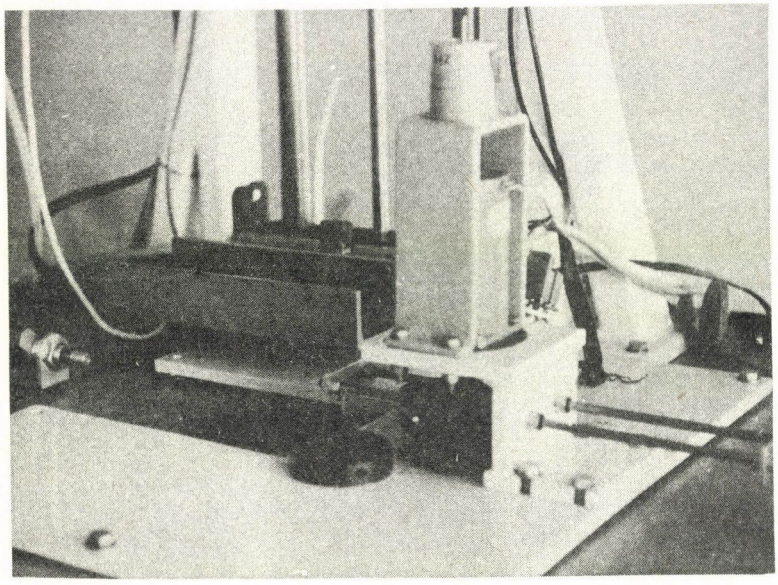
A méréshez megkivánt kis háttér biztositására a tárolóegységet a mérőhelytől távolabb, egy "C" szintü előkészitő laboratóriumban helyeztük el, igy a kocsinak közel 10 métert kell megtennie a mérőhelyig.

A mérőfej fölé érve pneumatikus munkahenger süllyeszti a kocsit a hordozólap kivételéhez szükséges helyzetbe.

A fogadóállomáson /6. ábra/ a tároló rekeszével azonos geometriáju tartórekesz fogadja a hordozólapot. Ezzel zárul a szállitáshoz tartozó mintamozgás.

A tartórekesz szintén léptetőmotoros hajtásu elemekkel pozicionálható a detektor felett.

A pozicionálás a mintamozgatás folyamatának utolsó fázisa. Megtörténte után megkezdődhet a mérés.



6. ábra
Fogadóállomás a mérőhelyen
Станция приема на месте измерения
Receiving station on the measuring box

Mérés után a mozgás folyamata visszafelé játszódik le: a tartórekesz felemelkedik a várakozó szállitókocsi mellé, a hordozólap visszakerül a kocsira, a kocsi felemelkedik, végigmegy a pályán, majd a tárolónál leereszkedik a villás mechanizmus elé. Igy kerül vissza a védelem mögé a minta, amelyet a leereszkedő mechanizmus visszahelyez a kivánt rekeszbe.

A 2. ábra jelöléseit figyelembe véve az alábbiak szerint foglalhatjuk össze a mozgást:

1. mintakiválasztás - visszahelyezés,
2. kiemelés a védelem mögül - visszahelyezés,
3-4. szállitás,
5. pozicionálás, méréshez.

A MINTA ÉS MINTAKEZELÉS JELLEMZŐI

MINTA

A hordozólapra por alaku, folyadék vagy szilárd halmazállapotu minta rögzithető. A minta alakja a tárolórekesz méretén belül kötetlen. A minta magassága csak a tárolókapacitást befolyásolja.

TÁROLÁS

A minták száma, a mérettől függően, 40-200; 20 s-on belül a tárolóban elhelyezett minták bármelyike elérhető, tetszőleges sorrendben.

A minta tárolóban elfoglalt helye egyben kódként is szolgál a mérési adat feldolgozásához.

SZÁLLITÁS

Egyenáramu motorokkal hajtott kocsi szállitja a mintát. Tápfeszültsége 12-24 V, sebességtől függően. A kocsi elérhető legnagyobb sebessége 0,5 m/s. A teljes szállitási idő 10 méteres pályahossz esetén 1-1,5 perc. A moduláris konstrukcióju pályaelemekből tetszőleges alaku pálya épithető.

MÉRÉS

A detektor és a minta közti távolság 0,1 mm pontossággal reprodukálható. A szállitórendszer egészére jellemző, hogy a mintamozgatás minden fázisa és a mozgás paraméterei /sebesség, idő, sorrend/ programvezérelhetők.

A pillanatnyi mintahelyzetről digitális jeladók adnak folytonos jelzést.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szállitórendszer telepitése és próbaüzeme során megállapitottuk, hogy a választott mintakezelési mód alkalmas a mérőrendszer kiszolgálására.

A laboratórium indulása óta elsőként jött létre ilyen komplex aktivációs analitikai spektrométer, ezért mind a konstrukció, mind a mérési adatok feldolgozása terén szerzett tapasztalatok gyüjtése, rendszerezése és folyamatos továbbfejlesztése ma is velejárója a mindennapi munkának.

Ennek a továbbfejlesztésnek két fő iránya van: a mechanikus rendszerelemek megbizhatóságának vizsgálata, és egy olyan programrendszer kidolgozása, amely a mérőrendszer 24 órás, folyamatos üzemét teszi lehetővé.

IRODALOM

1. *Szabó E., Simonits A.*, Aktivációs analitika, Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973
2. *Simonits A.*, Tanulmány a reaktoraktivációs analitikai laboratórium rekonstrukciójához, KFKI/SZHI-75-2, 1975

*

Reaktoraktivációs analitikai mérőrendszerekben az aktiv minták szállitására leggyakrabban pneumatikus csőpostát használnak. A cikkben ismertetett mintaszállitó rendszer, amely automatikus gamma-spektrométer mintakezelési problémáit oldja meg, egyenárammal hajtott mintaszállitó kocsit használ.

A rendszer 40-200 minta tárolására alkalmas tárolóból, szállitópályából és pozicionáló egységből áll. Minden mintamozgatási fázis programvezérelhető. Ez jelentősen hozzájárul az optimális mérési módszer kidolgozásához.

ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА НОВОГО ТИПА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ГАММА-СПЕКТРОМЕТРА
Матуз, Ш.

В реакторно-активационных аналитических измерительных системах для транспорта проб в большинстве случаев используются пневматические почты. Написанная в работе система решает транспортные проблемы автоматического гамма-спектрометра тележкой с приводом постоянного тока. Система состоит из блока хранения подходящего 40-200 проб, из рельса и из блока позиции. Все фазы перемещения проб управляются програмно-управлением. Это значительно способствует получению оптимального измерительного метода.

A NEW TYPE OF SAMPLE TRANSFER SYSTEMS FOR ON-LINE COMPUTERIZED GAMMA SPECTROMETRY
Matuz, S.

In reactor activation analytical measuring systems mostly pneumatic transfer units are used for sample transport. The system here described has a DC driven carriage to solve sample handling. The system consists of a storage unit, containing 40-200 samples, a transfer track and a positioner. All the phases of sample moving are programme-controlled which greatly helps to obtain an optimal measuring method.

IZOTÓPTECHNIKA 26(3):197-214 (1983)

TRANSZFER FÜGGVÉNY ÉRTELMEZÉSE ÉS KISZÁMÍTÁSA PERFÚZIÓS VIZSGÁLATOKBAN

Nyitrai Lajos

Szabolcs-Szatmár megyei Tanács "Jósa András" Kórháza, Központi Laboratórium, Izotóprészleg, Nyiregyháza, Pf. 159, 4401

/Érkezett 1983. május 19-én/

BEVEZETÉS

A gammakamerából és számítógépből álló rendszerrel végezhető perfuziós vizsgálatban a kiválasztott szerv /máj, vese, agy/ vérátáramlásáról szerezhetünk a klinikumban is hasznositható információkat.

A jelző izotóp eloszlása és recirkulációja miatt a szervekről generált idő-aktivitásgörbék torzitottan jellemzik a tényleges vérátfolyást. Májperfuziós vizsgálat esetén pl. csak az artériás és vénás komponensek aránya határozható meg, a két fázis elkülönitése sok esetben bizonytalan; γ-függvény illesztése, amely a szerven átfolyó radioaktiv bolus alakját jellemezné, nem lehetséges.

A perfuziós vizsgálat akkor lenne informativabb, ha a vizsgált szervbe bevezető, azt ellátó nagy érbe a gyakorlatilag legjobban kivitelezhető bolust adnánk be a jelző anyagból. Ez azonban invaziv eljárás, ezért a kapható információ sok esetben nem áll arányban a bonyolult orvosi beavatkozás kockázatával. Emiatt a nukleáris medicinában nem rutinszerü ez a vizsgálati módszer.

A cél tehát az, hogy a fenti körülményeket matematikailag modellezzük, illetve a modell alapján azt az információt szerezzük meg, amelyet az invaziv vizsgálattal kaphatnánk.

A továbbiakban először ezzel a problémával foglalkozunk, majd valós klinikai vizsgálatokból kiszámitott transzfer függvényeket is közlünk.

A TRANSZFER FÜGGVÉNY ÉRTELMEZÉSE

A transzfer függvény használatának szükségessége már régebben felmerült, s az őt meghatározó konvolució is előfordul a szakirodalomban[1].

A konvolució létjogosultságát, a keringésdinamikában használt impulzusválasz-függvény keresése esetén, az alábbi rövid formában lehet igazolni.

Definiáljuk a szerv transzfer függvényét, mint a Dirac-delta izotóp-eloszlásra adott válaszát:

$$TF(t,t') = \hat{L}\delta(t-t'), \qquad /1/$$

ahol $\hat{L}$ lineáris operátor.

Az $\hat{L}$ operátor lineáris, ha f és g függvény és c szám esetén az alábbi egyenlőségek teljesülnek:

$$\text{Def. 1} \quad \hat{L}(f + g) = \hat{L}f + \hat{L}g$$

$$\text{Def. 2} \quad \hat{L}(c \cdot f) = c \cdot \hat{L}f \ .$$

Az f, g függvény a Hilbert-tér elemei, c valós, képzetes vagy komplex szám lehet[3].

A vizsgálatok során generált függvények a Hilbert-tér elemei, ugyanis egyértékűek, folytonosak és négyzetesen integrálhatók.

A Def. 1 szerint két különböző hatás összegére adott válasz /Def. 1 bal oldala/ egyenlő az egyes hatásokra adott válaszok összegével /Def. 1 jobb oldala/. Ez szintén elfogadható feltétel, mert az interferencia kizárható, a Def. 1 jobb oldalán pedig egyéb, f- és g-től függő kifejezések megjelenése nem valószinü.

A Def. 2 egyenlőségben a c szám esetünkben csak valós lehet /az aktivitás változása csak valós értékü/, s a definiáló egyenlőség azt jelenti, hogy a hatás konstansszorosára adott válasz egyenlő az eredeti hatásra adott válasz konstansszorosával. A jelző izotóp mennyiségének ésszerü határok közötti változtatásakor semmi okunk nincs feltételezni, gyors perfuziós vizsgálatok esetén, hogy ha a befolyó izotóp aktivitásának időbeli függvényei alakban megegyeznek, csak a függvényértékek nagyobbak vagy kisebbek egy konstans értékkel, akkor a szerv felett mért válaszfüggvények különbözők lennének. Természetesen elő lehet idézni olyan nagy konstans változást, amikor a c=c(f) függés nem hanyagolható el. Ezt okozhatja a nagy aktivitás miatti elektronikus detektálás közben fellépő pontatlanság vagy, jelzett vegyületek esetén, ha olyan nagy mennyiségü anyagot juttatunk a vizsgált szervbe, hogy az normális funkció esetén sem tud többet feldolgozni /pl. kiválasztani/. Elméletileg az is előfordulhat, hogy a bejuttatott anyag megváltoztatja a szerv funkcióját /pl. mérgezés/,

A nukleáris medicinában eddig bevált vizsgálati eljárásoknál a c = c(f) függés nem számottevő.

A kérdés az, hogyan fejezhető ki a szervről generált idő-aktivitásfüggvény /az s(t) "görbe"/ a TF segitségével, mint a hatást keltő függvény /az a(t) "görbe"/ transzformáltja. Az általánosság megszoritása nélkül feltehetjük, hogy $s(t) = 0$, $a(t) = 0$, ha $t < 0$.

Definiáljuk a $q_h(t)$ függvényt az alábbi módon:

$$q_h(t) = \begin{cases} 0, & \text{ha } t \leq 0, \\ 1/h, & \text{ha } 0 < t \leq h, \\ 0, & \text{ha } h < t. \end{cases}$$

Ekkor az

$$A_h(t) = \sum_{n=o}^{\infty} a(n.h)\ q_h(t-n.h).h \qquad /2/$$

olyan "lépcsős" függvények összege, hogy

$$\lim_{h\to o} A_h(t) = a(t). \qquad /3/$$

Ezen előállitásra az $\hat{L}$ lineáris operátor hatása:

$$\hat{L}\ A_h(t) = \hat{L}\sum_{n=o}^{\infty} a(n.h)q_h(t-n.h).h = \qquad /4/$$

$$= \sum_{n=o}^{\infty} a(n.h)\hat{L}q_h(t-n.h).h\ ,$$

$$\left.\begin{aligned} n.h &= t' \\ h &= \Delta t' \end{aligned}\right\} \text{definicióval}$$

$$\lim_{\Delta t'\to o} \hat{L}\ A_{\Delta t'}(t) = \int_o^{\infty} a(t')\hat{L}\delta(t-t')dt'\ ,$$

de $$\hat{L}\delta(t-t') = TF(t,t'),$$

ezért $$s(t) = \int_o^{\infty} a(t')TF(t,t')dt'\ . \qquad /5/$$

A TF-re kiróható feltételek tovább konkretizálják /5/-öt.

A vizsgált rendszer időinvariánsnak tekinthető, mivel a vizsgálat alatt a kiválasztott szervek nem változtatják meg perfuziós tulajdonságukat, azaz, ha a perfuziót egy kijelölt időponthoz képest hamarabb vagy később végezzük el, ugyanazt az eredményt kapjuk. Az időeltolás nagyságrendje természetesen a perfuziós időtartam, ami nagyon rövid idő. Az időinvariancia miatt:

$$TF(t,t') = TF(t-t'). \qquad /6/$$

Az okság elve miatt pedig $t<t'$ esetén $TF = 0$.

Könnyen belátható, hogy ez teljesül, mert a hatásra adott válasz nem jelentkezhet a hatást kiváltó oknál hamarabb.

Tehát /5/ felirható

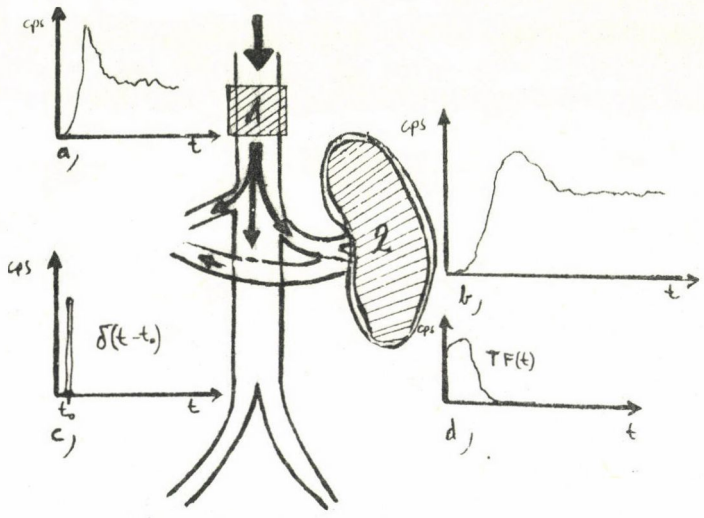
$$s(t) = \int_o^{t} a(t')TF(t-t')dt' \qquad /7/$$

alakban, amely a két függvény, a(t) és TF(t) konvolúciója. A konvolúció azonban felcserélhető, ezért /7/ a /8/ formában is igaz[2]:

$$s(t) = \int_0^t TF(t')a(t-t')dt'. \qquad /8/$$

A /7/, illetve /8/ elsőfaju integrálegyenlet megoldásával a TF megkapható.

A TF értelmezését gyakorlati szemszögből az 1. ábra mutatja.



1. ábra
A transzfer függvény értelmezése
Определение функции переноса
Determination of transfer function

A vizsgálandó szerv legyen vese. A jelző izotóp a vérárammal az aortából az arteria renalison keresztül a vesébe jut /az aktivitást az alkar vénájába adják be/, majd a vesén átáramolva a vena renalison keresztül távozik. Az aorta felett kiválasztott területen /1 jelü vonalkázott terület/ az a/ grafikon által ábrázolt idő-aktivitásgörbét mérhetjük. Az arteria renalisba ezen izotópmennyiség bizonyos hányada befolyik, aminek hatására a vese vetülete fölött /2 jelü vonalkázott terület/ a b/ grafikon által ábrázolt idő-aktivitásgörbét mérhetjük. Belátható, hogy a vese vetületéről generált görbe erősen függ a bemenő görbe alakjától. Mivel a gyakorlatban lehetetlen megoldani, hogy a bemenő görbék minden vizsgálatnál azonosak legyenek, ezért matematikai eszközökhöz kell folyamodni, s a gyakorlat számára használható renormálást kidolgozni.

A TF kiszámitásakor azt a hatást érjük el, mintha minden bemenő függvényt Dirac-deltába transzformálnánk át, azaz mintha az a/ grafikon görbé-

jéből a c/ grafikon által ábrázolt függvény lenne, s erre vizsgáljuk meg a vese válaszát. Ekkor a b/ grafikonja helyett a d/-t kapjuk. Az igy értelmezett és számitott TF-ek csak a vesére jellemzőek, s különféle betegek vizsgálata is öszehasonlitható. A TF veseperfuzióban, az 1. ábrán látható területekről generált bemenő és kimenő függvények esetén, az arteria renalis, valamint a vese belső érszerkezetének minőségét jellemzi. Mivel a TF-et értelmező egyenlet /7/ levezetése ekkor a TF szigoruan vett alakjára semmilyen kikötést nem tettünk /a TF a Hilbert-tér eleme/, ezért a lejátszódó folyamatokra - a linearitás feltételezése mellett - konkrétabb előfeltételeket nem kell tennünk. A TF-et tehát rendszerazonositásra is lehet használni.

MEGOLDÁSI MÓDSZEREK

A /8/, illetve a vele azonos /7/ megoldásai az egyenletben szereplő függvények tulajdonságaitól függnek, illetve attól, hogy milyen formában vannak ezek a függvények megadva /tabellázva vagy kifejezés formájában/.

A. A LAPLACE-MÓDSZER

Legyen s(t) Laplace-transzformáltja S(s), a(t) transzformáltja A(s). Ha a hányadosuk inverz Laplace-transzformáltja létezik, akkor a megoldás

$$TF(t) = \mathcal{L}^{-1}\left[\frac{S(s)}{A(s)}\right]. \qquad /9/$$

Ez az eljárás nem korlátos, pontosabban exponenciális rendü függvények esetén is alkalmazható[5,6].

B. Az "OPERÁTOROS" MEGOLDÁS

/8/-at a /10/ formában felirva:

$$s(t) = \int_0^t L_1(t-t')TF(t')dt' + \int_0^t l(t-t')TF(t')dt' , \qquad /10/$$

ahol $l(t) = a(t) - L_1(t)$.

$L_1(t)$ a domináns része a(t)-nek, l(t) a maradék rész.
Operátoros kifejezéssel /10/:

$$s(t) = \hat{L}_1 TF(t) + \hat{l} TF(t) \qquad /11/$$

alakot veszi fel, ahol az $\hat{L}_1$ operátor hatása tetszőleges x(t) függvényre:

$$\hat{L}_1 x = \int_0^t L_1(t-t')\, x(t')dt'. \qquad /12/$$

Ugyanez a definiciója a $\hat{1}$ operátornak is.
A /11/-ből a TF az alábbi módon fejezhető ki:

$$TF(t) = \left[\hat{L}_1 + \hat{1}\right]^{-1} s(t). \qquad /13/$$

Az $\left[\hat{L}_1 + \hat{1}\right]^{-1}$ sorfejtésével a TF tetszőleges közelitése megkapható.

C. A FOURIER-MÓDSZER

Ha a mért függvények /a(t), s(t)/ és a TF(t) is a Hilbert-tér elemei, akkor az $s = iw$ $|i = \sqrt{-1}|$ helyettesitést a /9/ egyenletben elvégezve a TF-et a Laplace-transzformáció helyett a Fourier-transzformáció alkalmazásával is kiszámithatjuk:

$$TF(t) = F^{-1}\left[\frac{S(w)}{A(w)}\right] \qquad /14/$$

/F^{-1} az inverz Fourier-transzformáció/.

D. VISSZAVEZETÉS LINEÁRIS EGYENLETRENDSZERRE

/8/ megfelelő értelmezéssel mint diszkrét konvolució irható fel. Az esetek nagy többségében az adatok valamilyen mérési eredményből származnak, azaz a konvolucióban szereplő függvények tabellázva vannak megadva. Ezt figyelembe véve ez a tipusu megoldás előnyösnek látszik, mert nem követel meg bonyolultabb előfeldolgozást az adatokon.
A diszkrét konvolució formája:

$$S_k = \sum_{i=1}^{n_A} A_i \, TF_{k-i+1} \qquad /15/$$

$$k_{max} = n_A + n_{TF} - 1 = n_C,$$

ahol $\{A_i\}_{n_A}$ reprezentálja a(t)-t,

$\{S_i\}_{n_C}$ reprezentálja s(t)-t,

$\{TF_i\}_{n_{TF}}$ reprezentálja TF(t)-t, ahol az alsó index a sorozat pontjainak számát jelöli.

A /15/ a

$$\hat{A}\vec{x} = \vec{s} \qquad /16/$$

formában irható fel, ahol $\hat{A}/n_C \times n_{TF}/$ mátrix, $\vec{x}$ vektor TF pontjai, és $\vec{s}$ vektor s(t) pontjai[4].

Az egyenletrendszernek csak közelitő megoldása létezik, amelyet a /17/ definiál:

$$\|\hat{A}\vec{x} - \vec{s}\| = \min \qquad /17/$$

/|| || az eltérésvektor normáját jelöli/.

A szélsőérték megkeresésekor az

$$\hat{A}^T\hat{A}\vec{x} = \hat{A}^T\vec{s} \qquad /18/$$

egyenletrendszert kapjuk. Ezt $\vec{x}$-re megoldva megkapjuk TF pontjait.

Természetesen a numerikus számításban nem mindig célravezető a formailag elegáns /18/ egyenletet használni.

Ezen elméleti megoldási tipusokból az adott hardware /TPAs minicomputer, 16K operativ memória, disk háttértároló, standard perifériák/, software /SUPER-SEGAMS makro, illetve szubrutinjai, FORTRAN 2 forditóprogram, 32K tárgyprogram megszerkesztésére alkalmas Linkage Editor a fontosabbak, illetve, az előforduló függvények tulajdonságától függően, a C és D módszert müködőképes programokkal is realizáltuk.

A bemenő adatok zajossága következtében a megoldásban felerősödő hibák kiküszöböléséhez speciális matematikai eljárást használtunk[7-9]. Elsőfaju zajos integrálegyenlet megoldását, amelyben az adatok pl. valamilyen mérési eredményből származnak, Towmey[7] közli könnyen adaptálható formában.

A /17/ egyenlet helyett az alábbi módositott egyenletet kell megoldani:

$$(\hat{A}^T\hat{A} + \gamma\hat{H})\vec{x} = \hat{A}^T\vec{s} \qquad /\hat{A}^T\hat{A} = \hat{A}\hat{E}/, \qquad /19/$$

ahol γ a Lagrange-multiplikátor szerepét tölti be, és az $\hat{A}\hat{E}$ mátrix legkisebb sajátértékének nagyságrendjébe esik /a $\hat{H}$ mátrix elemeitől függően/. A részletes diszkusszió a /7/-ben megtalálható. Mivel a zaj elnyomása "kvantitativ formában" lehetséges, ez elméletileg nagyon igéretes módszer, de a kis operativ memória miatt a jelenlegi hardware nem képes a folyamatoknak megfelelő dimenzióju mátrixokkal dolgozni. Pl. 25 pontos TF esetén az $\hat{A}\hat{E}$ mátrix előállitása hosszadalmas eljárás, mert az összeszorzandó mátrixok /$\hat{A}^T$, $\hat{A}$/ nem férnek be egyidőben az operativ memóriába. A /19/ egyenletet Gauss-féle részleges főelem-kiválasztás elvén müködő FORTRAN 2-ben irt programmal oldottuk meg[10]. A legkisebb sajátértéket az $\hat{A}\hat{E}^{-1}$ meghatározása után Rayleigh-módszerrel kerestük meg[11].

A programmal 1 s időfelbontással vese transzfer függvényét határoztuk meg. A TF utolsó pontjai negativ értéket is felvettek, de a domináns részhez képest elhanyagolható amplitudóval. A domináns részhez nagy korrelációs együtthatóju γ-függvény volt illesztve.

A megfelelő időfelbontás és a /8/ egyenlet végesitéséhez szükséges idő-aktivitás-görbék pontszáma miatt a D módszer alkalmazása nem nyujt megfelelő távlatot, mint egyetemes TF-számoló eljárás.

A FOURIER-MÓDSZERES MEGOLDÁS

Lényeges előnye az előbb ismertetett eljáráshoz képest, hogy kisebb operativ memóriaiagénye van. A müveletek N^3 helyett $N\log_2 N$-nel arányosak, aminek következtében a program futási ideje is csökken[10,12], és a számitás is pontosabb, reálisabb lesz a nagyobb pontszám miatt.

A /10/ egyenlet zaj esetén módosul:

$$L(w) = \frac{S(w)}{A(w)} + \frac{E(w)}{A(w)} , \qquad /20/$$

ahol E(w) az e(t) zaj Fourier-transzformáltja.

Mivel E(w) és A(w) korrelálatlan, ezért bizonyos frekvencia felett $\frac{E(w)}{A(w)}$ nagy értéket vehet fel, aminek következtében az L(w)-ből visszatranszformált TF a felerősödő oszcillációk miatt nem informativ. Ezért a /19/ egyenletnek megfelelő zajelnyomást itt is meg kell valósitani. Ezt olyan H(w)-val lehet elérni, amely a csillapitható tartományban maximális információelnyelést eredményez, az érdekes w tartományt pedig csak kis mértékben befolyásolja.

A megfelelő "csillapitó" kifejezést - nevezzük ezt szürésnek - megtalálva, Fourier-módszerrel viszonylag rövid idő alatt megfelelő időtartamu és felbontásu TF-ek számolhatók a bevezetőben emlitett mindhárom szervnél. A folytonos jelekhez kidolgozott elméleti eljárások a diszkrét esetre az $L^2(-\infty,\infty)$ és az $l^2(-\infty,\infty)$ /$l^2(-\infty,\infty)$ jelenti a négyzetesen összegezhető komplex vagy valós értékü végtelen sorozatok terét/ izomorfizmusa miatt adekvát módon átvihetők[14]. Az eközben fellépő számitási hibák becsülhetők.

Az eljárást szintén FORTRAN 2-ben irt program realizálja, ami 256-pontos gyors Fourier-transzformációt használ[12]. Az 512-pontos transzformáció is könnyen elvégezhető /ami pontosabb számitást jelent/, de, főleg a lebegőpontos szubrutinkönyvtár miatt, a megoldási idő jelentősen megnövekednék. /Ha a programok paramétereinek a rutin használat következtében a lehető legjobb végleges értékei rögzülnek, és a megoldások elegendő tapasztalattal szolgálnak, akkor megfelelő programozói munka, esetleg hardware segitségével az 1024-pontos transzformáció is elhanyagolható idejüvé tehető./

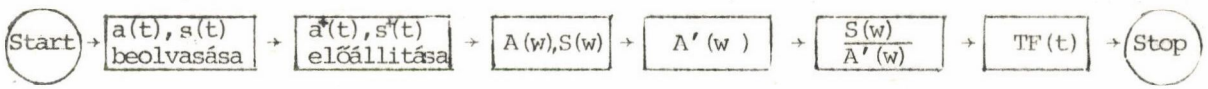
A programtesztek az alábbi eredményt hozták.

Futási idő: 20 perc.

Két ismert függvény konvolúciójából kapott eredményfüggvényből az egyik függvényt 5-6 jegy pontosságra számolja ki. /Az egyik függvényt az aorta abdominális szakaszára felhelyezett ROI területéről generált idő-aktivitás-görbe adta meg, a másik függvényt - legyen az a TF - a máj transzfer függvényének ideális modellje szolgáltatta, amely a két γ-függvénnyel jellemezhető./ A bemenő függvényeket változtatva 10^{-4} pontosságra minden esetben megoldható volt az "ismeretlen" függvény /1. táblázat/.

Megfelelő szürést adó megoldás az elméleti TF értékeit befolyásolja /2. ábra/: az illeszthető γ-függvényekből számolható integrálokat és átfolyási időket 1-4%-ig. Reális vizsgálatokból származó görbék esetén, az ellenőrző konvolúció elvégzése után, a kiindulási görbével való összehasonlítás tájékoztat az "adatablak" optimális választásáról, a γ és $\hat{n}$ rögzített értékei mellett, továbbá a modell teljesítőképességét is jellemzi korrekt számítási eljárások esetén.

A TF meghatározásának számítási folyamatábrája perfuziós vizsgálatoknál a következő:



A'(w) a zajkorrekcióval módosított A(w). Opcionálisan a TF *a is elvégezhető /konvolúció/. Az a(t) a beömlést reprezentáló nagy eren áthaladó bólust jellemzi, s(t) pedig a vizsgált szervről készült idő-aktivitásgörbe. Ezekből a számításra közvetlenül alkalmas $a^+(t)$, illetve $s^+(t)$ görbét az alábbi eljárásokkal állítjuk elő: a görbéken a kiválasztott időponttól szekvenciális szürést hajtunk végre. Tegyük fel, hogy t_o-tól t_{max}-ig szürjük a görbéket valamilyen t_{inc} időlépésekben. Ekkor

$INC=IFIX\left[\frac{t_{max}-t_o}{t_{inc}}\right]$ számú, meghatározott frekvenciakarakterisztikáju low-pass digitális szürést[15] alkalmazunk összesen, amely a $t_o < t_1 < t_2 < t_i$ ponttól indul /$t_i = t_o + t_{inc}i$; $i_{max} = INC$/.

Ezután a vizsgált folyamatnak megfelelően e görbéket illesztjük, hogy a Fourier-sorfejtés során fellépő diszkontinuitásokat elkerüljük, és a véges idejü folyamatokat megfelelően realizáljuk. A kiszámitott megoldási pontokból görbét generálva a további feldolgozást a SUPER-SEGAMS programrendszer rutinjaival lehet végezni[13].

A TF pontjaihoz illesztett γ-függvény alapján az átlagos áthaladási idő azonnal megkapható, illetve az itt kiszámitandó további adatok felhasználhatók.

Az egzakt TF értékeit az alábbi tesztfüggvényből számitottuk:

$$TF(t) = A(t) + B(t) \ , \qquad /21/$$

ahol

$$A(t) = \begin{cases} K_1 \left[e^{-Ct} - e^{-2Ct} \right], & \text{ha } 0 \le t < T_1 \\ 0 \ , & \text{ha } T \le t \end{cases}$$

$$B(t) = \begin{cases} 0 \ , & \text{ha } 0 \le t < T_1 \\ K_2 \left[e^{-E/t-T_1/} - e^{-3E/t-T_1} \right], & \text{ha } T_1 \le t < 32 \text{ s.} \end{cases}$$

Az egzakt TF értékeit 1 s-os időfelbontásban tabellázva az 1. táblázat közli $K_1 = 0{,}35$; $K_2 = 0{,}45$; $C = 0{,}4$; $E = 0{,}1$; $T_1 = 8$ s konstansok választása mellett. Az 1. táblázatnak megfelelő grafikont a 2. ábrán látható 2-es jelü szaggatott vonal ábrázolja.

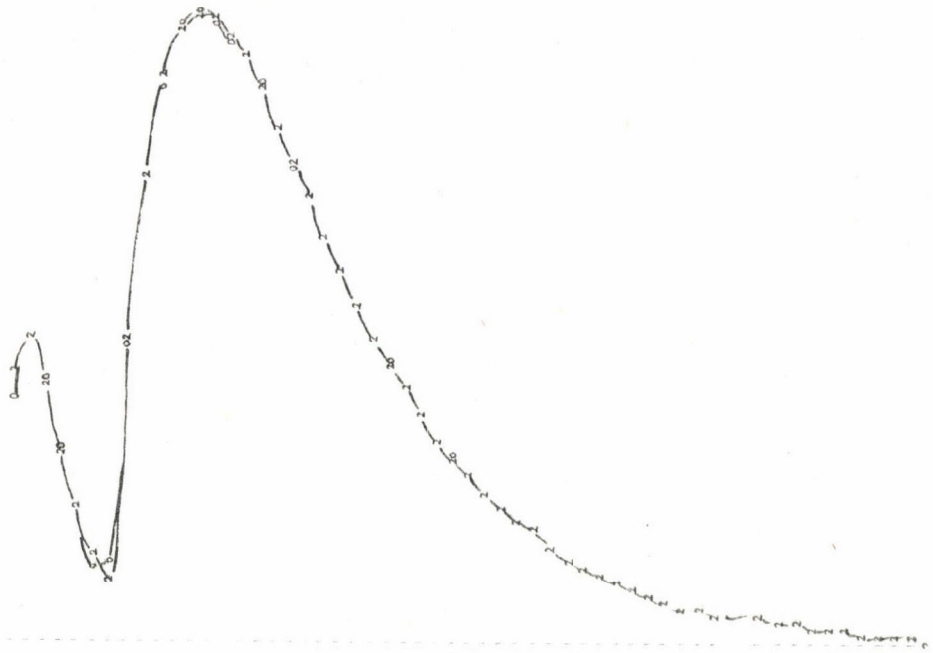
1. táblázat

Zajmentes adatokból kapott TF egzakt és számitott értéke

Точные и вычисленные значения ФП из данных без шума

A TF calculated from data without noise /exact and calculated values/

Egzakt TF értékek:		Számitott TF értékek:	
0.0773469	1	0.0773465	1
0.0866014	2	0.0866017	2
0.0736667	3	0.0736666	3
0.0563970	4	0.0563970	4
0.0409569	5	0.0409567	5
0.0288709	6	0.0288710	6
0.0199893	7	0.0199891	7
0.0874939	8	0.0874938	8
0.1307656	9	0.1307655	9
0.1567043	10	0.1567051	10
0.1703509	11	0.1703508	11
0.1753869	12	0.1753869	12
0.1745009	13	0.1745007	13
0.1696474	14	0.1696475	14
0.1622404	15	0.1622403	15
0.1532944	16	0.1532944	16
0.1435309	17	0.1435309	17
0.1334557	18	0.1334557	18
0.1234168	19	0.1234167	19
0.1136478	20	0.1136478	20
0.1042993	21	0.1042992	21
0.0954623	22	0.0954622	22
0.0871854	23	0.0871853	23
0.0794877	24	0.0794877	24
0.0723679	25	0.0723679	25
0.0658108	26	0.0658108	26
0.0597326	27	0.0597925	27
0.0542838	28	0.0542838	28
0.0492525	29	0.0492524	29
0.0446651	30	0.0446651	30
0.0404886	31	0.0404885	31
0.0366903	32	0.0366903	32
0.0000000	33	.0000024	33
0.0000000	34	-.0000034	34
.	.	.0000030	35
.	.	.0000003	36
.	.	.0000015	37
.	.	-.0000004	38
.	.	.0000012	39
.	.	.0000005	40
.	.	.0000020	41
.	.	-.0000034	42
.	.	-.0000001	43
0.0000000	44	-.0000020	44
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.



2. ábra

A zajos adatokra használt γ és H(w)hatása a TF-re. 2 - az egzakt TF, O - a regularizált operátorral számolt TF

Влияние γ и H(w), использованных при данных с шумом на ФП. 2 - точная ФП, 0 - данные, вычисленные с регуляризованным оператором

The influence of γ and H(w) used in noisy data on the TF. 2 - the exact TF, O - the solution of the regularized operator equation

3. ábra

A 2. táblázatnak megfelelő függvények grafikonja. 1 - a bemenő függvény, 2 - az elméleti TF, 3 - a konvolvált görbe /1*2/

Кривые функций, соответствующих данным таблицы 2. 1 - функция входа, 2 - теоретическая ФП, 3 - конволвенная кривая /1*2/

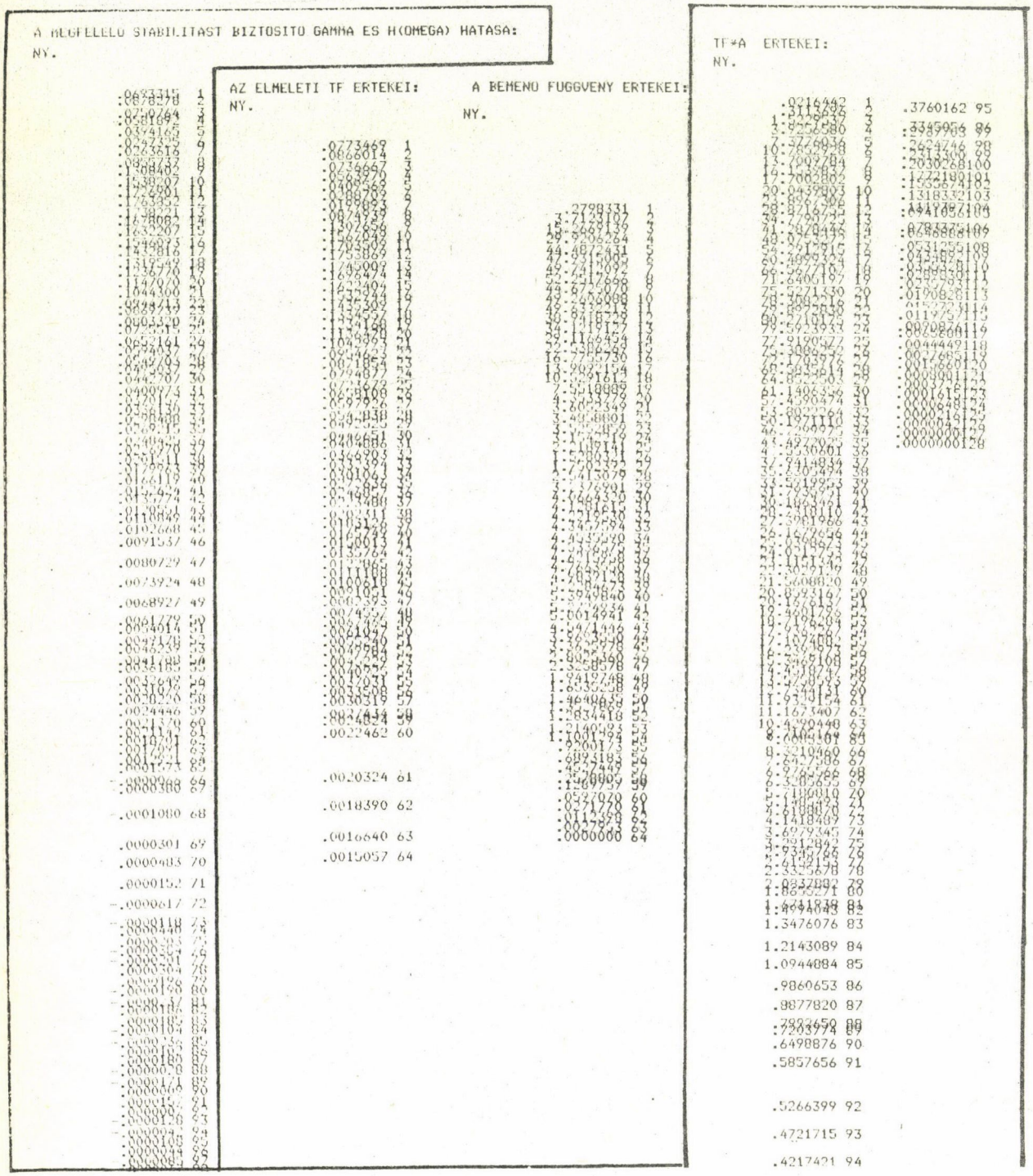
Plotted functions corresponding to the data of Table 2. 1 - input function, 2 - theoretical TF, 3 - convolved curve /1*2/

2. táblázat

A 2. ábra számadatai

Численные значения рисунки 2

Numerical data of Figure 2



A bemenő függvényeket a tesztek elvégzéséhez mindig valamilyen reális vizsgálatból /a hasi aorta vetületére vagy a vena cava superior vetületére felhelyezett ROI-k/ generált görbék alapján kaptuk.

A gyakorlatban máj és vese transzfer függvényeit számitottuk ki. A TF-ek a két szervnél alakban lényegesen különböznek, amint a vérkeringésük fiziológiás modellje szerint előre várható is volt. Az 5. és 6. ábrán máj TF-jei láthatók. Az 5. ábrán látható TF-nél a beteg a klinikai adatai alapján nem szenvedett májbetegségben, mig a 6. ábrán látható TF-et olyan beteg vizsgálatából számitottuk, akinek a szelektiv angiográfia lépvéna-elzáródást igazolt, a vena portae nem ábrázolódott a képen. Különféle adatablak-variánsokat vizsgáltunk meg, hogy az általunk alkalmazott előfeldolgozási eljárások nem hamisitják-e meg a tényleges információt, de lényeges eltérést nem tapasztaltunk /6. ábra 0-ás és 4-es görbe/.

A konkrét szervek transzfer függvényeinek tanulmányozása folyamatban van, hogy a klinikum számára fontos, fiziológiás jelentésü paraméterek normál értékeit megadjuk. A máj-TF ilyen irányu analizisére vonatkozó eredményeinkről hamarosan be is tudunk számolni.

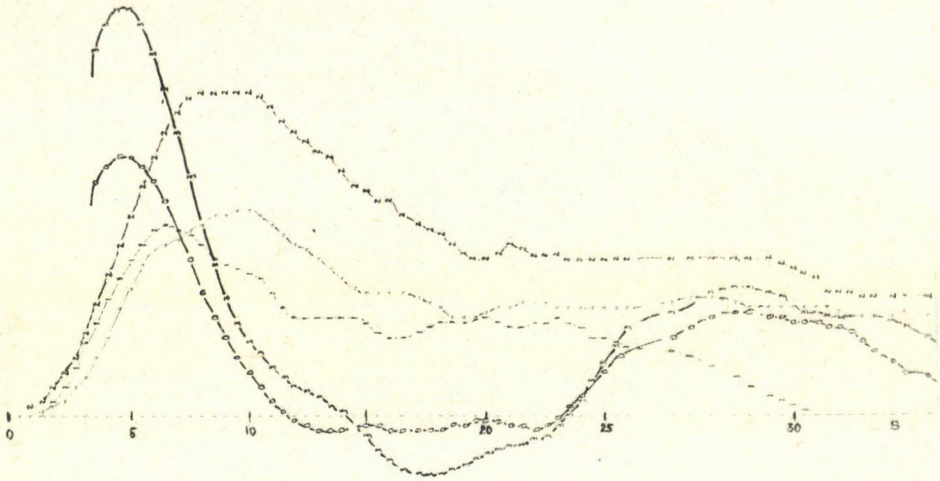
A következőkben reális vizsgálatokból számitott TF-eket mutatunk be.

A 4. ábrán veseperfuzió látható. B.M. 32 éves beteg 110 MBq ^{99m}Tc-DMSA-t kapott 1 ml-ben, bólustechnikával, az alkar vénájába. P-A irányból, ülő helyzetben 180 0,5 s-os frame-felvétel készült. Az urográfiás felvételen a jobb oldali vese jobb felső kehelycsoportjának aberráns ér okozta tágulatát véleményezte a beküldő osztály. A vizsgálat célja a kérdéses területen lévő ép parenchyma felmérése volt sztatikus DMSA szcintigram segitségével. A fent leirt technikával a vese perfuziós vizsgálatát is elvégeztük. A kiszámitott TF-ek összehasonlitásából kiderült, hogy a jobb oldali vese gyengébben perfundál, mint a bal oldali.

Klinikai tapasztalat még nem áll rendelkezésünkre arról, hogy pontosan milyen mérvü perfuzióváltozást lehet kórosnak tekinteni.

Az 5. ábra M.K. 56 éves beteg májperfuzióját mutatja. 540 MBq ^{99m}Tc-MDP-t kapott 1 ml-ben, bólustechnikával, az alkar vénájába. A 180 db 0,5 s-os frame-felvétel A-P irányból háton fekvő helyzetben készült. A kiszámitott TF a fiziológiás, normális vérellátást jellemzi. A beteg vizsgálatát az urológiai osztály kérte csontmetastasis kivizsgálására. A sztatikus szcintifotók negativak, a máj státusát jellemző klinikai, laboratóriumi leletek szintén negativak.

A 6. ábra P.L. 62 éves beteg vizsgálata. Az eljárás azonos volt a májperfuziós előbbiekével, kivéve a beadott dózis nagyságát. Jelen esetben ez 500 MBq ^{99m}Tc volt. A beteg kivizsgálását akut klinikai tünetekkel együtt járó



ILLESZTETT GORBE NEVE : F3
ALAPGORBE Y MAX : 1.7 CPS T MAX : 5 SEC
ILLESZTESI INTERVALLUM : [4 , 13] ADATPONTOK SZAMA : 19
GAMMA-FUGGVENY EGYENLETE : Y=A*[(T-D)**B]*EXP[-C*(T-D)]
A = 0.374 B = 3.64 C = 0.876 D = 0.985
KORRELACIOS INDEX : 0.999 FELEZESI IDO : 0.791 SEC
INTEGRAL : 9.82 COUNTS MEAN TRANSIT TIME : 6.28 SEC
ILLESZTETT GORBE NEVE : F0
ALAPGORBE Y MAX : 1.08 CPS T MAX : 5 SEC
ILLESZTESI INTERVALLUM : [4 , 11.5] ADATPONTOK SZAMA : 16
GAMMA-FUGGVENY EGYENLETE : Y=A*[(T-D)**B]*EXP[-C*(T-D)]
A = 0.161 B = 4.38 C = 1.03 D = 1
KORRELACIOS INDEX : 0.996 FELEZESI IDO : 0.675 SEC
INTEGRAL : 6 COUNTS MEAN TRANSIT TIME = 6.24 SEC

4. ábra

Veseperfuziós vizsgálatból számitott TF. 1 - az aorta idő-aktivitásgörbéje, 2 - a bal oldali vese idő-aktivitásgörbéje, 4 - a jobb oldali vese idő-aktivitásgörbéje, 3 - a bal oldali vese TF-je, 0 - a jobb oldali vese TF-je

ФП, вычисленная из изучения перфузии почек. 1 - кривая время-активность аорты, 2 - кривая время-активность левой почки, 4 - кривая время-активность правой почки, 3 - ФП левой почки, 0 - ФП правой почки

TFs, computed from a renal perfusion examination. 1 - aortic time-activity curve, 2 - left kidney time-activity curve, 4 - time-activity curve of the right kidney, 3 - left kidney TF, 0 - right kidney TF

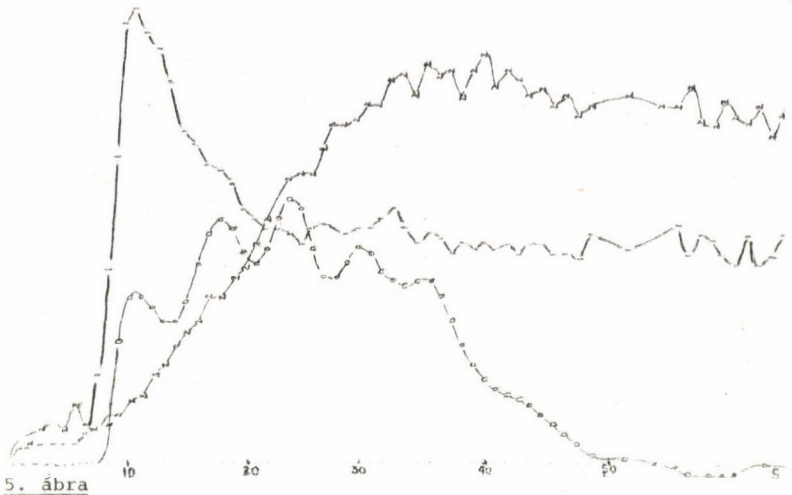
sulyos portális hypertensio miatt kérték. Az 1. görbe az aorta görbéje, a 2. görbe a májgörbe. A 4. és a 0. görbét különböző adatablakok használatával számoltuk. Amikor a 0. görbét számoltuk, az aorta és a máj görbéjét sokkal meredekebben zártuk, mint a 4. görbe számolásakor. Az eltérés csak a görbék befejezésénél jelentős, a TF-ek kezdő szakaszát alig befolyásolja a lezárás módja. A legfontosabb információkat pedig a kezdő szakaszok tartalmazzák.

A TF lényegileg két csucsból áll, a második csucshoz illesztett függvényből számitott átlagos áthaladási idő /MTT/ 2,3 s, ami valószinütlenül rövid a normális portális átfolyás 19,4* MTT-jéhez képest.

A májperfuzió TF-jét, mit arra már utaltunk, klinikai hasznosság szempontjából analizáltuk; az eredményeket hamarosan közöljük.

---

*Előzetes közlés, saját mérésekből.

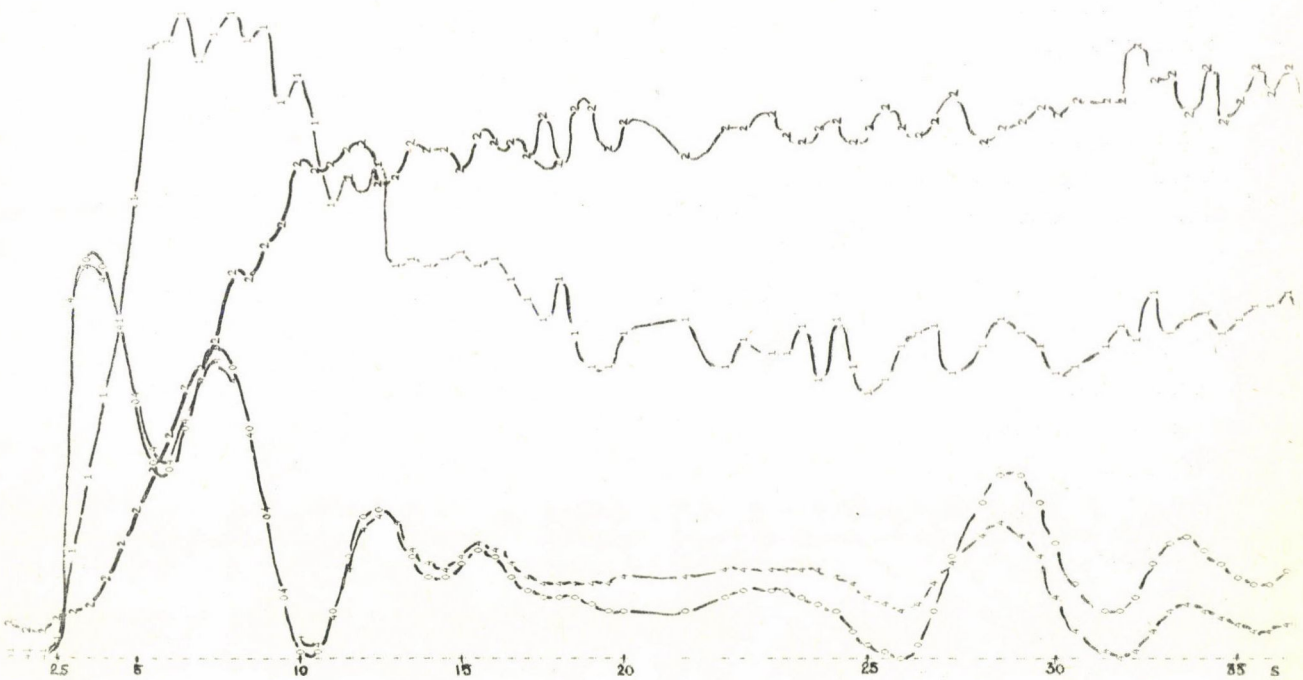


5. ábra

Májperfuziós vizsgálatból számolt TF. 2 - a máj jobb lebenyéről generált idő-aktivitásgörbe, 1 - a hasi aorta kiválasztott szakaszáról generált idő-aktivitásgörbe, 0 - a máj TF-je

ПФ, вычисленная из изучения перфузии печени. 2 - кривая время-активность правой дольки печени, 1 - кривая время-активность выбранной отрезки абдоминальной аорты, 0 - ФП печени

A TF computed from a liver perfusion examination. 2 - time-activity curve from the region of the right lobe of the liver, 1 - time-activity curve from the region of the abdominal aorta, 0 - TF of the liver



6. ábra

Májperfuziós vizsgálatból számított TF-ek. 1 - az aorta görbéje, 2 - a májgörbe, 4 és 0 - különféle adatablakokkal számolt görbe

ФП, вычисленные из изучения перфузии печени. 1 - кривая аорты, 2 - кривая печени, 4 и 0 - кривые, вычисленные из разных параметров окон данных

TFs computed from a liver perfusion examination. 1 - aortic curve, 2 - hepatic curve, 4 and 0 - TFs computed using various data windows

ÖSSZEFOGLALÁS

A keringésdinamikában használt konvolúciós egyenlet létjogosultságát a transzfer függvény fejezetben igyekeztem egyszerű, érthető formában igazolni.

A formális megoldási lehetőségek között az "operátoros" megoldás is igéretes eljárásnak látszik, mert kvantitativ formában válik kezelhetővé az "adatablak" meghatározása.

Reális vizsgálatok esetén csak a /19/ egyenlet oldható meg, ami lényegében az $\hat{A}$ operátor regularizált alakja. Ekkor a $\hat{R}_\gamma$ rezolvens operátort az alábbi módon definiáljuk:

$$\hat{R}_\gamma = (\hat{A}^T\hat{A} + \gamma\hat{H})^{-1}\hat{A}^T$$

/eredeti operátoregyenletünk: $\hat{A}\vec{x} = \vec{s}$ ./

A tapasztalat azt mutatja, hogy γ-t és $\hat{H}$-t inkább lehet korrekt matematikai megfontolások alapján megválasztani, míg az $\hat{A}$ operátor valamilyen konkrét reprezentációjának megadásában, illetve az $\vec{s}$ vektor meghatározásában a fizikai megfontolásoknak van elsőbbségük, azaz a tapasztalatra kell őket alapozni. Ez persze nem kérdőjelezheti meg a módszer objektivitását, mert nem képzelhető el ugy kisérlet, hogy ne tudjuk, mire irányul, és a lehetséges kimeneteleket ne gondoljuk át.

Az alkalmazás során a vese-transzferfüggvény ellenőrző konvolúciója pontosabb volt, mint a többi szervé. Tekintve, hogy ez a γ, $\hat{H}$ és az "adatablak" legjobb megoldást adó együttesében igaz, ez azt jelenti, hogy a cikkben tárgyalt elméleti modell a veseperfuziót szimulálja legjobban.

* * *

Köszönetemet fejezem ki Dr. Fodor Mihály osztályvezető főorvosnak munkám támogatásáért és a reális vizsgálatokhoz szükséges orvosi munkájáért. Köszönet illeti meg Dr. Csató Endréné és Komár Pálné asszisztenst segitőkész munkájukért.

IRODALOM

1. *E. Kröger*, et al., Funktionsbilder von Kinetikparameter aus dynamischen Studien an einer Gammakamera. In: H.A.E. Schmidt, J. Ortiz Berrocal: Nuklearmedizin, F.K. Schattauer Verlag, Stuttgart - New York, 1979, 41
2. *J. Mikusinski*, Operátorszámitás, Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1961
3. *Losonczi L.*, Funkcionálanalizis I. Tankönyvkiadó, Budapest, 1982
4. *Fazekas G.,-Gesztelyi E.*, Bevezetés a rendszerelméletbe, V. fejezet. Tankönyvkiadó, Budapest, 1979

5. *Fenyő I.*, C.III. Integrálegyenletek, Müszaki matematikai gyakorlatok sorozat C.III. Tankönyvkiadó, Budapest, 1973
6. *Csáki F.*, Fejezetek a szabályozástechnikából. Állapotegyenletek, Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1973
7. *S. Twomey*, The Application of Numerical Filtering to the Solution of Integral Equations..., J. Franklin Inst. 279 /1965/ 95
8. *D.L. Phillips*, A Technique for the Numerical Solution of Certain Integral Equations of the First Kind, J. Assoc.Comp.Mach. 9 /1962/ 97
9. *O.N. Strand, E.R. Westwater*, Statistical Estimation of the Numerical Solution of a Fredholm Integral Equation of the First Kind, J. Assoc. Comp.Mach. 15 /1968/ 100
10. *G.E. Forsythe, O.B. Moler*, Lineáris algebrai problémák megoldása számitógéppel, Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976
11. *H.C. Martin,-C.F. Carey*, Bevezetés a végeselem-analizisbe, Müszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976
12. *J.W. Cooley, J.W. Tukey*, Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series, Math, Comp. 19 /1965/ 297
13. Super Segams kézikönyv
14. *K.Steiglitz*, The Equivalence of Digital and Analog Signal Processing, Inf. Contr. 8 /1965/ 455
15. *C.L. Vaughan*, Smoothing and Differentation of Displacement-time Data: Application of Splines and Digital Filtering, Int.J.Bio-Medical Comp. 13 /1982/ 375

*

A dinamikus keringésvizsgálatban használatos konvoluciót a transzfer függvény értelmezéséből származtattuk. A kapott első faju integrálegyenlet megoldási módjainak áttekintése után leirjuk a tényleges számitásokhoz szükséges matematikai elméletet.

Két megoldási módra programot irtunk, de a vizsgálat és a használt miniszámitógép jellemzőit figyelembe véve csak a Fourier-módszer volt alkalmas a cikkben emlitett bármely szerv TF-jének kiszámitására. Azt is megvizsgáltuk, hogy a γ paraméter és a H(w)függvény, amelyek biztositják a stabil megoldást, hogyan befolyásolják a TF-et.

A megfelelő programmal különféle szervek TF-jeit számitottuk ki. A TF egyszerü modellje a veseperfuziót szimulálja a legjobban.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И ВЫЧИСЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ПЕРЕНОСА В ИЗУЧЕНИИ ПЕРФУЗИИ
Ньитраи, Л.

Конволуция, использованная в динамических исследованиях циркуляции была определена из интерпретации функции переноса. После обзора решений полученного интегрального уравнения первого рода изложен математический метод действительного вычисления.

Программы для двух методов решения были написаны, однако из-за характеристик изучения и мини-ЭВМ лишь метод Фурье оказался удобным для вычисления функций переноса всех обсужденных в статье органов. Было также изучено, как параметр γ и функция H(x) /обе дающие стабильные решения/ влияют на функцию переноса. ФП разных органов были вычислены подходящими программами. Это перфузия почек, которая наилучше симулируется простой моделью ФП.

THE INTERPRETATION AND COMPUTATION OF TRANSFER FUNCTIONS IN PERFUSION STUDIES

Nyitrai, L.

The convolution used in dynamic circulation studies was derived from the interpretation of the transfer function. After a survey of solutions of the obtained integral equation of the first kind the mathematical theory necessary for the actual computation is presented. Two solving methods were realized by programmes but due to the peculiarities of investigations and of the minicomputer used only the Fourier method proved to be adequate for computing the TF of any of the organs mentioned in the paper.

We also examined how the γ parameter and H(w) function /which provide a stable solution/ influence the TF. We computed the TFs of various organs with adequate programmes. It is renal perfusion that is simulated best by the simple model of the TF

IZOTÓPTECHNIKA 26(3):215-226 (1983)

A LEVEGŐ RADIOAKTIVITÁSA 100-250 kW-OS KISÉRLETI ATOMREAKTOROKBAN

Virágh Elemér[1], Erich Tschirf

[1]A Budapesti Müszaki Egyetem Tanreaktora, Budapest, 1521

[2]Atominstitut der Österreichischen Universitäten, A-1020 Wien, Sch Schnittelstrasse 105

/Érkezett 1983. május 17-én/

BEVEZETÉS

Ausztriában 21 éve, Budapesten 12 éve üzemel oktatást szolgáló atomreaktor. A két létesitménynek több közös vonása van, nevezetesen

- a teljesitményszint /250 kW, illetve 100 kW/,
- a medencetipusu felépités,
- mindkét reaktor főváros szivében fekszik.

Különösen ez utóbbi következtében különös gondot kell forditani a környezetbe távozó levegő radioaktivitásának vizsgálatára.

Az Osztrák Egyetemek Atomtechnikai Intézete /itt üzemel a TRIGA II. tipusu oktatóreaktor/ és a BME Tanreaktor sugárvédelmi szolgálatának kapcsolata több mint egy évtizedes multra tekinthet vissza; különösen a kezdeti időszakban vettük figyelembe a bécsi tapasztalatokat, a tanreaktor gyakorlati sugárvédelmének megszervezésénél.

Ezuttal bemutatjuk azokat a módszereket és fontosabb méréseredményeket, amelyek a két oktatóreaktorban a levegő radioaktivitásának ellenőrzésével kapcsolatosak.

FIZIKAI ALAPOK

ÁLTALÁNOS ÁTTEKINTÉS

Az itt megvitatandó oktatóreaktorok medencetipusu, könnyüvizzel moderált és hütött rendszerek. Mindkét reaktorban olyan besugárzó csatornák találhatók, amelyekben viszonylag nagy neutronfluxus uralkodik.

E reaktorból gáz- és aeroszolaktivitás távozik a következő okok miatt:

a/ a hütőviz neutronaktivációja következtében ^{16}N és kisebb mértékben ^{14}C keletkezik;

b/ a reaktor aktiv zónájának közelében található, levegővel töltött térfogatokban /besugárzó csatornák, kisérleti és besugárzó berendezések/ a nagy neutronfluxus hatására ^{41}Ar és ^{14}C keletkezik;

c/ a fütőelemburkolat sérülése esetén gáz halmazállapotu hasadványok /mindenekelőtt Xe, Kr és I-izotóp/ kerülnek, a hütőviz közvetitésével, a reaktorcsarnok levegőjébe.

Az elmondottaknak megfelelő legfontosabb radioizotópok néhány jellemző tulajdonságát az 1. táblázatban foglaljuk össze.

1. táblázat

Kutatóreaktorokban előforduló, fontosabb, gáz halmazállapotu radioizotópok[1]

Важнейшие газообразные радиоактивные изотопы, встречаемые в исследовательских реакторах[1]

The most important gaseous radioactive isotopes occurring in research reactors[1]

Reakció	Radioaktiv termék	Felezési idő	Max. β-energia, MeV	γ-energia MeV
$^{16}O/n,p/^{16}N$	^{16}N	7,13 s	4,3; 10,4	6,1 - 7,1
$^{40}Ar/n,\gamma/^{41}Ar$	^{41}Ar	1,83 h	1,2; 2,5	1,3
$^{14}N/n,p/^{14}C$ } $^{14}O/n,\alpha/^{14}C$	^{14}C	5730 a	0,2	-
Maghasadás	^{131}I	8,02 d	0,6; 0,8	0,28 - 0,64
Maghasadás	^{85}Kr	10,76 a	0,7	0,15; 0,54
Maghasadás	^{133}Xe	5,25 d	0,3	0,081

SUGÁRVÉDELMI NORMATIVÁK MAGYARORSZÁGON ÉS AUSZTRIÁBAN

MAGYARORSZÁG

Magyarországon napjainkban lényegében az ICRP 9. kötetének ajánlásai alapján készült rendeletek és országos szabványok tartalmazzák a levegő radioaktivitására vonatkozó határértékeket.

A kibocsátási határértékek hazánkban a levegőre vonatkozó MMK értéken alapulnak, s egy-egy izotópra nézve levegőben ezt tekintik felső kibocsáthatósági határnak.

Másrészről megjegyzésben azt találjuk, hogy "atomerőmüvek vagy nyitott izotópot alkalmazó intézmények környezetében folyamatos /heti 168 órás/ belégzést feltételezve az értékek 50-ed része, mig az egész népességre az értékek 150-ed része engedhető meg."

A 2. táblázatban összefoglaljuk az 1. táblázatban felsorolt izotópokra vonatkozó MMK értékeket, az MSz 14344/1. sz szabvány alapján.

Az 1. táblázatban előforduló ^{16}N, ^{85}Kr és ^{133}Xe izotópra MMK értékeket nem tartalmaz a szabvány. Ezeknél az ismeretlen összetételü radioaktiv izotópkeverék levegőre megengedhető maximális koncentrációját lehet figyelembe venni /3. táblázat/.

2. táblázat

Néhány légnemü radioaktiv izotópra vonatkozó határérték /az MSz 14344/1 sz. szabvány alapján/

Предельные значения некоторых воздуховидных радиоактивных изотопов по стандарту MSz 14344/1

Limits to some gaseous radioactive isotopes on the basis of MSz 14344/1

Radio-izotóp	MMK érték az "A" besugárzási kategóriára Bq/cm³	µCi/cm³	MMK érték a népességre Bq/cm³	µCi/cm³
^{41}Ar	$7,4.10^{-2}$	2.10^{-6}	$4,9.10^{-4}$	$1,3.10^{-8}$
^{14}C	$1,5.10^{-1}$	4.10^{-6}	$1,0.10^{-3}$	$2,7.10^{-8}$
^{131}I	$3,3.10^{-4}$	9.10^{-9}	$2,2.10^{-6}$	$6,0.10^{-11}$

3. táblázat

Ismeretlen összetételü radioaktiv izotópkeverék levegőben megengedhető maximális koncentrációja, az MSz 62-78 szabvány szerint

Допустимая максимальная концентрация смеси неизвестного состава радиоактивных изотопов в воздухе по стандарту MSz 62-78

Maximum permissible concentration in air of a radioactive isotope mixture of unknown composition according to MSz 62-78

Megjegyzés	MMK érték az "A" besugárzási kategóriára Bq/cm³	µCi/cm³	MMK érték a népességre Bq/cm³	µCi/cm³
^{90}Sr, ^{129}I, ^{210}Pb ^{227}Ac, ^{228}Ra, ^{230}Po, ^{241}Pu, ^{249}Bk és α-sugárzó izotóp kizárható	$1,85.10^{-4}$	5.10^{-9}	$1,2.10^{-6}$	$3,3.10^{-11}$
^{210}Pb, ^{227}Ac, ^{228}Ra, ^{241}Pa, ^{154}Eu és α-sugárzó izotóp jelenléte kizárható	$1,85.10^{-5}$	5.10^{-10}	$1,2.10^{-7}$	$3,3.10^{-12}$
Ismeretlen β-sugárzó, ^{227}Ac jelenléte kizárható	$1,85.10^{-6}$	5.10^{-11}	$1,2.10^{-8}$	$3,3.10^{-13}$
^{227}Ac, ^{230}Th, ^{231}Pa, ^{232}Th, term. urán, ^{238}Pu, ^{239}Pu, ^{240}Pu, ^{244}Pu, ^{253}Cf, ^{248}Am jelenléte kizárható	$1,85.10^{-7}$	5.10^{-12}	$1,2.10^{-9}$	$3,3.10^{-14}$
Összetételre nincs adat, és α-sugárzó izotóp okozza a szennyeződést	$1,85.10^{-8}$	5.10^{-13}	$1,2.10^{-10}$	$3,3.10^{-15}$

A jelenleg hatályos MSz 14344/1. sz. értelmében a környezetvédelmi hatóságoknak meg kell adniuk az évente összesen kibocsátható aktivitás /A_k/ értékét is, a helyi viszonyok figyelembevételével. Ilyen aktivitásérték a tanreaktornál nincs.

AUSZTRIA

Az 1972-ben kiadott osztrák sugárvédelmi törvény levegőre vonatkozó MMK értékeket tartalmaz. Néhány izotópra a 4. táblázat határértékei vonatkoznak.

4. táblázat

Megengedhető maximális koncentráció levegőre az osztrák sugárvédelmi törvény alapján[3]

Допустимые максимальные концентрации радиоактивных веществ в воздухе по австрийскому правилу радиационной защиты[3]

Maximum permissible concentration in air on the basis of Austrian radiation protection law[3]

Radio-izotóp	Radiológiai hatás	MMK a levegőben	
		40 h/hét /munkahelyen/ µCi/cm³	168 h/hét /környezetben/ µCi/cm³
^{14}C	CO_2 oldható	4.10^{-6}	$3,33.10^{-8}$
	immerzió	5.10^{-5}	$3,33.10^{-7}$
^{85}Kr	immerzió	1.10^{-5}	$1,00.10^{-7}$
^{41}Ar	immerzió	$2,10^{-6}$	$1,33.10^{-8}$
^{131}I	oldható	9.10^{-9}	$1,00.10^{-10}$
	oldhatatlan	3.10^{-7}	$3,33.10^{-9}$
^{133}Xe	immerzió	1.10^{-5}	$1,00.10^{-7}$
Ismeretlen β-sugárzók keveréke, kivéve a következő α-sugárzókat: ^{210}Pb, ^{227}Ac, ^{228}Ra, ^{241}Pu, $^{242}Cf^m$, ^{254}Cf.		$2,5.10^{-10}$	$3,33.10^{-12}$

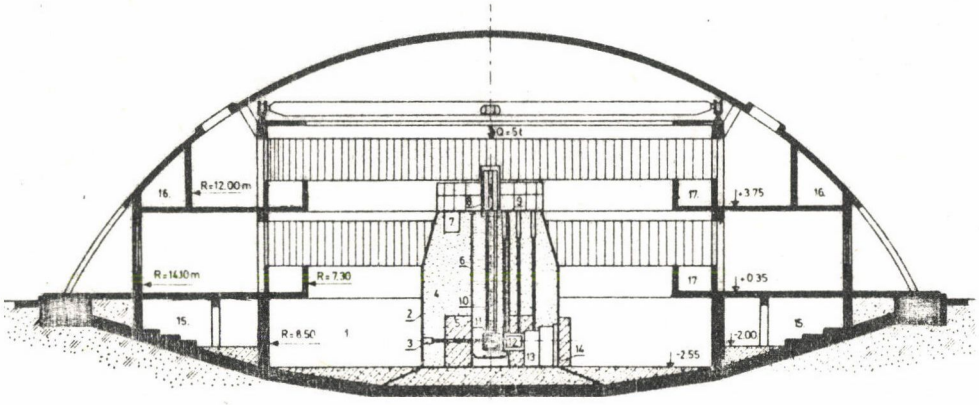
Az osztrák és a magyar MMK értékek között nincs lényeges eltérés. A ^{16}N izotópra nem találtunk MMK értékeket, ezért itt az NSzK Sugárvédelmi Törvényének IV. táblázataiból /figyelembe véve a felezési időt és a sugárzási energiát/ MMK értéknek a ^{16}N-nál 0,04 - 0,4 Bq/cm³ /10^{-6}...10^{-5} µCi/cm³/ körüli érték tekinthető.

MÉRŐBERENDEZÉSEK A LEVEGŐ RADIOAKTIV KONCENTRÁCIÓJÁNAK MEGHATÁROZÁSÁRA

A LEVEGŐ RADIOAKTIVITÁSÁNAK ELLENŐRZÉSE A BME TANREAKTORÁBAN[4]

A BME Tanreaktora 1971. óta üzemel, maximális teljesitménye kezdetben 10 kW_t, napjainkban, az 1980-ban befejezett rekonstrukció óta, 100 kW_t. Egyébként a reaktor heterogén, könnyüviz moderátorral ellátott, könnyüviz hütéses rendszer, a medencetipusu reaktor aktiv zónáját 10% ^{235}U dusitásu fütőelemek alkotják.

Maga a reaktorépület teljesen zárt épitmény, szellőztetése kiegyenlitett rendszerü /1. ábra/.



1. ábra

A BME Tanreaktor épülete. 1 - reaktorcsarnok; 2 - reaktorblokk; 3 - horizontális csatornák; 4 - normálbeton-védelem; 5 - nehézbeton-védelem; 6 - reaktortartály; 7 - akna; 8 - plexivédelem; 9 - függőleges csatornák; 10 - szabályozó és biztonságvédelmi rudak; 11 - aktiv zóna; 12 - vízvédelem; 13 - besugárzó alagut; 14 - nehézbetonfal; 15 - pince; 16 - technológiai helyiségek; 17 - belső folyosó

Здание Учебного реактора Будапештского технического университета

Building of the Training Reactor of Budapest Technical University

A szellőztető rendszer szivó- és nyomóágra bontható. A nyomóventillátor a reaktorépületben, a szivóventillátor a BME T épületének padlásterében található. Az épületből elszivott levegőt a BME udvarán keresztül, beton védőcsatornába fektetett acéllemez csatornában vezetjük el, s végül a T épület tetején lévő kéményen át távozik a környezetbe.

A kibocsátás ellenőrzésére levegő-ellenőrző rendszert épitettünk, melynek vázlata a 2. ábrán látható. Segitségével a gázaktivitás folyamatos, az aeroszolaktivitás szakaszos ellenőrzése lehetséges.

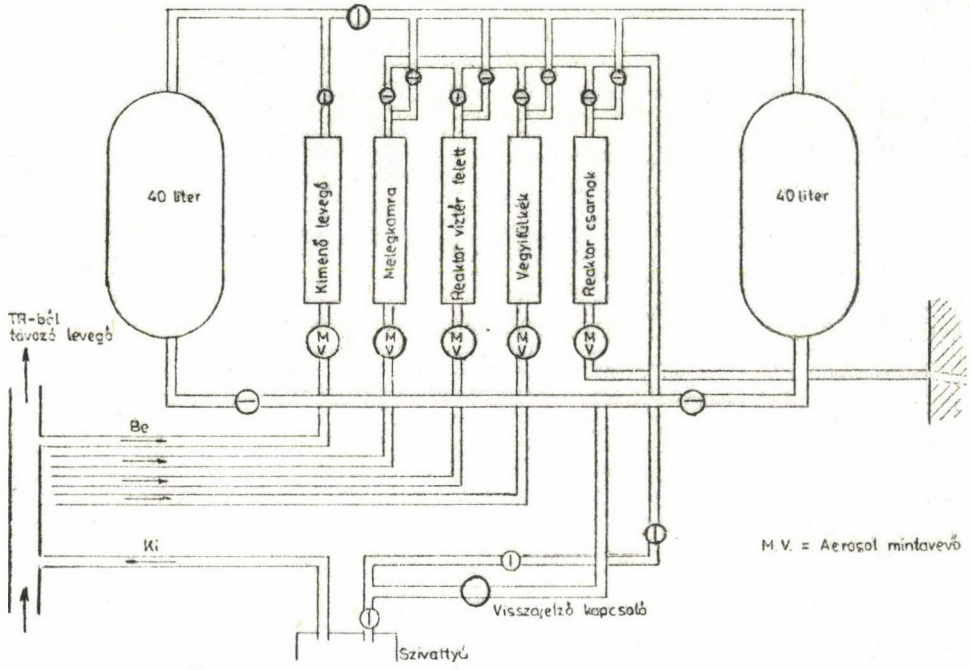
A gázaktivitás *folyamatos mérésére* a 2. ábrán látható, kb. 40 liter térfogatu, öntött vasból készült levegőkamrák használatosak. Egy kamrában két SzTSz-6 tipusu, hengeres GM-számlálócső található. A vizsgálandó levegő aeroszolszürőn át jut a levegőkamra érzékeny térfogatába. A gázaktivitást

a reaktor viztér feletti légteréből és /söntág alkalmazásával/ a reaktorépületből távozó légvezetékből vett minták alapján mérjük.

A reaktorépület öt pontjáról mód van a levegő aeroszolaktivitásának *szakaszos mérésére*. A mintavétel az M.V.-vel jelölt szürőtartókban elhelyezett, FPP-15 tipusu aeroszolszürőkre történik.

A tanreaktorból távozó levegő gázaktivitását mérő detektor csatlakozik a reaktorvezénylőben található sugárvédelmi ellenőrző rendszer egyik csatornájára.

Megjegyezzük, hogy a környezetben lévő levegő aeroszolaktivitásának ellenőrzésére mintavevő helyet telepitettünk a BME Egry József utcai keritéséhez, közel a T és R épület közötti területhez.



2. ábra

A BME Tanreaktor levegőellenőrző rendszerének mintavevő része

Часть системы вентилляции реактора УР БТУ для отбора проб

The sampler of the air monitoring system of the BME Training Reactor

A gázaktivitás ellenőrzése

Számos mérést végeztünk a gázaktivitás nagyságára a rekonstrukció előtt és után. A beépitett levegőellenőrző rendszer 40 liter térfogatu kamráját ^{41}Ar izotóppal kalibráltuk; ennek értéke $5{,}1.10^{-3}$ Bq·cm^{-3}/ 1 i·s^{-1}, illetve $1{,}4.10^{-7}$ Ci·cm^{-3} / 1 i·s^{-1}. Tekintve, hogy a detektor háttere 3-4 i/s, ez

kb. $1{,}8.10^{-2}$ Bq·cm^{-3} /$4{,}9.10^{-7}$ Ci·cm^{-3}/ koncentrációnak felel meg. A sokéves, maximálisan 10 kW-os reaktorüzem során a reaktor viztere felett nem végeztünk mérést, a kimenő levegőben kimutatható gázaktivitást nem regisztráltunk.

A rekonstrukció után kezdtük mérni a viztér feletti levegőt. A közelmultban egy 24 órás, 100 kW-os üzem utolsó órájában mértük a ^{41}Ar-aktivitást: ez az érték 0,5 Bq·cm^{-3} /$1{,}4.10^{-5}$ µCi·cm^{-3}/, mig a kimenő levegőben mintegy egy nagyságrenddel kisebb, $4{,}5.10^{-2}$ Bq·cm^{-3} /$1{,}2.10^{-6}$ Ci·cm^{-3}/.

Az aeroszolaktivitás ellenőrzése

Az aeroszolaktivitás jellemző mérési adatait az 5. táblázatban foglaljuk össze.

5. táblázat

Aeroszolaktivitás a tanreaktorban, szakaszos mintavétel alapján

Активность аэрозолей в реакторе УР БТУ по периодическому отбору проб

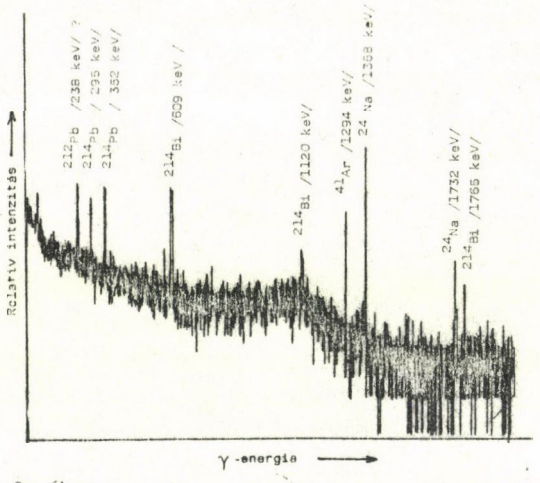
Aerosol activity in the Training Reactor, based on intermittent sampling

A mintavétel helye	Fajlagos koncentráció 10^{-9} Bq·cm^{-3}		
	min.	max.	átlag
Kimenő levegő	1,5	12	5,2
Melegkamra	1,5	7,8	4,8
Reaktorviztér felett	1,1	14	7,4
Radiokémiai laboratóriumok	1,1	16	6,3
Reaktorcsarnok	1,1	14	7,0

A méréssel kapcsolatos fontosabb adatok: 10 órás mintavétel /reaktorüzem alatt/ a levegőellenőrző rendszer segitségével, FPP-15. aeroszolszürőre. Az átszivott levegő térfogata 15-20 m^3, a minta összes β-aktivitását mértük. Az 5. táblázat utolsó oszlopában 5 mérés átlagát tüntettük fel.

Végül bemutatjuk az aeroszolminta γ-aktivitásmérésére vonatkozó, jellemző eredményünket. A reaktorviztér feletti légtérből 24 órán át aeroszolmintát vettünk /40-50 m^3 átszivott levegő/, majd a minta γ-spektrumát a mintavétel befejezése után CANBERRA 80 tipusu sokcsatornás analizátorból, 70 cm térfogatu GeLi /ORTEC/ félvezető detektorból és 8 cm árnyékoló kamrából álló rendszerrel mértük. 2000 s mérés után a 3. ábrán látható γ-spektrumot kaptuk. A mintavétel alatt a reaktor 100 kW-on üzemelt.

A minta lényegében a radon rövid felezésidejü bomlástermékeit tartalmazza. Érdekesség a ^{24}Na megjelenése. Ezt azzal magyarázzuk, hogy a reaktorviztér felett, 100 kW-os üzem mellett, vizpára is található /a hütőviz hőmérséklete ilyenkor 40-45°C/, s ennek egy része az aeroszolszürőre került. Az ^{41}Ar-



3. ábra

A tanreaktor épületének levegőjéből vett aeroszolminta γ-spektruma 100 kW reaktorteljesitménynél

Гамма-спектр пробы аэрозолей, взятых из воздуха в здании реактора УР БТУ при мощности 100 кВт

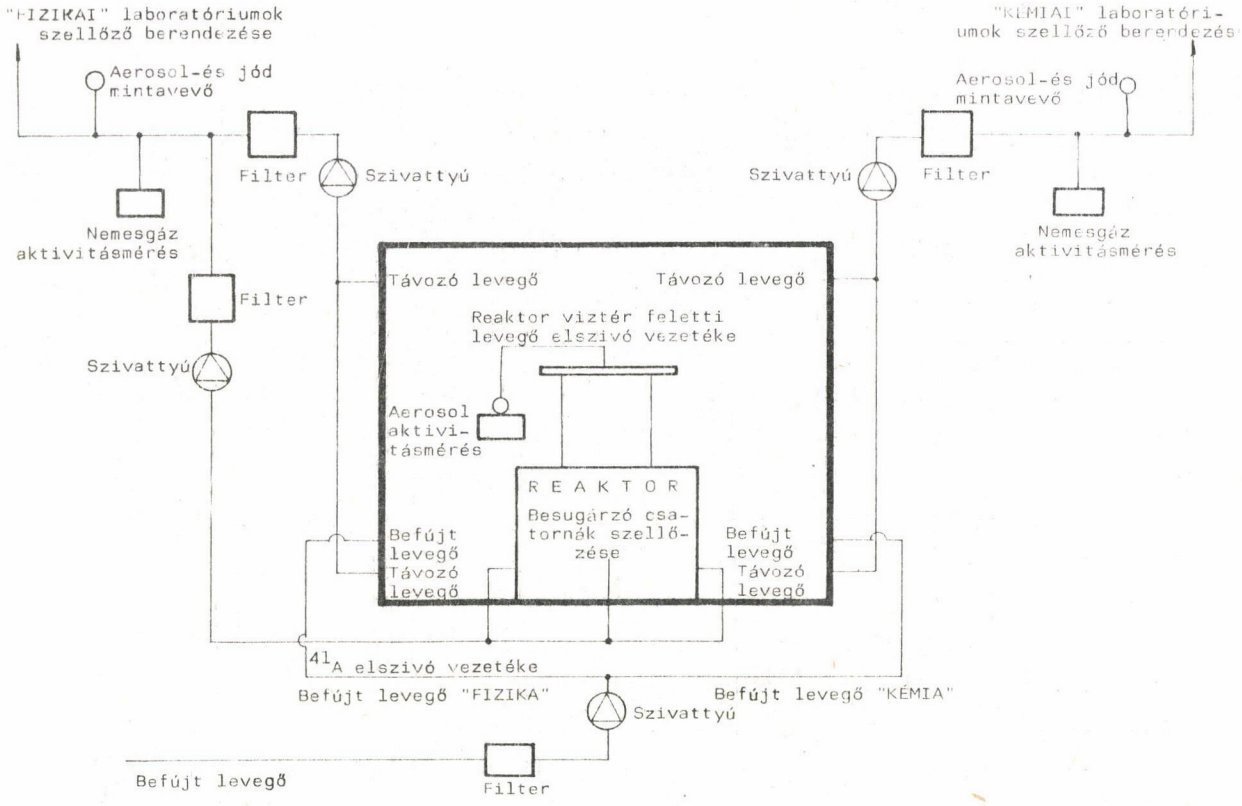
γ-spectrum of aerosol sample taken from the atmosphere of the Training Reactor building

csucs megjelenését az magyarázza, hogy a spektrumfelvétel 100 kW-os reaktorteljesitmény idején történt, s a kis hátterü kamra tartalmazta a reaktorépületben ekkor meglévő ^{41}Ar-koncentrációt. Amennyiben a kb. 500 liter térfogatu, kis hátterü kamrába ismert fajlagos koncentrációju ^{41}Ar gázt juttatunk, kalibrálni lehet a rendszert, a radiokémiai laboratóriumokban lévő ^{41}Ar-koncentráció meghatározása céljából.

A LEVEGŐ RADIOAKTIVITÁSÁNAK ELLENŐRZÉSE AZ OSZTRÁK TRIGA-REAKTORBAN

A TRIGA Mark II. tipusu reaktor 250 kW_t folyamatos, illetve 200 MW_t impulzusüzemü használatra alkalmas rendszer. A reaktor 4 vizszintes csatornával és egy besugárzó alaguttal rendelkezik, ez utóbbi termikus oszlopnak van kiképezve. Emellett neutronbesugárzásra a zóna közelében további besugárzási lehetőség van. A reaktor aktiv zónájának közepén a termikus neutronfluxus $1{,}08 \cdot 10^{13}$ $cm^{-2}s^{-1}$, 250 kW-os teljesitménynél. A 4. ábrán láthatók a reaktorcsarnokba való levegőbevezetés és a távozó levegő lehetséges utjai.

A mintegy 6000 m^3 térfogatu reaktorcsarnokban szabályozható a levegő nyomása, és mintegy 4 mm vizoszlopnak megfelelő depresszió uralkodik a külső levegő légnyomásához képest. A levegőforgalom nagysága 26 000 m^3h^{-1}, amely mintegy 4,3-szeres légcserének felel meg óránként. A távozó levegő két irányban /a kémiai, illetve fizikai laboratóriumok szellőzőrendszeréhez csatlakozva/, az intézet padlásterén keresztül hagyja el az épületet. A besugárzó csatornák külön 20 m^3 h^{-1} teljesitményü szellőzőberendezéssel rendelkeznek, ez a fizikai laboratóriumok szellőzőrendszeréhez csatlakozik. Mindkét kimenő-levegő-ágban durva és finom szürőbetét is található, s mindkét ágban a levegő radioaktivitását: a reaktorviztér feletti levegőmintából folyamatos aeroszolaktivitást mérő berendezéssel, egy-egy nemesgáz-aktivitásmérő berendezéssel és egy-egy aeroszol és jód szürésére alkalmas mintavevővel ellenőrizzük.



4. ábra

A bécsi oktatóreaktor szellőzőrendszere, illetve a levegő radioaktivitásának ellenőrző helyei

Места контроля радиоактивности воздуха и системы вентилляции венского Учебного реактора

Thee ventilation system and air radioactivity monitoring system of the Vienna Training Reactor

Az ^{41}Ar ellenőrzése

Az ^{41}Ar elsősorban a besugárzó csatornákban és a besugárzó helyek levegővel töltött térfogataiban /pl. csőposta/ keletkezik. Ez utóbbiból normális üzemi körülmények között nem kerül ^{41}Ar a reaktorcsarnok levegőjébe. Miután a besugárzó csatornákban lévő levegő nem higul a reaktorcsarnok levegőjével, ezért ezeket külön szellőztetéssel kellett ellátni.

Ha a csatornák szellőztető berendezése bekapcsolt állapotban van, a beépitett kisérleti berendezések nagyságától függően 18 – 92 MBq /0,5 - 2,5 mCi/ telitési aktivitás keletkezik. Mint emlitettük, a besugárzó csatornák szellőztető berendezése a fizikai laboratóriumok szellőzőrendszeréhez csatlakozik, s ennek aktivitását nemesgáz-aktivitásmérő berendezéssel ellenőrizzük.

A nemesgáz-aktivitásmérő berendezés detektora három végablakos GM-számlálócsőből épül fel[5].

A berendezés kijelző része a vezénylőben található. 250 kW-os reaktorteljesitménynél a reaktorviztér feletti levegő ^{41}Ar-koncentrációja 0,4 $Bq.cm^{-3}$ /10^{-5} $\mu Ci.cm^{-3}$/ nagyságrendben mozog . Az intézet körüli terjedési számitások[7] szerint az épülettől 25 m-re maximálisan $1,3.10^{-4}$ $Bq.cm^{-3}$ /$3,5.10^{-9}$ $\mu Ci.cm^{-3}$/ értékkel kell számolni.

A ^{16}N ellenőrzése

Az aktiv zóna körüli viztérfogatban, 250 kW-os reaktorteljesitmény esetén, 1,1 - 1,5 TBq /30-40 Ci/ telitési aktivitás alakul ki. Amennyiben a primérköri hütőviz keringetését leállitjuk, a gázbuborékok felemelkedési idejének, illetve az aktivitás 1,9 - 3 GBq-es /50-80 mCi-s/ másodpercenkénti csökkenésének következtében a reaktorcsarnok ^{16}N-aktivitáskoncentrációja 4 $Bq.cm^{-3}$ /10^{-4} $\mu Ci.cm^{-3}$/ nagyságrendü.

Ha a primerköri viz keringetését fenntartjuk, akkor az aktiv zóna közelében keletkező ^{16}N-aktivitás tulnyomó hányada a vizzel kering, s eközben gyakorlatilag lecseng. A reaktorviztér feletti mérések azt mutatják, hogy a hütőrendszer bekapcsolása után a reaktorcsarnok ^{16}N-aktivitása mintegy ezredrészére csökken, tehát a fajlagos koncentráció 4.10^{-3} $Bq.cm^{-3}$ / 10^{-7} $\mu Ci.cm^{-3}$/ nagyságrendbe esik.

Tekintve, hogy a reaktorépületből távozó aktivitás környezetbe jutásáig még egy nagyságrendet csökken, a környezet ^{16}N-tól való radiológiai terhelése elhanyagolható.

A ^{14}C ellenőrzése

Jóllehet a ^{14}C keletkezési üteme a reaktorban kicsi, extrém nagy felezési ideje miatt nem hanyagolható el. A ^{14}C viszonylag fáradságos mérési eljárásait tekintve a rutin ellenőrzés nem jöhet szóba.

A szellőzőberendezésen át a környezetbe jutó ^{14}C-koncentráció becsléséhez különféle reaktorállapotban méréseket végeztünk[8]. Folyamatos légcsere mellett a kimenő levegő egy részét nátronlugon át vezettük, s ekkor a levegő CO_2-tartalma nátriumkarbonát formájában megkötődött. Kémiai feldolgozás után a minta aktivitását folyadékszcintillátoros aktivitásmérő berendezéssel határoztuk meg. A kisérletek 1979 juliusa és 1980 szeptembere között folytak A mérésből az adódott, hogy a ^{14}C keletkezésének mértéke 0,31 $MBq.h^{-1}MW^{-1}$ /8,5 $\mu Ci.h^{-1}.MW^{-1}$/. Terjedési számitás alapján az intézet közelében található

kritikus pontokon a reaktorból származó ^{14}C-koncentráció éves átlagban $4,4.10^{-6}$ Bq.m^{-3} /0,12 fCi.m^{-3}/, tehát négy nagyságrenddel kisebb a levegő átlagos ^{14}C-koncentrációjánál /$5,6.10^{-2}$ Bq.m^{-3} = 1,5 pCi.m^{-3}/.

A hasadási termékek ellenőrzése

Hasadási termékek - mindenekelőtt I, Xe és Kr izotóp - keletkezése üzemzavari állapotban /pl. fütőelem-sérülésnél/ várható. Ilyen izotópok megjelenését a reaktorcsarnok levegőjében több mérési ponton észlelhetjük. Elsősorban a reaktorviztér feletti levegő folyamatos ellenőrzése érdemel említést, ez folyamatos aeroszolaktivitás-mérést tesz lehetővé. A levegőmonitor kijelző egysége a reaktor vezénylőjében található. A berendezés radioaktiv aeroszol /pl. ^{88}Rb, amely a ^{88}Kr bomlásterméke/ megjelenése esetén vészjelet ad.

A nemesgáz-aktivitást további két mérőhelyen monitorozzuk, valamint a kimenő levegőágakban található jód- és aeroszolszürők aktivitásméréséből is kapunk adatokat.

Meg kell jegyezni, hogy a reaktortartály vizének aktivitását rendszeresen, hetente egy alkalommal, ellenőrizzük.

A kimenő levegőágakban a levegő összes β-aktivitása 4.10^{-5} - 4.10^{-4} Bq.m^{-3} /10^{-3}-10^{-2} pCi.m^{-3}/ nagyságrendben mozog. A reaktortartály vizének összes β-aktivitása szintén 4.10^{-4}Bq.m^{-3} /10^{-2} pCi.m^{-3}/ nagyságrendü.

Mindezen adatok alapján következik, hogy a jelenleg kibocsátott levegő hasadványaktivitása következtében a reaktorépület környezetében, talajközelben az aktivitáskoncentráció kisebb 4.10^{-4} Bq.m^{-3} /10^{-2} Bq.m^{-3}/-nél.

DISZKUSSZIÓ

Mind a bécsi reaktor 21 éves, mind a tanreaktor 12 éves üzemeltetési tapasztalatai arra engednek következtetni, hogy az ^{41}Ar kivételével mind a reaktorcsarnokban, mind a reaktor környezetében a levegő mesterséges eredetü radioaktivitása nagyságrendekkel a határértékek alatt van.

Az ^{41}Ar aktivitás huzamosabb maximális teljesitmény esetén mindkét reaktorcsarnokban eléri az MMK értéket, de láttuk, hogy a bécsi reaktor körüli terjedési vizsgálat szerint a reaktorépülettől igen kis távolságra a ^{41}Ar-koncentráció jóval a határértéknél kisebb koncentrációra higul. A tanreaktornál ilyen terjedési modell még nem készült, de adaptálva a fenti és egyéb számitási eredményeket, arra a következtetésre juthatunk, hogy a tanreaktor környezetében a gázaktivitás koncentrációja igen rövid távolságon /20-25 m/ legalább két nagyságrendet csökken. Tekintetbe kell venni azt a tényt is, hogy a tanreaktor 100 kW-os teljesitményen rendkivül rövid időig üzemel /pl.

1983 első félévében összesen mintegy 50 üzemórát/, igy a környezetben élő lakosságnak a tanreaktorból kijövő gázaktivitás okozta többletbesugárzása elhanyagolható.

A dolgozatban közölt méréseredmények is alátámasztják azt az állitást, hogy közepes /néhány 100 kW-os/ teljesitményü oktatóreaktorok minden különösebb radiológiai következmény nélkül felépithetők városban is, a reaktortól származó sugárterhelés még a reaktor közvetlen környezetében élő személyekre nézve is elhanyagolható.

IRODALOM

1. Karlsruher Nuklidkarte: Kernforschungszentrum Karlsruhe, Institut für Radiochemie 5. Auflage, 1981
2. A radioizotópok sugárzása elleni védelem /MSz 62-78./ Magyar Szabványügyi Hivatal, Bp. 1978
3. Österreichische Strahlenschutzverordnung, BGBl.Nr.47/1972
4. BME Egyetemi Atomreaktor, Sugárvédelmi ellenőrző rendszer, KFKI Reaktor Főosztály /dokumentáció/ Bp. 1971
5. *J. Harms, H. Weiss*, Eine Betriebsmessanordnung für β-aktive Gase und ihre Absoluteichung, Atomkernenergie 11 /1966/ 251
6. *F. Kerschbauner*, Messung von β-aktiven Gasen in der Abluft eines Reaktors, Diplomarbeit am Atominstitut; Nov.1976
7. Ein Programm zur Berechnung radiologischen Konsequenzen bei Störfällen in kerntechnischen Anlagen. Mitteilungen des Atominstitutes; AIAU 78306, Sept. 1978
8. *M. Tschurlovits, K. Pfeiffer, D. Rank*, Measurement of the Release of $^{14}CO_2$ from the TRIGA Reactor, Health Physics 44 /1983/ 155

*

A BME Tanreaktorával és az Osztrák Egyetemek Atomintézete oktatóreaktorának épületében végzett mérés alapján a reaktorok környékén élő lakosságnak a reaktorokból származó gázaktivitásból adódó többletbesugárzása elhanyagolható.

РАДИОАКТИВНОСТЬ ВОЗДУХА В ЗДАНИЯХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ МОЩНОСТИ В 100-250 кВт
Вираг, Э., Чирф, Э.

Дополнительная нагрузка населения в окружности Учебного реактора Будапештского технического университета и учебного реактора Атомного института австрийских университетов от газообразных радиоактивных отходов, по измерениям, проведенным в воздухе зданий реакторов, является пренебрежимой.

THE RADIOACTIVITY OF AIR IN THE BUILDINGS OF 100-250 kW NUCLEAR RESEARCH REACTORS
Virágh, E., Tschirf, E.

The additional dose of the population around the training reactor of Budapest Polytechnic University and training reactor of the Nuclear Institute of Austrian Universities from gaseous radioactive wastes can be neglected, as measurements in the reactor buildings indicate.

IZOTÓPTECHNIKA 26(3):227-228 (1983)

RENDEZVÉNY

SUGÁRZÁSTECHNIKAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSA A MEZŐGAZDASÁGBAN ÉS AZ ÉLELMISZERIPARBAN

Szimpózium, Debrecen, 1983. julius 20-21.

Debrecenben, a Debreceni Akadémiai Bizottság székházában rendezték meg a Debreceni Agrártudományi Egyetem, az MTA Atommagkutató Intézete, a Gödöllői Agrártudományi Egyetem s a hernádi Március 15 MTSZ Multiradiáció Ágazata szervezésében a "Sugárzástechnikai módszerek alkalmazása a mezőgazdaságban és élelmiszeriparban" cimü tudományos szimpóziumot.

Hasonló témakörben /"A besugárzástechnika gyakorlati alkalmazásának lehetőségei a mezőgazdaságban és az élelmiszeriparban"/ 1979-ben, Budapesten, az Állatorvostudományi Egyetemen volt egy szimpozion. Mivel a legtöbb tudományterületen, s ezen belül a mezőgazdasági és élelmiszeripari sugárzástechnika területén is hallatlanul gyors a fejlődés, megitélésünk szerint 4-5 évente feltétlenül szükséges az áttekintés, a korábbi, időtállónak bizonyult tudományos eredmények regisztrálása, s az ujabb kutatási irányvonalak kijelölése. Erre nyilt lehetőség a debreceni szimpóziumon, ahol az ideális környezet s a jó rendezés biztositotta, hogy a résztvevők nem csupán az előadásokat követő nagyon élénk szakmai vita során, hanem közvetlen, baráti megbeszélés formájában is véleményt cserélhettek.

Borsos János főosztályvezetőhelyettes /MÉM/ és Berényi Dénes akadémikus /ATOMKI/ megnyitója után két plenáris előadás hangzott el. Pethes György /Állatorvostudományi Egyetem/ a "Radioizotóp technika ujabb hazai eredményeiről az állatorvostudományok területén" cimü előadásában összefoglalta a szakterület legujabb eredményeit, rámutatva a korszerü vizsgálati módszerek /pl. RIA/ alkalmazásának előnyeire. Simon József /Március 15 MTSZ, Multiradiáció/ "A sugárzástechnika szerepe és trendjei a mezőgazdasági kutatásban és gyakorlatban" cimü előadásában vázolta a kutatás várható irányvonalait, felhivta a figyelmet a gépi mobil sugárforrások mezőgazdasági gyakorlatban történő alkalmazásának lehetőségeire.

A szimpózium előadásai öt témacsoportba lettek besorolva, s lehetőség volt poszter bemutatására is.

Az első témacsoport a radioaktiv izotópok, a nyomjelző technika alkalmazásával foglalkozott.

A kilenc előadás alapján megállapithatjuk, hogy tápanyagmozgási, tápanyagfelvételi vizsgálatra egyre szélesebb körben alkalmazzák a nyomjelző eljárást.

A második témakör 11 előadása a kis sugárdózis stimulációs alkalmazásáról szólt.

Egyértelmüen bebizonyosodott, hogy a kis sugárdózisnak kedvező, stimulativ hatása van. Most már az a feladat, hogy a kutatási eredmény hasznosuljon, s az alkalmazás nagyüzemi gyakorlattá váljék.

A harmadik témakörben /Tartósitási, raktározási és védekezési módszerek javitása sugártechnikai eljárásokkal/ 9 előadás felhivta a figyelmet arra, hogy a mezőgazdasági termék, élelmiszer sugárkezeléséről rendelkezésre álló értékes, s egyre bővülő eredmények gyakorlati felhasználása csak nagyon gondos gazdaságossági számitás után lehetséges.

A negyedik, 11 előadásból álló csoport a radiomutációs vizsgálatokat és gyakorlati eredményeket ismertette.

Szélesedett a radiomutációs nemesités módszere /a γ-sugárzásos kezelés mellett neutronokkal és más részecskékkel is besugároznak/ s a nemesitésbe vont növényfajták köre is.

Az ötödik témacsoportban dozimetriával, besugárzó berendezéssel, környezetvédelemmel foglalkozó 6 előadás hangzott el.

Sugárkezelésre a hagyományos γ-sugárzó izotópforrásokon kivül egyre inkább uj, korszerü berendezéseket alkalmaznak, mint pl. elektrongyorsitót, nagy teljesitményü, mobil röntgenkészüléket.

A résztvevők hasznosnak itélték a szimpóziumot, s az előadók olyan aktuális témákkal jelentkeztek, amelyek felkeltették a szakemberek érdeklődését. Jelentősnek itélhető az is, hogy 4 év után ismét lehetőség nyilt arra, hogy a sugárzástechnikai szakterületen tevékenykedő, de különböző végzettségü és munkahelyü szakemberek, kutatók megismerjék egymást s egymás munkáját. A nagyon élénk szakmai érdeklődés azt igazolta, hogy a tudományterületen dolgozó szakemberek igénylik ezt a fórumot is. 4 év mulva - a tervek szerint - ismét sor kerül egy hasonló szimpóziumra.

A szimpózium előadásainak röviditett anyaga az ATOMKI Közleményekben meg fog jelenni. Az Atommagkutató Intézet egyébként nagy segitséget nyujtott a szimpózium megszervezésében, s az előadók közül is számosan képviselték az intézet szineit. Mindez egyértelmüen bizonyitja azt a nyitottságot, amely a sugárzástechnikai, nukleáris analitikai módszerek, eljárások, berendezések mezőgazdaságban és élelmiszeriparban való felhasználása terén az intézet részéről megnyilvánul.

Szabó S. András
A MÉM Szakoktatási és Kutatási Főosztálya, Budapest,
Kossuth Lajos tér 11, 1055

KÖNYVISMERTETÉS

Földiák Gábor - Stenger Vilmos: Kisérleti és ipari gamma-besugárzó berendezések és alkalmazásuk, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1983, 126 old.

Az atomenergia sokrétü békés felhasználásának egyik gyorsan fejlődő ága a sugártechnika, amelynek hazai ipari, mezőgazdasági, élelmiszergazdasági felhasználása is mind jelentősebb. A szerzők elsősorban az MTA Izotópintézetében szerzett tapasztalataikat felhasználva tekintik át e modern technika legfontosabb kérdéseit az alábbi fejezetcimek bontásában: 1. A besugárzás eszközei; 2. A dózis és dózisteljesitmény mérése; 3. Ellenőrzés és üzemeltetés; 4. Sugárvédelmi, biztonsági és gazdasági kérdések. Rövid összefoglalás után 149 irodalmi forrást és a mértékegységek átszámitásával foglalkozó függeléket találjuk.

A könyv "Az atomenergia- és magkutatás ujabb eredményei" sorozatban jelent meg. Aktualitása kétségtelen, a sugártechnika széleskörü hazai terjedése igényli is a terjesztésben uttörők tapasztalatainak közreadását. A könyv célja, az előszó szavaival, hogy általános képet adjon a γ-sugártechnika tudományos és müszaki hátteréről.

A könyv részletesen ismerteti a γ-besugárzók sugárforrásait, a különféle rendeltetésü és megoldásu berendezéseket, dozimetrálási módszereket és az üzemeltetés müszaki kérdéseit.

Az üzemeltetéssel foglalkozó rész a könyv legértékesebb fejezete, itt a sokéves tapasztalatot jól megválasztott példák segitségével közvetitik a szerzők. Kiemelést érdemel a homogén besugárzás megvalósitásának és ellenőrzésének világos és áttekinthető ismertetése. A szerzők itt több, általuk kidolgozott és nemzetközileg is elismert módszert, megoldást ismertetnek a dózistérnek és az elnyelt dózis eloszlásának mérésére.

A könyv más fejezetei viszont tartalmilag nem egységesek; mintha a szerzők nem döntötték volna el, hogy kihez is szóljanak. Helyenként komoly szakismereteket, máshol laikusságot tételeznek fel az olvasóról. Hasznos lett volna például a legfontosabb fogalmak összefoglalása, igy nem fordulna elő az, hogy pl. a könyvben sok helyen szereplő lényeges fogalomnak, a sugárhasznositási tényezőnek a megfogalmazására az utolsó előtti oldalon kerül sor.

A cimben is szereplő alkalmazás különálló, összefoglaló fejezetet érdemelt volna a helyenkénti néhány soros utalások helyett, ezzel segitve az alkalmazási területet és a hozzá tartozó berendezések áttekintését. A γ-sugártechnika gazdaságossági kérdései sajnos alig szerepelnek, holott az

eljárás bevezetése a tervezőknek nagyon fontos lenne. Néhány stiláris pontatlanságot alaposabb lektori munka kigyomlálhatott volna /pl. az egész könyvben sugárzásárnyékoló fal, vért helyett "sugárvédelem" szerepel, helytelenül és zavaróan/.

A fenti hiányosságok ellenére ugy véljük, a szerzők a γ-sugártechnika müszaki, gyakorlati kérdéseit ugy ismertetik, hogy nagy részükre feleletet is adnak, s egyben további kérdéseket ébresztenek. E kérdésekre a választ azonban már az olvasónak kell megkeresnie.

Uchrin György
Az MTA Izotópintézete
Budapest, Pf. 77, 1525

309.024

IV.

HU ISSN 0004-7201

IZOTÓPTECHNIKA

26. ÉVFOLYAM 4. SZÁM (1983)

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA IZOTÓPINTÉZETE

IZOTOP BUDAPEST

Felelős szerkesztő: Veres Árpád

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

Telefonszám: 166-689

Felelős kiadó: Veres Árpád
Kiadja az MTA Izotópintézete

Készült az MTA Központi Fizikai Kutatóintézetének házi sokszorositójában.
Felelős vezető: Nagy Károly

*

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

*

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

Előfizetési dij: egy évre 240 Ft
Egyes szám ára: 60 Ft

Engedélyszám: III/SZI/299/1976

Indexszám: 25.399

Törzsszám: KFKI-83-641

Megjelenik évente négyszer.

SZERZŐINK FIGYELMÉBE!

A kéziratot két példányban, magyar nyelven, magyar,orosz és angol nyelvü cimmel, ábra- és táblázatfelirattal, eredeti közlemény esetén pedig ugyancsak e három nyelven készült, kb. 100-150 szónyi kivonattal kérjük. A kézirat stilusa kerülje a hivataloskodó, tudálékos kifejezéseket, a nyelvet szintelenitő, az olvasmányosságot rontó fordulatokat. Szerzőink figyelmébe ajánljuk a "Hivatalos nyelvünk kézikönyve" cimü kiadványt /Biró Á., Grétsy L., Kemény G., Budapest, 1978/. A helyesirás az akadémiai helyesirás szabályait kövesse, a mértékegységek pedig az SI-t.

A kivonat ne ismételje meg a cimet, és ne tartalmazzon üres kifejezéseket. Ne a célt ismertesse, hanem az eredményt, lehetőleg számokkal kifejezve.

Rajzos ábrát tussal kihuzva vagy igen fekete vonalu gyorsmásolatban, fényképet eredetiben kérünk. A képeket, rajzokat kivánságra visszaküldjük.

A szerkesztőség a stiláris és helyesirási változtatás jogát fenntartja magának. A szerzők korrekturát és 50 különlenyomatot, valamint egy tiszteletpéldányt kapnak.

Hirdetést felveszünk, kongresszusi felhivást, értesitést, hirt szivesen fogadunk.

*

Az Izotóptechnika a hazai izotópalkalmazás szerteágazó területeiről és aktuális elvi, valamint módszertani eredményeiről kiván lehetőleg teljes képet adni a hazai szakembernek. Célja, hogy a stabilis és radioaktiv izotópok orvosi, mezőgazdasági, ipari felhasználásában elért alap- és alkalmazott kutatási eredményekről, a sugártechnika és sugárvédelem időszerü és módszertani kérdéseiről, a radioaktiv hulladék biztonságos kezeléséről és más, hasonló területekről tájékoztasson.

Utibeszámoló, konferenciabeszámoló, összefoglaló tanulmány, könyvismertetés formájában tájékoztat az érdemesnek itélt hazai és külföldi eredményekről. Az izotópalkalmazás további fejlődésének és terjedésének elősegitésére ismertetést, vitacikket, tájékoztatót közöl a hazai szakmai körök életéről, problémáiról, javaslatairól.

IZOTÓPTECHNIKA

26. ÉVFOLYAM 1983 4. SZÁM

TARTALOM

A glomeruláris filtráció mérése röntgenfluoreszcens módszerrel
Molnár Gy., Krasznai I. 231

Измерение гломерулярной фильтрации методом рентгенофлуоресценции

Measurement of the Glomerular Filtration Rate by Fluorescence Excitation

^{99m}Tc radiofarmakont felhasználók helyi sugárterhelése
Uchrin Gy., Lőrinczy E., U. Kelecsényi S. 236

Локальные дозы персонала, работающего с препаратами ^{99m}Tc в ядерной медицине

Local Doses to Nuclear Medicine Personnel Working with ^{99m}Tc Preparates

A hazai gyártmányu 3,3'-dijódtironin RIA készlettel szerzett klinikai tapasztalatok
Gyertyánfy G., Földes J., Tóth G., Dévényi N. 251

Клинические опыты с радиоиммунологическим набором 3,3'-дийодтиронина венгерского производства

Clinical Experiences with the Hungarian Made Diiodothyronine Radioimmunoassay Kit

Nukleáris mérőrendszerek kimutatási határának függése a γ-háttértől
Segesváry G., Bódizs D., Gimesi O. 258

Зависимость предела обнаружения ядерных измерительных систем от фонового γ-излучения

Dependence of the Detection Limit of Nuclear Measuring Systems on the γ-Background

KÖNYVISMERTETÉS

Operational Radiation Safety - Training, NCRP Report No 71
/Biró T./ 269

HIREK 270

MAGYAR
TUDOMÁNYOS AKAD.
KÖNYVTÁRA

IZOTÓPTECHNIKA 26(4):231-235 (1983)

A GLOMERULÁRIS FILTRÁCIÓ MÉRÉSE RÖNTGENFLUORESZCENS MÓDSZERREL

Molnár Gyula[1], Krasznai István[2]

[1]Semmelweis Orvostudományi Egyetem, II.sz. Belklinika, Budapest, Pf. 277, 1444

[2]Semmelweis Orvostudományi Egyetem, I.sz. Belklinika, Budapest, Korányi S.u. 2/a, 1083

/Érkezett 1983. április 25-én/

A glomeruláris filtráció /GFR/ megbizható mérése bizonyos esetekben ma is gondot jelent. A kreatininclearance vizsgálata elsősorban a vizeletgyüjtés pontatlansága miatt adhat hibás eredményt, különösen a csecsemő- és gyermekgyógyászati gyakorlatban.

A vizeletgyüjtést kiküszöbölő izotópmódszerünket 1969-ben közöltük[1]. E módszernek két hátránya van: csak ott alkalmazható, ahol izotóplaboratórium van, és a beadott izotóp, ha minimális mértékben is, de sugárterhelést okoz.

Jelen közleményünkben olyan eljárást ismertetünk, amely az izotópclearance vizsgálatában használt egyinjekciós technikán alapszik, de a vizsgált személy sugárzó anyagot nem kap.

Az urográfia /angiográfia/ céljára használt, trijodált benzoesav származéku, jelzett kontrasztanyagokról /Hypaque, Conray/ bizonyitották, hogy glomeruláris filtrációval választódnak ki[2-12].

Vizsgálatainkat 3,5-diacetilamino-2,4,6-trijódbenzoesavval /gyári nevén Uromiro, Bracco, Olaszország/ végeztük. A plazmaminták jódkoncentrációját röntgenfluoreszcens eljárással határoztuk meg. Ennek lényege az, hogy megfelelő energiáju γ-sugárzás a jódatomot gerjesztett állapotba hozza, és az, nyugalmi állapotba való visszatérésekor, karakterisztikus röntgensugarat bocsájt ki, mely megfelelő közegben fluoreszcenciát hoz létre. A fluoreszcencia mérhető, erőssége egyenesen arányos a gerjesztett jódatomok számával, azaz a minta jódkoncentrációjával.

A röntgenfluoreszcens eljárást a klinikailag jól bevált ^{169}Ytterbium-EDTA clearance-módszerrel hasonlitottuk össze.

A MÓDSZER

Tiz beteget /6 férfit és 4 nőt/ vizsgáltunk. A reggeli elfogyasztása után mindegyik 1,5 MBq ^{169}Yb-EDTA-t és 5 cm^3 Uromiro 60-at kapott i.v., azonos tün keresztül. A beadott jód mennyisége 1,475 g volt. A beadás után két alkalommal /megközelitően 1 és 2 óra mulva/ vettünk vért. A beadás és a

vérvétel időpontját percre pontosan rögzitettük. A méréshez 2 cm^3 plazmát használtunk. Ugyanazon mintában először a ^{169}Yb koncentrációját /beütésszámát/ mértük, majd a következő napon /néha napokkal később!/ végeztük el a röntgenfluoreszcencia-mérést. Előzetes vizsgálataink szerint a röntgenfluoreszcenciás mérőrendszer a ^{169}Yb sugárzására érzéketlen volt, azaz a jelenlévő ^{169}Yb nem zavarta a jódkontrasztanyag mérését.

A beadott ^{169}Yb és inaktiv jód mennyiségét /I/ standard higitás alapján határoztuk meg.

A plazmaminták mérése alapján mindkét anyagra vonatkozóan kiszámitottuk az eltünési sebességet, a k-t. A glomeruláris filtrációt a GFR = Vk összefüggés alapján határoztuk meg, ahol V a beadott anyag megoszlási tere /V = I/A, ahol I a beadott mennyiség, A a t_o időre extrapolált plazmakoncentráció/.

A röntgenfluoreszcencia-mérési eljárást egyik előző munkánkban már részletesen ismertettük[13]. Két, egyenként 1,6 GBq ^{241}Am sugárforrást /Amersham, Anglia/, lengyel /Swierk/ gyártmányu Si(Li) detektort és magyar /Gamma/ analizátort használtunk. A mérési idő 2 perc volt. A detektáló rendszer beállitási és mérési adatait az 1. táblázatban adjuk meg.

A GFR számitásához nincs szükség vizeletre, de jelen vizsgálati sorozatunkban tudni akartuk, hogy az Uromiro milyen módon halad át a vesén, ezért megmértük a vizelet ^{169}Yb és jódkoncentrációját is. A vizsgálat előtt nem kértük a hólyag kiüritését, de felszólitottuk betegeinket, hogy a második vérvételig ne vizeljenek. A második vérvétel után spontán üritett vizelet 1 cm^3-éből a plazmamintákkal azonos módon végeztünk méréseket. A koncentrációt a beadott mennyiség /I/ százalékában adjuk meg.

1. táblázat

A detektáló rendszer beállitási és érzékenységi adatai

Данные детектирующей системы /разрешение, чувствительность, фон, нижний предел выявления/

Data of the detecting system /resolution, channel, background, sensitivity, detection limit/

Felbontó képesség /25-30 keV tartományban/	900 eV
Mérőcsatorna	27,6 - 29,4 keV
Háttéreffektus*	500 cpm
Érzékenység	4000 cpm/mg I/cm^3
Kimutathatósági határ** /120 s mérési idővel/	0,012 mg I/cm^3

*a desztillált vizet tartalmazó minta fluoreszcenciasugárzása

**a vak beütésszám standard deviációjának háromszorosa

AZ EREDMÉNY

Az eltünési sebesség /k/ és GFR értékeit a 2. táblázatban közöljük.

A Student-féle egymintás t-teszttel a két vizsgálati módszerrel kapott eredmény nem tér el egymástól szignifikánsan. Mind a k, mind a GFR-értékre vonatkozóan $p > 0,7$.

A korrelációszámitás szerint a GFR-értékek egyezése igen jó, $r = 0,952$.

2. táblázat

Az eliminációs sebesség /k/ és a GFR-értékek összehasonlitása ^{169}Yb-EDTA és Uromiro egyidejü i.v. adása után

Скорость выведения /k/ и значения GFR, определенные с помощью ^{169}Yb-EDTA и Uromiro

Elimination rate /k/ and GFR values of ^{169}Yb-EDTA and Uromiro administered i.v. simultaneously

	k, $s^{-1} \cdot 10^{-4}$		GFR, $cm^3 s^{-1}$	
Név	EDTA	Uromiro	EDTA	Uromiro
B.K.	1,67	1,65	1,87	2,00
N.L.	1,65	1,73	1,60	1,57
K.L.	1,50	1,95	3,02	2,61
V.G.	1,37	1,38	2,14	1,99
T.R.	1,27	1,30	1,92	1,35
N.P.	1,17	1,05	1,72	1,60
K.V.	1,13	1,08	2,12	1,87
P.L.	0,98	0,93	1,91	1,89
L.Gy.	0,33	0,62	0,73	0,97
H.T.	0,33	0,35	0,34	0,32
átlag	1,14	1,20	1,73	1,62
S.D.±	0,45	0,47	0,71	0,60
	p > 0,7		p > 0,7	

3. táblázat

Vizeletkoncentráció Uromiro és ^{169}Yb-EDTA egyidejü beadása után két órával

Концентрация ^{169}Yb-EDTA и Uromiro в мочевине через два часа после интравенозного введения препарата

Concentration of Uromiro and ^{169}Yb-EDTA in urine two hours after simultaneous i.v. injection

Név	Uromiro / ^{169}Yb a beadott mennyiség százalékában	
B.K.	0,57	0,47
N.L.	0,27	0,22
K.L.	0,28	0,23
V.G.	0,71	0,58
T.R.	0,08	0,067
N.P.	0.87	0,77
K.V.	0,67	0,55
P.L.	0,11	0,10
L.Gy.	0.013	0.011
H.T.	0,02	0,016
átlag	0,359	0,301
S.D.±	0,302	0,257
	p > 0,7	

Összeállitásunkban - céltudatosan - különböző vesefunkcióju egyének szerepelnek. A GFR átlagértéke nem a módszerre jellemző normális érték, hanem csak az adott csoportra érvényes.

A 3. táblázatban a vizeletkoncentráció értékeit állitottuk össze.

A már emlitett statisztikai értékelés szerint az Uromiro és a ^{169}Yb-EDTA vizeletben levő koncentrációja sem különbözik szignifikánsan, $p > 0,7$, $r = 0,998$.

Megjegyezzük, hogy az egyes személyek között a vizelet koncentrációjában igen jelentős, akár 50-szeres /!/ eltérés is van. Ezt azzal magyarázzuk, hogy a hólyag aktuális teltségi állapotától függően, az üritett vizeletmennyiség igen eltérő volt. Ezért nincs egyértelmü összefüggés a vizeletkoncentráció és a GFR értéke között sem egy-egy adott személynél.

MEGBESZÉLÉS

Guesry és munkatársai 1975-ben közöltek először GFR-mérést röntgenfluoreszcens technikával[14]. Ők meglumineiotalamátot /Conray 60/ használtak. 10 gyermek és egy felnőtt eredményeit közlik. Előzetes patkánykisérleteik szerint

- konstans infuziós módszerrel - az inulin- és Conray-clearance arányát 0,937-nek találták. A közölt emberi vizsgálatsorozatban, egyinjekciós technikát használva, ez az arány 1,041 volt.

Saját vizsgálatainkban a referenciaanyag a ^{169}Yb-EDTA volt. A GFR-értékek átlagainak összehasonlitása alapján az EDTA/Uromiro clearance aránya 1,068.

Vizsgálati eredményeink szerint i.v. beadás után az Uromiro kiürülési kinetikája megegyezik az EDTA-éval. Ezt bizonyitja az eliminációs sebességek és az üritett anyagmennyiségek meghatározási hibán belüli egyezése. Ennek alapján az Uromirot glomeruláris filtráció mérésére megfelelő anyagnak véljük. Nem vizsgáltuk az Uromiro szabad jódtartalmát sem kémiai, sem biológiai módszerrel, azonban a clearance-értékek jó egyezése - indirekt módon - ennek elfogadható kis értékét bizonyitja. Ezt azért emlitjük meg, mert közismert, hogy i.v. urográfia után a ^{131}I-felvételi görbe heteken át alacsony lefutásu lehet, a pajzsmirigy jódtelitettsége miatt.

Az Uromiro clearance-anyagként való alkalmazásának előnye: 1 az ország egész területén - kórházakban, szakrendelőkben - rendelkezésre áll; 2. jódtartalmának állandósága megbizható; 3. a vizsgálat körzeti orvosi rendelőben is elvégezhető, a plazmaminta postán a mérést végző laboratóriumba küldhető; 4. csecsemő és kis gyermek vizsgálatára is alkalmas /a beadandó mennyiség 10 testsulykilogramonként 1 cm^3/; 5. a terhesgondozásban is jelentősége lehet; 6. hipertóniások és vesebetegek időszakos ellenőrzésére is célszerü, az igen ritkán előforduló gyógyszerérzékenységtől eltekintve mellékhatása nincs.

A módszer egyetlen hátránya, hogy speciális mérőberendezést igényel, amely drága, de megyei kórházban biztositható lenne.

IRODALOM

1. *Molnár Gy., Pál I.*, Glomerularis clearance meghatározás vizelet nélkül ^{51}Cr-EDTA izotóppal, Kiserl.Orvostud. 21/1969/457
2. *M.K. Burbank et al.*,Utilisation des substances marquées dans les épreuves classiques de clearance rénale, J.Physiol. 55/1963/433
3. *M.K. Taux*, Renal Clearances of Radioactive Ortho-iodo-hippurate and Diotrizoate Mayo Clin.Proc. 39/1964/761
4. *A.M.Morris et al.*,The Renal Clearance of ^{131}I Labelled Meglumine Diatrizoate /Renografin/ in Man, J.Nucl.Med. 6/1965/183
5. *C.M. Elwood, et al.*, The Measurement of Glomerular Filtration Rate and Effective Renal Plasma Flow in Man by Iothalamate ^{125}I and Iodopyracet ^{131}I Circulation, 36/1967/441
6. *C.D. Farmer et al.*, Measurement of Renal Function with Radioiodinated Diatrizoate and o-Iodohippurate, Amer.J.Clin.Pathol, 47/1967/9

7. *I.M.L. Donaldson*, Comparison of the Renal Clearances of Inulin and Radioactive Diatrizoate /Hypaque/ as Measures of the Glomerular Filtration Rate in Man, Clin.Sci. 35/1968/513

8. *B. Truniger et al.*, Simplified Clearance Techniques. The Single Injection Method and Its Modifications, Helv.Med.Acta 34/1968/116

9. *F.T. Maher et al.*, Renal Clearance in Man of Pharmaceuticals Containing Radioactive Iodine, JAMA 207/1969/97

10. *A.H. Israelit, et al.*, Measurement of Glomerular Filtration Rate Utilizing a Single Subcutaneous Injection of ^{125}I-iothalamate, Kidney Int. 4/1973/346

11. *P.Y. Adefuin*, Single Subcutaneous Injection of Iothalamate Sodium I^{125} to Measure Glomerular Filtration Rate, JAMA 235/1976/1467

12. *P.G. Welling et al.*, Pharmacokinetics of ^{125}I-iothalamate and ^{131}I-o-iodohippurate in Man, J.Clin.Pharmacol. 16/1976/142

13. *Krasznai I. és mások*, Emberi pajzsmirigy jódtartalmának meghatározása röntgenfluoreszcenciás módszerrel, Kiserl.Orvostud. 30/1978/232

14. *P. Guesry et al.*, Measurement of Glomerular Filtration Rate by Fluorescent Excitation of Non-radioactive Meglumine Iothalamate, Clin.Nephrol. 3/1975/134

*

Inaktiv jódot tartalmazó, trijodált benzoesavval /Uromiro/ glomeruláris filtrációs méréseket végeztünk röntgenfluoreszcenciás módszerrel. Megállapitottuk, hogy az Uromiro glomeruláris clearance-anyagként is használható. A vizsgálat a legegyszerübb orvosi rendelőben is elvégezhető, vizeletre nincs szükség. 5 cm^3 Uromiro i.v. beadása után két vérmintát kell venni, és a röntgenfluoreszcencia mérésére felszerelt laboratóriumba küldeni.

ИЗМЕРЕНИЕ ГЛОМЕРУЛЯРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНЦИИ
Мольнар, Дь., Краснаи, И.

Препарат Uromiro удобен для данного целя. Введение препарата и взятие проб могут быть выполнены в простейших медицинских лабораториях, мочевины не требуется. После интравенозного введения 5 см^3 препарата две пробы крови посылаются в лабораторию, снабженную оборудованием для измерения рентгенофлуоресценции йода.

MEASUREMENT OF THE GLOMERULAR FILTRATION RATE BY FLUORESCENCE EXCITATION
Molnár, Gy., Krasznai, I.

It was established that non-radioactive 3,5-acetic amido-2-4-6 iodine benzoic acid /Uromiro/ is suitable for estimating the GFR. The test can be carried out in the simplest medical department on out-patients as well. There is no need of urine. After 5 cm^3 of Uromiro having been injected i.v., two blood samples have to be taken and sent into laboratory equipped for measuring the fluorescence excitation of iodine.

IZOTÓPTECHNIKA 26(4):236-250 (1983)

^{99m}Tc RADIOFARMAKONT FELHASZNÁLÓK HELYI SUGÁRTERHELÉSE

Uchrin György[1], Lőrinczy Endre[2], U.Kelecsényi Sugárka[1]

[1]Az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf.77. 1525
[2]Békés Megyei Tanács Kórházának Izotópdiagnosztikai Laboratóriuma, Gyula, Pf.46, 5701

/Érkezett 1983. május 7-én/

BEVEZETÉS

A rövid felezési idejü radioizotóppal jelzett farmakonok az orvosi izotóplaboratóriumok elterjedten használt diagnosztikumai[1]. Egyes feltételezések szerint a nukleáris medicinában alkalmazott nyitott radioaktiv készitmények 90%-a /a radioaktivitást figyelembe véve/ ^{99m}Tc preparátum. Ez különös figyelmet érdemel abból a szempontból is, hogy Magyarországon az utóbbi években, igen szerencsés módon, a szcintillációs gammakamerák száma husz fölé nőtt, s ez maga után vonja a generátortermékek /elsősorban ^{99m}Tc/ egyre növekvő felhasználását az orvosi izotópdiagnosztikában. E rövid felezési idejü radioizotóp alkalmazásakor a beteg terhelése kicsi, a diagnosztikai anyag jelzését és a beadást végző orvosi személyzet helyi dózisterhelése, elsősorban az ujjaké, jelentős lehet[2-6]. A radioizotópos generátor elterjedésének kezdetén a dózisterhelés nagysága az alkalmazás korlátja is volt, pl. évi 0,25 Gy /25 rem/ kézdózist alapul véve egy személy naponta csak egy ^{99m}Tc és ^{113m}In generátor eluálását vagy ezen készitményekből négy intravénás beadást végezhetett el[3]. A különféle közlemények sugárterhelésre vonatkozó adatai nehezen vethetők össze, a vizsgálatok eltérő jellege, időtartama, az alkalmazott védelem stb. miatt. Az irodalmi adatok zömében reprezentativ jellegüek. A vizsgálatok a sugárterhelés felmérését szolgálták, s egy részük csak számolt dózisértékeket közöl. Az intravénás beadással járó maximális kézdózis értéke /34 µGy - 0,1 mGy/·37 MBq^{-1}·min^{-1} /0,34 - 10 mrem/ mCi^{-1}·min^{-1} [3-6]. A kézdózis évi becsült értéke, szerzőktől függően 0,025 - - 2 Gy /2,5 - 200 rd/ között változik[8-11]. AZ irodalmi közleményekben rendszeres kézdózis-ellenőrzési dózisadatok nem találhatók.

A ^{99m}Tc készitményekkel végzett munkánál a sugárterhelés eloszlása erősen inhomogén, a dózisérték a kézfejnél két nagyságrendet meghaladó mértékben változhat. Az általánosan alkalmazott un. egésztest-doziméterek, pl. a mellkason hordott filmdoziméter, a helyi dózisterhelésről a legtöbb esetben még kvantitativ jelzést sem adnak[2].

Az expozició tényleges helyén rögzithető doziméter kialakitására alapvetően a termolumineszcens doziméter térhóditása után kerülhetett sor. A termolumineszcens doziméter, egyéb előnyös tulajdonságai mellett, olyan mé-

retü, hogy gyürü vagy ehhez hasonló formában a munkát nem akadályozva viselhető.

Vizsgálataink fő célja:

- a technéciummal jelzett diagnosztikai készitmények jelzésénél és beadásánál a kéz maximális dózisterhelésének meghatározása,
- a dózisterhelés eloszlásának megállapitása,
- a jelzés és beadás átlagos időtartamának meghatározása,
- a helyi és mellkasi dózismérő jelzésarányának vizsgálata.

VIZSGÁLATI KÖRÜLMÉNYEK ÉS ESZKÖZÖK

Vizsgálatainkat a Gyulai Kórház Izotópdiagnosztikai Laboratóriumában végeztük. A laboratórium a technéciumos radiofarmakonokat szcintigráfiás diagnosztizáláshoz használja. Az injekció radioaktivitása a szcintigráfiás vizsgálat tipusa szerint:

máj	100-120 MBq /2,7-3,2 mCi/
csont, agy	500 MBq /13,5 mCi/
lágy rész	150-200 MBq /4,5-5,5 mCi/
pajzsmirigy	50 MBq /1,35 mCi/

A jelzést az alábbi radioaktivitással végezték, a generátorok időbeni használatának figyelembevételével:

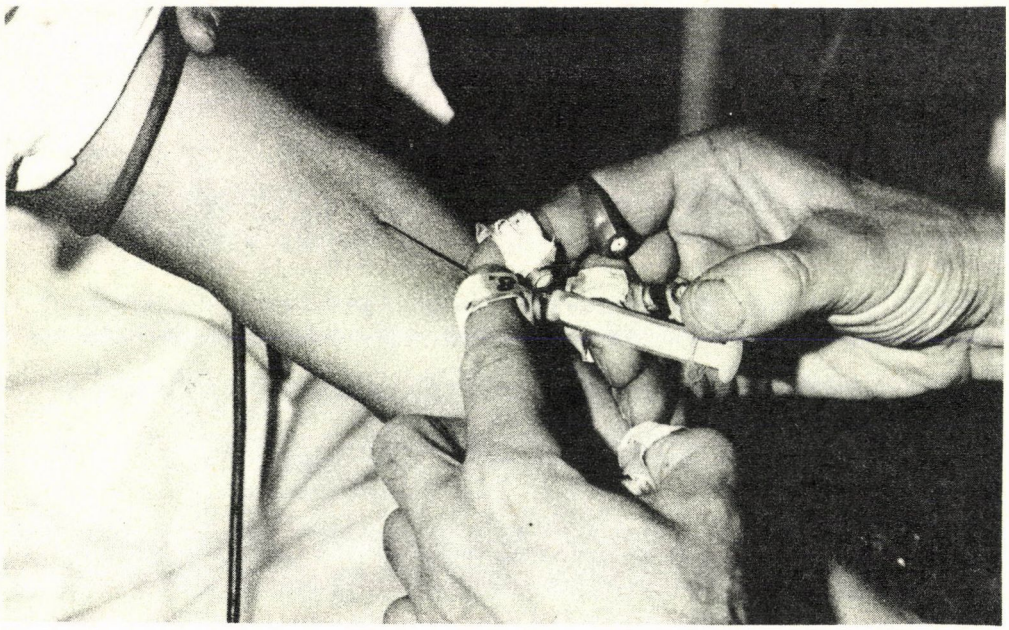
1. nap	600 MBq	/16,2 mCi/
2.	2x516 MBq	/2x13,9 mCi/
3.	1x387 MBq+1x516 MBq	/1x10,5 mCi+13,9 mCi/
4.	2x500 MBq	/2x13,5 mCi/
5.	1x390 MBq+1x546 MBq	/1x10,5 mCi+14,8 mCi/
8.	1x470 MBq	/12,7 mCi/
9.,10.,11.	120 MBq	/3,24 mCi/

Azokon a napokon, amikor jelzés nem volt, az eluátumot adják be, ennek aktivitása 500-516 MBq /13,5-13,9 mCi/. Az injektált anyag radioaktivitása az esetek 10%-ában 500 MBq /13,5 mCi/, a többiben 50 MBq /1,35 mCi/ volt. A beadáshoz 2, 5 és 10 ml-es, egyszer használatos fecskendőt használtak. A radioaktiv készitménnyel végzett müveletek az alábbiak voltak:

jelzésnél - a megfelelő mennyiségü eluátum kiszivása és a jelölendő ampullába való tétele,

beadásnál - a jelzett anyag felszivása az ampullából, majd intravénás bevitele,
rossz véna esetén a jelzett anyag felszivása az ampullából, árnyékoló vért mögé való helyezése, vénakeresés /inaktiv müvelet/, majd a jelzett anyag beadása.

A müveleteket és a termolumineszcens dózismérők elhelyezését az 1. és 2. ábra szemlélteti.

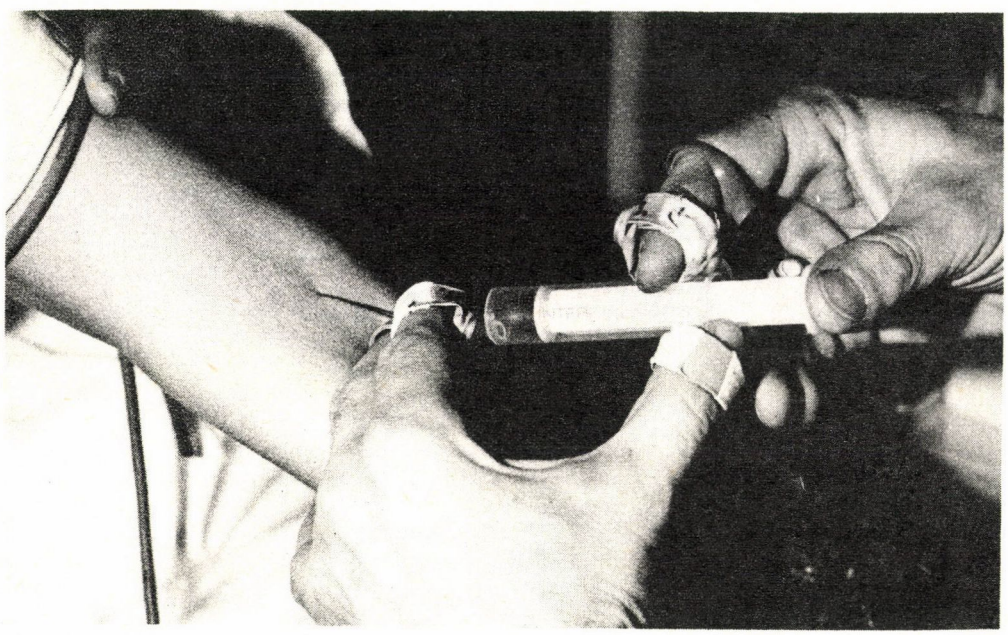


1. ábra

A termolumineszcens dózismérők elhelyezése intravénás injekciónál. 1. szakasz

Расположение термолюминесцентных дозиметров при интравенозной инъекции. 1-й этап

Location of thermoluminescent dosimeters for intravenous injection. Phase 1



2. ábra

A termolumineszcens dózismérők elhelyezése intravénás injekciónál. 2. szakasz

Расположение термолюминесцентных дозиметров при интравенозной инъекции. 2-й этап

Location of thermoluminescent dosimeters for intravenous injection. Phase 2

Helyi dózismérőként az MTA Izotópintézetében kidolgozott háromelemes gyürüdozimétert alkalmaztuk[11]. A dózismérő egy aluminium korongra préselt LiF elemből és két, aluminium, illetve ólom szürővel ellátott, kereskedelmi Harshaw LiF 600 tablettából áll. Az elemek gyürübe vagy gyürüszembe helyezve a kéz bármely pontján rögzithetők. A dózismérő elsősorban β- és γ-sugárzás helyi dózisának együttes mérésére szolgál.

A ^{99m}Tc sugárzásának méréséhez egyelemes dózismérő is megfelelő lenne, de a nagyobb teljesitőképességü dózismérőt használva, alkalmazhatóságáról is szerezhettünk tapasztalatot. A kisérletek egy részénél nagy érzékenységü $CaSO_4$:Dy TL port is alkalmaztunk. A 10 mg tömegü $CaSO_4$:Dy TL port kis tasakokba csomagolva a helyi dózismérők elemei mellé helyeztük el. ^{99m}Tc oldattal töltött injekciós fecskendő környezetében a dóziseloszlás méréséhez Harshaw TLD-600 LiF tablettákat és $CaSO_4$:Dy TL port használtunk. A dozimétereket TLD-04B tipusu készüléken értékeltük ki, a szükséges kalibrálási, dózismeghatározási eljárással[12,13].

VIZSGÁLATOK ÉS EREDMÉNYEK

DÓZISELOSZLÁS MÉRÉSE STANDARD, 5 cm^3-ES FECSKENDŐ KÖRNYEZETÉBEN

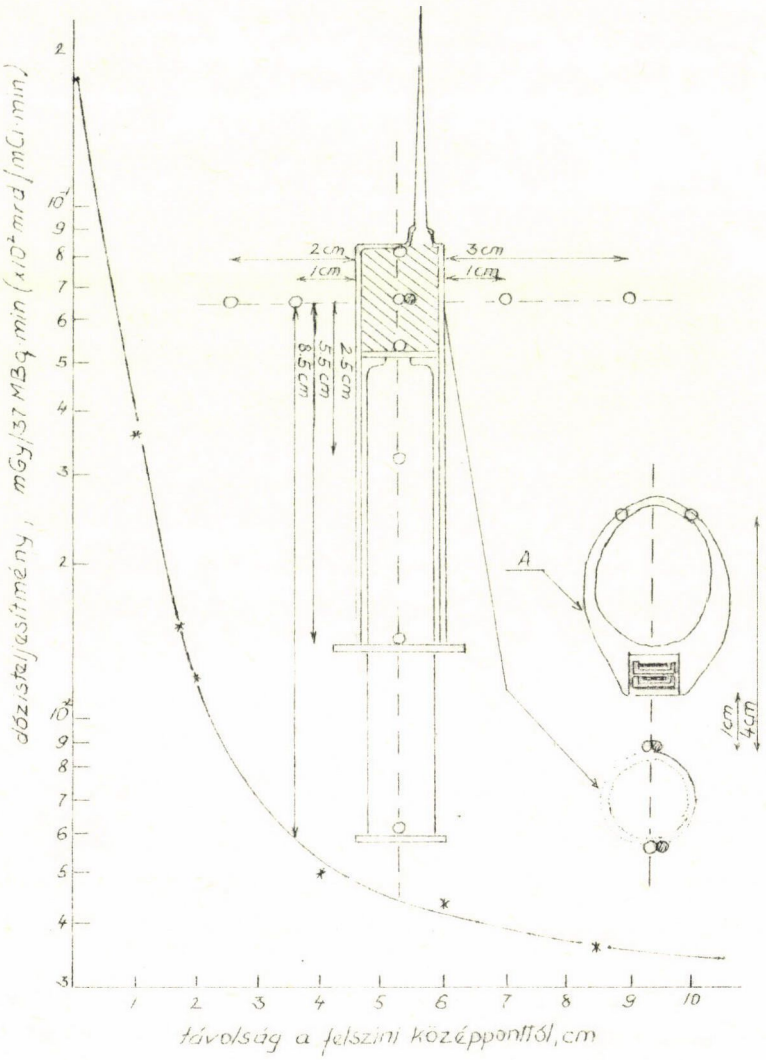
2 cm^3 térfogatu, 370 MBq /10 mCi/ összaktivitásu ^{99m}Tc oldatot tartalmazó, standard fecskendő környezetében mértük a dóziseloszlást. A méréshez 15 Harshaw TLD-600 LiF tablettát egy háromelemes gyürüdozimétert és 3, egyenként 10 mg tömegü $CaSO_4$:Dy TL port használtunk. Az expozició időtartama 10 min volt. A dózismérők elhelyezését és a dózisteljesitmény-eloszlást a 3. ábrán tüntettük fel.

A KÉZDÓZISTERHELÉS VIZSGÁLATA

Az 1. kisérletsorozatban három, egyenként 3,7 GBq /100 mCi/ névleges aktivitásu ^{99m}Tc generátort használtunk. Rögzitettük a napi radioaktivitásadatokat /jelzés, beadás/, a jelzések és injektálások számát és minden egyes jelzés, injektálás időtartamát. A ^{99m}Tc generátorok felhasználási adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze. A három generátor felhasználása 11,1 GBq·min /300 mCi·min/ aktivitás x időtartamot jelentett.

Ennél a kisérletnél a jobb kezet láttuk el müanyag szalaggal rögzithető gyürüszembe foglalt dózismérőkkel. A beadáshoz 5, a jelzéshez külön egy dózismérőt használtunk.

A dózismérők elhelyezését és a mért dózisértékeket a 2. táblázatban tüntettük fel.



3. ábra

A dózisteljesitmény eloszlása szabványos 5 ml-es injekciós fecskendő körül. Az oldat térfogata 2 ml, aktivitása 370 MBq /10 mCi/, ^{99m}Tc, az expozició ideje 10 min. o - TLD-600 Harshaw; o - 10 mg $CaSO_4$:Dy; * - háromelemes dózismérő

Распределение мощности доз около стандартного шприца с объемом в 5 мл. Объем раствора 2 мл, активность ^{99m}Tc 370 МБк /10 мкюри/, время экспозиции 10 мин. o - ТЛД-600 Харшю ; o - 10 мг $CaSO_4$:Dy; * - трехэлементный дозиметр

Dose rate distribution around a 5 ml standard syringe. Volume of ^{99m}Tc solution: 2 ml, activity 370 MBq /10 mCi/, exposure time 10 min. o - Harshaw TLD-600 chip; o - 10 mg $CaSO_4$:Dy; * - three-element sandwich type ring dosimeter

1. táblázat

^{99m}Tc-generátorok felhasználási adatai

Некоторые данные использования генераторов ^{99m}Tc

Some data of handling ^{99m}Tc generators

generátor száma	jelzés száma	beadás száma	jelzés átlagos időtartama, min	beadás átlagos időtartama, min
1.	9	33	1,08	1,00
2.	5	31	0,97	0,55
3.	7	24	0,56	0,51

2. táblázat

Kézdózisterhelési adatok az 1-3. generátor felhasználásánál

Дозовая нагрузка рук при применении генераторов 1-3

Hand doses from handling ^{99m}Tc generators 1-3

A. Beadás

dózismérő helye a jobb kézen	összdózis mGy /mrd/	dózis $\mu Gy \cdot MBq^{-1} \cdot min^{-1}$ /mrd·mCi^{-1} min^{-1}/	
2. ujjvégperc tenyéri oldal	5,20 /520/	0,46	1,7
3. "	11,40 /1140/	1,03	3,8
4. "	5,80 /580/	0,51	1,9
5. "	3,00 /300/	0,27	1,0
tenyéri felszín középrésze	2,10 /210/	0,19	0,7

B. Jelzés

jobb tenyéri felszín középrésze	1,20 /120/	0,11	0,4

A 2. kisérletsorozatot, az 1. tapasztalatait felhasználva, kissé módositottuk. 5, egyenként 3,7 GBq /100 mCi/ aktivitásu generátor felhasználására került sor. Adataikat a 3. táblázat tartalmazza. A radioaktivitás x időtartam a beadásnál 16,3 GBq·min /440 mCi·min/, a jelzésnél 8,15 GBq·min /220 mCi·min/ volt.

3. táblázat

^{99m}Tc-generátorok felhasználási adatai

Некоторые данные по использованию генераторов ^{99m}Tc

Data of handling ^{99m}Tc generators

generátor száma	jelzés száma	beadás száma	jelzés átlagos időtartama, min	beadás átlagos időtartama, min
1.	9	20	0,66	0,68
2.	11	39	0,765	0,64
3.	6	25	0,57	0,55
4.	10	34	0,56	0,63
5.	11	40	0,51	0,68

A kézdózis mérésére a beadásnál a jobb kézen 7, a bal kézen 4, a jelzésnél 2 dózismérőt helyeztünk el. /4. táblázat/ Ennél a kisérletsorozatnál a dózismérők mellé $CaSO_4$:Dy TL port is elhelyeztünk, LiF és $CaSO_4$:Dy dózismérővel egészitettük ki a mellkasi filmdozimétert is.

A felmérés harmadik fázisa 10, egyenként 3,7 GBq /100 mCi/ névleges aktivitásu ^{99m}Tc generátor felhasználása volt.

A beadások összes száma 327, a jelzéseké 83 volt. A generátorok felhasználásának időtartama 7 hónap.

A felmérésnél két dozimétert használtunk, mindkettőt a jobb kézen. A generátorok felhasználási adatait és a kézdózisértékeket az 5. és 6. táblázatban foglaltuk össze.

4. táblázat

Kézdózisterhelési adatok az 1-5. generátor felhasználásánál

Дозовая нагрузка рук при применении генераторов 1-5

Hand doses from handling generators 1-5

A. Beadás

dózismérő helye a jobb kézen	összdózis mGy /mrd/		dózis $\mu Gy \cdot MBq^{-1}min^{-1}$ /$mrd \cdot mCi^{-1}min^{-1}$/	
2. ujj végperc háti oldal	3,64	/364/	0,25	0,91
2. ujj végperc tenyéri oldal	8,20	/820/	0,55	2,05
2. ujj középp. tenyéri oldal	3,80	/380/	0,26	0,95
3. ujj középp. tenyéri oldal	3,34	/334/	0,22	0,83
3. ujj középp. háti oldal	2,80	/280/	0,19	0,70
4. ujj alapp. tenyéri oldal	1,80	/180/	0,12	0,45
4. ujj alapp. háti oldal	1,05	/105/	0,07	0,26
Dózismérő helye a balkézen				
1. ujj körömperc tenyéri oldal	5,50	/550/	0,38	1,25
2. ujj körömperc tenyéri oldal	6,80	/680/	0,42	1,55
3. ujj körömperc tenyéri oldal	3,50	/350/	0,22	0,8
4. ujj körömperc tenyéri oldal	3,60	/360/	0,22	0,8
B. jelzés, jobb kéz				
2. ujj középp. tenyéri oldal	1,80	/180/	0,22	0,8
tenyéri felszin középrész	1,10	/110/	0,14	0,5
Jelzés és beadás mellkasi filmdozimeter helye	1,20	/120/	0,05	0,18

5. táblázat

Az 1-10. generátor felhasználási adatai

Некоторые данные по использованию генераторов 1-10

Some data of handling generators 1-10

generátor száma	jelzés					
	száma	összaktivitás		aktivitás x időtartam		átlagos időtartam min
		GBq	mCi	GBq·min	mCi·min	
1.	8	3,4	92	2,44	65,9	0,45
2.	1	0,8	21	0,31	3,4	0,40
3.	15	5,1	137	1,8	48	0,35
4.	6	2,7	73	1,4	40	0,53
5.	10	2,8	76	1,5	41	0,54
6.	9	3,7	100	1,9	52	0,51
7.	10	2,6	71	1,4	38	0,54
8.	7	4,3	115	2,3	62	0,54
9.	5	3,5	94	1,8	47	0,50
10.	12	4,4	119	2,1	58	0,49
1-10.	83	32,3	898	16,95	458,9	0,49
beadás						
1.	34	6,0	162	4,1	111	0,70
2.	31	4,9	130	2,1	56	0,43
3.	43	6,7	181	3,0	81	0,45
4.	33	5,0	135	3,8	102	0,71
5.	34	3,9	106	3,0	82	0,77
6.	29	4,5	122	2,8	76	0,75
7.	30	5,8	157	3,7	100	0,64
8.	35	7,0	189	4,7	128	0,68
9.	27	5,2	141	3,6	97	0,68
10.	31	6,5	175	5,0	134	0,77
1-10.	327	55,4	1497	35,8	967	0,66

6. táblázat

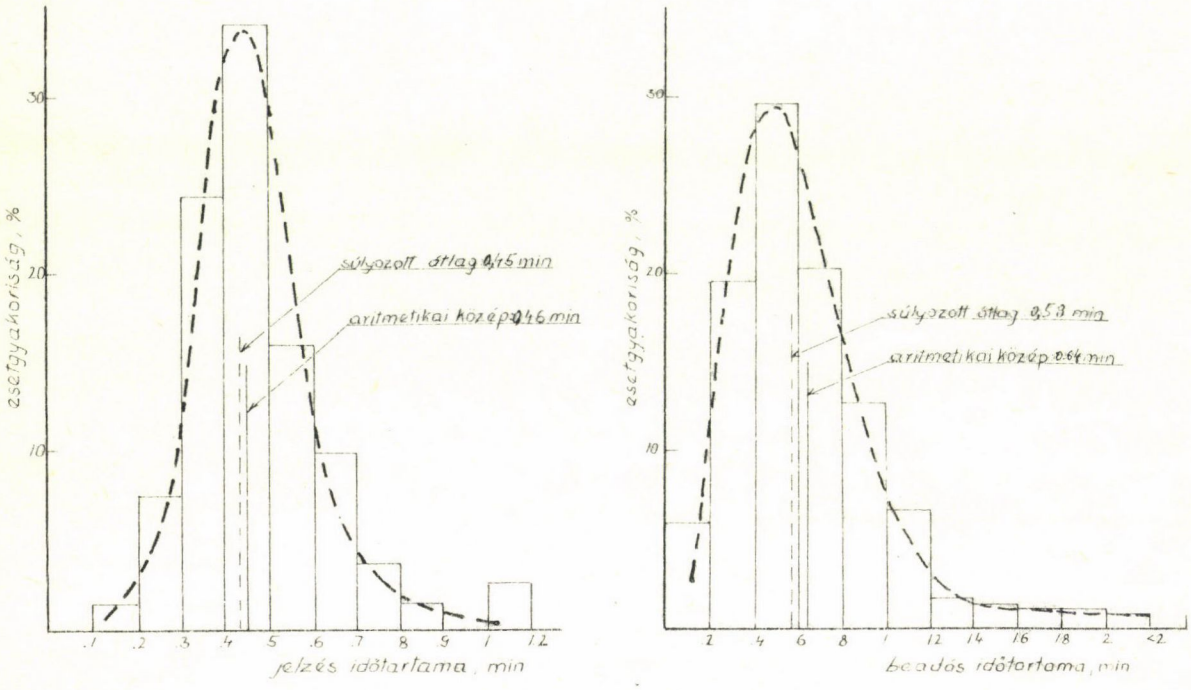
Kézdózisterhelési adatok az 1-10. generátor felhasználásánál

Дозовая нагрузка рук при применении генераторов 1-10

Hand doses from handling generators 1-10

dózismérő helye a beadásnál, a jobb kézen	összdózis, mGy /mrd/		dózis - $\mu Gy \cdot MBq^{-1} \cdot min^{-1}$ /$mrd \cdot mCi^{-1} \cdot min^{-1}$/	
2. ujj közép és végperce között	6,60	/660/	0,18	0,66
tenyéri felszin közepén	3,70	/370/	0,10	0,37

A 10 generátor felhasználási adataiból az átlagos jelzési, beadási időtartam, az aktivitás x időtartam jól meghatározható. A nagyszámu mérésből kapott jelzési és beadási időtartam-eloszlást a 4. ábrán mutatjuk be.



4. ábra

^{99m}Tc-készitmény jelzési és beadási időtartamának hisztogramja

Хистограмы распределения времен при введении и мечении растворов ^{99m}Tc

Histograms of time distribution of preparation and injection of ^{99m}Tc preparates

MEGVITATÁS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A ^{99m}Tc oldatot tartalmazó fecskendő környezetének dóziseloszlására az irodalomban több számolt és mért adat található /lásd a 7. táblázatot/.

Az irodalmi adatok azonos fecskendő- és oldatérfogatra eléggé szórnak, az eltérés megközeliti a 200%-ot. A standard fecskendővel mért eredményünk, 16,2 mR/mCi·min a fecskendő felszinén az oldatrész középpontjában, jó egyezést mutat a Husak módszerével[14] számolt 17,1 mR/mCi·min és a Lis és munkatársai[6] által mért 17,7 mR/mCi·min értékkel.

A Harshaw TLD-600 tablettákkal és a háromelemes gyürüdoziméterrel mért dózisértékek 5%-on belül megegyeztek.

7. táblázat

A dózisteljesitmény eloszlása árnyékolatlan fecskendő környezetében. Oldat: ^{99m}Tc

Распределение мощности доз вокруг беззащитного шприца. Раствор: ^{99M}Tc

Dose rate distribution around an unshielded syringe. Solution: ^{99m}Tc

fecskendő térfogata, cm^3	^{99m}Tc oldat térfogata, cm^3	max. felszini dózisteljesitmény mR/mCi·min	Hivatkozás
2	1	40 x	15
2	2	13 x	14
2	2	13 o	3
3	2	14,6 x	6
5	1	35 x	15
5	2	17.7 o	6
5	2	13,3 o	3
5	2	17.1 x	14
5	2	16.2 o	jelen m.
5	3	14.7 x	6
5	5	9.3 x 10.0 o	4
10	3	14.6 x	6
10	10	4.6 x	14

x - számolt érték

o - mért érték

Az irodalmi adatok azonos fecskendő- és oldattérfogatra eléggé szórnak, az eltérés megközeliti a 200%-ot. A standard fecskendővel mért eredményünk, 16,2 mR/mCi·min, a fecskendő felszinén az oldatrész középpontjában, jó egyezést mutat a Husak módszerével[14] számolt 17,1 mR/mCi·min és a Lis és munkatársai[6] által mért 17,7 mR/mCi·min értékkel.

A Harshaw TLD-600 tablettákkal és a háromelemes gyürüdoziméterrel mért dózisértékek 5%-on belül megegyeztek. A $CaSO_4$:Dy TL porral meghatározott dózisérték 2,8-szorosa volt a LiF-dal mértnek. Az eltérést az indokolja, hogy az adott mérési elrendezésben is jelentős a szórt, 140 keV-nél kisebb energiáju fotonok aránya, s ezeknél az energiáknál a $CaSO_4$:Dy érzékenysége már lényegesen megnő[17]. A LiF dózismérők érzékenységét a szórt sugárzás spektrumának ismerete nélkül pontosan nem tudjuk, valószinü értéke 1,25[13], szemben a tiszta 140 keV-re vonatkozó 1,08-as értékkel[18].

A ^{99m}Tc generátorok felhasználásának részletes vizsgálatából megállapithatjuk, hogy

- a jelzések száma átlagosan 8, a beadásoké 33 generátoronként;
- a jelzési aktivitás közel megegyezik a névleges aktivitással, a beadási radioaktivitás a névleges 1,5-szerese;
- az aktivitás x időtartam a jelzésnél a névleges aktivitás fele, a beadásnál a névleges aktivitással egyezik meg;
- a jelzési időtartam aritmetikai középértéke 0,46 min, a sulyozott átlagé 0,45 min, az egyes generátorokra kapott átlagok középértéke 0,49 min;
- a beadás időtartamának aritmetikai középértéke 0,64 min, a sulyozott átlagé 0,58 min, az egyes generátorokra kapott átlagok középértéke 0,66 min /lásd az 5. táblázatot és a 4. ábrát/.

A jelzési, beadási időtartamra vonatkozó irodalmi adatok eléggé eltérőek. A.R. Reddy és munkatársai[3] a jelzés, beadás összidőtartamát 1,4 - - 2 min-ben, a beadási időtartamot D.W. Anderson és munkatársai[5] 14 s-ban, G.A. Lis és munkatársai[6] 12 s-ban adják meg. Véleményünk szerint ez utóbbi értékek tulzottan kicsik. A beadás időtartama nagymértékben függ a beadó személytől, gyakorlatától. Esetünkben a beadást sokéves, nagy gyakorlattal rendelkező személyek végezték. Néhány esetben a beadás hosszabb /1-2 min időtartamu/; ez általában olyankor fordul elő, amikor a beteg az injekciót nem a laboratóriumban, hanem más helyiségben vagy a hordágyon kapta meg.

A kéz dózisterhelési adatait a 2., 4. és 6. táblázat tartalmazza.

A VIZSGÁLATOK LEGFONTOSABB EREDMÉNYEI

Mindkét kézfejet helyi dózisterhelés éri, a jobb kéz terhelése 1,5 - 2-szerese a balkézének.

A beadással együtt járó dózisterhelés mintegy ötszöröse a jelzésének.

A beadásnál a maximális dózisterhelés helye a 2. ujj tenyéroldali végperce, a dózis értéke 3,8 mrd.mCi^{-1}·min a jobb, 1,6 mrd·Ci^{-1}·min a balkézen.

A dóziseloszlás erősen inhomogén. A maximális - 2. ujj végperce - és a tenyéri felszin közepén mért dózis aránya 10-szeres; a tenyéri felszin az ujjak végpercénél kétszeres dózist kap, mint a háti oldal, az ujjak középpercétől lejjebb ez az eltérés már csak mintegy 30%-os.

A maximális dózis és a szokásos gyürüviselés helyén /detektor a tenyéri oldalon/ mért dózisarány 8-szoros. Ez az érték jól egyezik Burr[19] adatával, aki az ujjhegyet érő és a gyürü helyén viselt film dózisának arányát 6,7-nek mérte.

A kisérleti körülmények hasonlósága ellenére a különböző kisérleteknél azonos helyen mért dózis, különösen a maximális dózisu helyen, eléggé szórnak, pl. a jobb kéz 2. ujja végpercének tenyéri oldalán, a három sorozat-

ban kapott érték 1,7, 2,1 és 0,7 mrd·mCi^{-1}·min^{-1} volt, a 3. ujj középpercénél viszont a két kisérletsorozatban azonos, 0,8 mrd·mCi^{-1}·min értéket kaptunk.

A kézfejet érő sugárzás jelentős hányadban szórt sugárzást tartalmaz; erre utal a LiF és $CaSO_4$:Dy doziméterek jelzésaránya, továbbá a háromelemes doziméterek egyes elemeinek jelzésaránya is.

A mellkasi filmdoziméter mellé helyezett TLD-k a 2. kisérletsorozatban 100 mR dózist mértek. E doziméterekét nemcsak a jelzésnél, hanem a beadásmál is viselték, mintegy 4 hónapon keresztül. A vizsgálatok során a jelzési szint feletti filmdózisérték nem volt, az OSSKI Országos Filmdozimetriai Szolgálatának jelzési szintje a havi dózisra 40 mR.

A mellkasi dózis értéke csak a ^{99m}Tc-mal végzett müveletekkel nehezen értelmezhető, mivel a feldolgozott radioaktivitás csak kb. 15 mR dózisterhelést indokol. Az eltérés valószinü oka az, hogy az e vizsgálatokban szereplő generátorokkal a gyártó cég ólomkonténert nem küldött, s azt alkalmi, rosszabb védelmü ólomtokkal kellett pótolni, másrészt feltehető, hogy a filmdozimétert a TLD-vel együtt más, sugárzó anyaggal végzett munkánál is viselték.

A mérésekből és számitásokból megállapitható, hogy a mellkasi filmdoziméter a maximális kézdózis 2-3%-át méri, ezért alkalmatlan akár csak annak jelzésére is.

A maximális dózis értékét még a kis méretü TL doziméterek is alámérik, az erősen inhomogén dóziseloszlás /1. ábra/ és a doziméterek véges mérete miatt. Nem tünik konzervativnak, ha emiatt a maximális dózis értékét 5 mrd·mCi^{-1}.min-ben adjuk meg. Felmérésünk szerint egy beadás átlagosan 3 mCi·min-nek felel meg. Évi 1000 beadást feltételezve /ez több laboratórium gyakorlatának megfelel/, a maximális helyi kézdózis évi értéke 15 rd. Ez az érték a bőrszövet ekvivalens dózisának évi korlátjára ajánlott 0,5 Sv /50 rem/ értéknek /ICRP ajánlás/ 30%-a.

ÖSSZEFOGLALÁS

A vizsgálatok időtartama mintegy másfél évet ölel fel, igy nemcsak felmérés jellegü, hanem rutin dozimetrálási adatokat is kaphattunk.

Megállapitottuk, hogy árnyékolatlan fecskendő használatánál a maximális dózisterhelés a beadás müveletével jár együtt, helye a jobb kéz mutató ujjának végperce, értéke - átlagos generátorfelhasználás mellett /1000 injekció/év/ - 3 Ci/év/ 0,15 Gy /15 rd/, más adattal 0,27 μGy.MBq^{-1}.min^{-1} /5 mrd·mCi^{-1}·min^{-1}/.

A mérés és számitás megerősiti azt, hogy a mellkasi doziméter még a helyi dózisterhelés jelzésére sem alkalmas.

A jelzés és beadás részletes aktivitás- és időtartam-analizise lehetőséget ad, hogy a felhasznált radioaktivitás ismeretében, az aktivitás x időtartam értékét kiszámitsuk, s ezzel a helyi dózisterhelést megbecsüljük /pl. egy 3,7 GBq/100 mCi/ radioaktivitásu generátor felhasználása 3,7 GBq.min x x 0,27 $\mu Gy \cdot MBq^{-1} \cdot min^{-1}$ = 5 mGy /100 mCi.min x 5 mrd.mCi^{-1}.min^{-1} = 0,5 rd/ maximális kézdózisterhelést jelent.

A LiF alapu termolumineszcens dózismérő, a gyürü helyén a tenyéri oldalon viselve, a maximális dózis 1/8-át méri. Ezt az értéket célszerüen 0,1-nek véve a rutin dózismérés egy doziméterrel megoldható: a tényleges maximális kézdózis a mért "gyürüérték" tizszerese. Javasoljuk a ^{99m}Tc-os munkahelyen dolgozók kézdózis-terhelésének rutin ellenőrzéséhez e módszer bevezetését.

A $CaSO_4$:Dy alapu dózismérőket a kézdózis méréséhez nem javasoljuk. A ^{99m}Tc készitményekkel végzett müveleteknél jelentős és változó a szórt sugárzás aránya, ezért az erősen energiafüggő érzékenységü $CaSO_4$ doziméter pontosan nem kalibrálható.

Végül hangsulyozni kivánjuk a kézdózisterhelést jelentősen csökkentő eszközök, elsősorban az ólomhengerrel árnyékolt fecskendő használatának fontosságát. A fecskendő árnyékolásával a dóziseloszlás kb. 1/10-ére csökkenthető,[20,22] árnyékolt "távinjektáló" berendezéssel további két nagyságrendü dóziscsökkentés érhető el[23]. Hasonló célt szolgáló berendezést készitettek a jelzéssel járó dózisterhelés csökkentésére is[16].

A ^{99m}Tc felhasználásával együttjáró dózisterhelés mértéke, mérésének módja ismeretes, csökkentésének módszerei, eszközei adva vannak, csak élni kell velük.

IRODALOM

1. *Kertész L., Kocsár L.*, A radiofarmakológia hazai fejlesztésének kérdései, Izotóptechnika 18 /1975/ 253
2. *V. Husak et al.*, Дозные нагрузки на руки работников отделения ядерной медицины и возможности их снижения, Сборник докладов симпозиума, Градец Кралове, 1977
3. *A.R. Reddy et al.*, Radiation Protection in the Handling of Generator Produced Radionuclides, M.J.A.F.I.vol.33, 42

4. *C.M. Neil*, The Question of Radiation Exposure to the Hand from Handling ^{99m}Tc, J.Nucl.Med.10 /1969/ 732
5. *D.W. Anderson*, et al.,Use of Thermoluminescent Dosimeters for Measurement of Dose to the Hands of Nuclear Medicine Technicians, J.Nucl.Med. 13 /1972/ 627
6. *G. A.Lis, S.M. Zu'bi, M. Brahmavar*, Fingertip and Whole Body Exposure to Nuclear Medicine Personnel, J.Nucl.Med.Techn. 9 /1981/ 91
7. *A. Kaul, H.D. Roedler*, Wiss. Tagung, Deutsche Ges. Med. Physik, Heidelberg, 1976
8. *A. Magi, K. Sauta*, Report SSI, 1973-14, Statens Stralskydsinstitut, 1973
9. *M.H. Lombardi et al.* DHEW Publ. /FDA/ 73-8029, Rockville 1973
10. *B.M. Branson*, DHEW Publ. /FDA/ 73-8029 Rockville 1973, p.612
11. *G. Uchrin*, A New Type Extremity Dosimeter, Nucl. Inst. Meth. 175 /1980/ 173
12. *Szabó B.* és mtsai, Izotóptechnika 21 /1978/ 380
13. *Uchrin Gy.*, Személyi lokális-béta, gamma dozimetria kifejlesztése, MTA Izotópintézete, Jelentés, 1979
14. *V. Husak*, Exposure Rate at the Surface of Syringes Containing Radioactive Material, J.Nucl.Med. 12 /1971/ 574
15. *P.W. Henson*, Radiation Dose to the Skin in Contact with Unshielded Syringes Containing Radioactive Substances, Brit.J.Radiol. 46 /1973/ 972
16. *B.L. Wemmenhove, W.H. Bakker, A.M. Ruis*, Low Radiation Dose Handling of a Technecium-99m Stock Solution, J.Nucl.Med.Tech. 9 /1981/ 141
17. Technical Recommendations for Use of Thermoluminescence for Dosimetry in Individual Monitoring for Photons and Electrons from External Sources, EUR 5358e, 1975, p.17.
18. *Nai Hsiang Liu, J. D. Gilliam, D.W. Anderson*, Response of LiF Thermoluminescent Dosimeters to ^{99m}Tc Gamma Rays, Health Phys. 38 /1980/ 359
19. *J.E. Barr, R. Berg*, Radiation Dose to the Hands from Radiopharmaceuticals - Preparation versus Injection, J.Nucl.Med.Techn. 5 /1977/ 158
20. *M,H, Lombardi, W.L. Beck, R.J. Cloutier*, Survey of Radiopharmaceutical Safety in Sixty-Nine Hospitals In: Proc. 7th Mid-Year Topical Symp. Health Phys. Soc., San Juan, Puerto Rico, 1972, 227
21. *G.R. Grove, K.S. Dragonette*, An AEC Regulatory Overview of Problems Related to Dose Reduction in the Healing Arts. In: Proc. 7th Mid-Year Topical Symp. of the Health Phys. Soc., San Juan, Puerto Rico, 1972, 545
22. *B.M. Branson*, et al. Use of Syringes Shields in Clinical Practice, Clin. Nucl. Med. 1 /1976/ 56
23. *J.S. Hopkins, I.L. Jasper*, A Remote Reservoir Injection Accessory for Reducing Exposure, J.Nucl.Med. Techn. 9 /1981/ 42
24. *B.L.Wemmenhove et al.*, Low Radiation Dose Handling of a Technetium-99m Stock Solution, J.Nucl.Med.Techn. 9/1981/141

*

A maximális dózist /o.17 µGy.MBq.min/ a jobb kéz mutatóujjának végperce kapja. A jelzés és a beadás időtartamának átlagos értéke 0,45, illetve 0,49 min. Egy beadás átlagos aktivitás·időtartama 110 mBq.min, a maximális dózis és a gyürüdózis aránya 8. A számitott évi maximális kézdózisterhelés 0,15 Sv, technéciumgenerátor átlagos felhasználása esetén. LiF alapu helyi dózismérőket használtunk.

Локальные дозы персонала, работающего с препаратами ^{99m}Tc в ядерной медицине
Ухрин, Дь., Лэринци, Э., У.Келеченьи, Ш.

Максимальная нагрузка получилась на индексном пальце в 0,17 мкГй·МБк·мин. Среднее распределение времен мечения и инъекции - 0,45 мин и 0,49 мин, соответственно. Среднее значение продукта активность - продолжительность при одной инъекции - 110 МБк·мин, отношение максимальной к "кольцевой" дозы - 8. Вычисленная максимальная годовая нагрузка рук - 0,15 Св при обычном использовании препарата технеция. В измерениях использовались дозиметры, основанные на LiF.

Local Doses to Nuclear Medicine Personnel Working with ^{99m}Tc Preparates
Uchrin, Gy., Lőrinczy, E., U.Kelecsényi, S.

The maximum local dose was found on the index finger tip of the right hand with a value of 0.17 µGy·MBq·min. The average time of preparation and injection amounts to 0.45 and 0.49 min, resp. The mean of the radioactivity x time product for an injection is 110 MBq·min. The ratio of responses corresponding to the maximum and "ring" doses is 8. The calculated maximum annual hand dose is 0.15 Sv for usual laboratory work with technetium. Local dosimeters based on LiF were used.

IZOTÓPTECHNIKA 26(4):251-257 (1983)

A HAZAI GYÁRTMÁNYÚ 3,3'-DIJÓDTIRONIN RIA KÉSZLETTEL SZERZETT KLINIKAI TAPASZTALATOK

Gyertyánfy Géza[1], Földes János[1], Tóth Géza[2], Dévényi Nóra[2]

[1]A Semmelweis Orvostudományi Egyetem I. Belklinikája Budapest, Korányi S.u.2. 1083

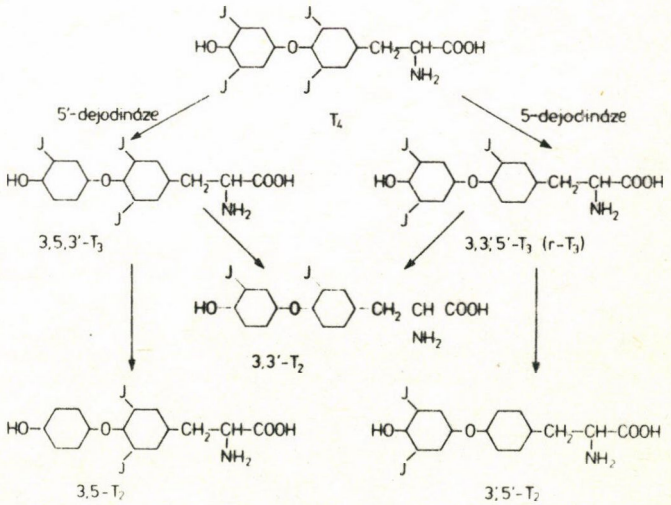
[2]A Magyar Tudományos Akadémia Izotópintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

/Érkezett 1983. május 16-án/

A szérumban két, biológiailag aktiv pajzsmirigyhormont, a tiroxint /T_4/ és a trijódtironint /T_3/ lehet kimutatni. A T_3 80%-a a szövetekben keletkezik a T_4 dejodálódása révén.

A dejodálódás két enzim: az 5-dejodináze és az 5'-dejodináze hatására megy végbe. Amennyiben a dejodálódás az 5'-dejodináze hatására történik, a biológiailag aktiv 3,5,3'-trijódtironin /továbbiakban T_3/ keletkezik, mig az 5-dejodináze enzim a biológiailag inaktiv 3,3,5'-trijódtironint /reverse trijódthyronin, továbbiakban r-T_3/ hozza létre. További dejodálódás hatására dijódtironinok /T_2/ keletkeznek. A trijódtironinból és az r-T_3-ból egyaránt képződik 3,3'-dijódtironin /továbbiakban 3,3'-T_2/, ugyanakkor a trijódtironinból még 3,5-dijódtironin, az r-T_3-ból pedig 3,5'-dijódtironin is keletkezik.[1] Mindezeket az 1. ábra szemlélteti.

E dejodált metabolitok a keringésben jelen vannak, és radioimmunoassay segitségével kimutathatók[2-8]. Ilyen irányu vizsgálataink első lépéseként a szérum 3,3'-T_2-tartalmának meghatározásával foglalkoztunk.



1. ábra
A tiroxin dejodálódásának menete
Ход удаления йода из тироксина
Deiodination of thyroxin

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A 3,3'-T_2 kimutatására a Magyar Tudományos Akadémia Izotópintézetében kidolgozott és forgalomba hozott, RK-14 kódszámu RIA készletet használtuk.

A szérum T_2-tartalmának meghatározása RIA módszerrel, extrakció nélkül történik. A készlet reagensei a következők: liofilizált antiszérum, jelzett 3,3'-T_2, /tracer/, barbital puffer, 3,3'-T_2 standard, 3,3'-T_2-mentesitett szérum, kontroll szérum és 20%-os vizes PEG oldat.

Felhasználáskor a puffert 3,0 ml, az antiszérumot 5,0 ml, a T_2-mentesitet szérumot pedig 4,0 ml desztillált vizben feloldjuk. A standardot 1,0 ml desztillált vizben feloldva 800 $pmol \cdot l^{-1}$ koncentrációju oldatot kapunk, ez lesz a standard görbe első pontja. Ebből készitjük el a standard görbe többi koncentrációját, mentesitett szérummal való higitással. E koncentrációk a következők: 400, 200, 100, 50, 25 és 12,5 $pmol \cdot l^{-1}$.

A meghatározás Burger és Sakoloff eljárása alapján történik[2], és menete a következő.

Müanyagcsövekbe bemértünk 50 µl standard oldatot, illetve kontroll szérumot. A zérus koncentrációju csövekbe 50 µl mentesitett szérumot pipettázunk. Ezután mindegyik csőbe 50 µl jelzett 3,3'-T_2 oldatot és 100 µl antiszérumot mérünk. Két csőbe csak nyomjelzőt adagolunk, az összaktivitás meghatározása céljából. E csöveket mérésig félretesszük. A csövek tartalmát - az előbb emlitett két cső kivételével - vortex keverővel homogenizáljuk. A csöveket 5 óra hosszat szobahőmérsékleten, majd egy éjszakán keresztül +4°C-on inkubáljuk. Másnap mindegyik csőbe - kivéve a két összaktivitásos csövet - 500 µl vizes PEG oldatot mérünk, a csövek tartalmát vortex keverővel összekeverjük, majd 2000-3000 g gyorsulással legalább 25 percig, +4°C-on centrifugáljuk. Ezután a felüluszót leszivjuk, és megmérjük a csapadék radioaktivitását.

Mindezt az 1. táblázat szemlélteti.

Ezután kiszámitjuk a standard görbére vonatkozó B/B_0 százalékokat és féllogaritmikus skálán felvesszük a mérőgörbét. A vizszintes tengelyen a standard koncentrációt, a függőleges tengelyen a B/B_0 százalékot ábrázoljuk. Lehetséges a logisztikus ábrázolás is. Az ismeretlen szérum B/B_0 százalékát kiszámitva, a koncentrációt a mérőgörbéről leolvassuk.

Vizsgálatainkhoz a klinikai beteganyagból származó eu-, hyper- és hypothyreosisos szérummintákat használtuk, azokból poolozott mintákat készitve. Eseteinket is klinikai beteganyagból választottuk.

Vizsgálatainkat a következő szempontok szerint végeztük:

1. az ellenanyag fajlagosságának ellenőrzése,
2. az optimális ellenanyag-koncentráció megállapitása,
3. a mérőgörbe statisztikai adatainak vizsgálata,
4. a módszer megbizhatóságának tanulmányozása eu-, hyper- és hypothyreosisos szérumokkal,
5. eu-, hyper- és hypothyreosisos betegszérum 3,3'-T_2-tartalmának meghatározása.

1. táblázat
Az immunoassay menete
Ход иммуноанализа
Assay protocol

Csõ				
Reagens	Standard	Minta	Bo	Total
Standard	50	-	-	-
Minta	-	50	-	-
T_2-mentes szérum	-	-	50	-
^{125}I-3,3'-T_2	50	50	50	50
Antiszérum	100	100	100	-
	vortexeljük; inkubáljuk szobahőmérsékleten öt óra hosszat, majd +4°C-on egy éjszakán keresztül			
PEG oldat	500	500	500	-
	Vortexeljük; centrifugáljuk +4°C-on, 2-3000 g gyorsulással 20 percig;			
	a felülúszót leszivjuk, a csapadék radioaktivitását mérjük			
	A mennyiség µl-ben értendő.			

EREDMÉNYEK

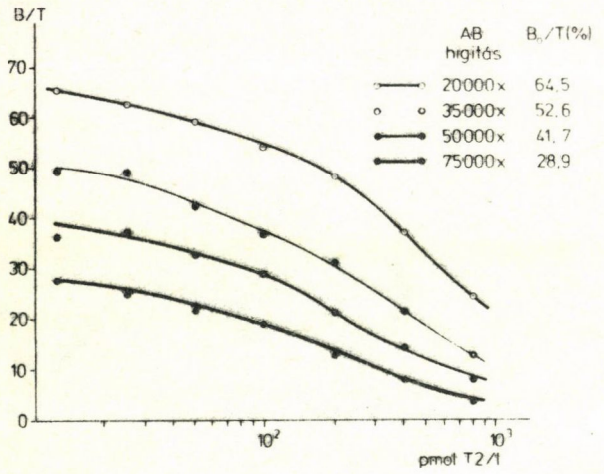
1. Az ellenanyag fajlagosságát /a keresztreakciók vizsgálatát/ az MTA Izotópintézete ellenőrizte. A vizsgálat eredményét a 2. táblázat mutatja. Ennek értelmében a trijódtironinnal, r-T_3-mal, tiroxinnal és tetrajódtiroecetsavval /tetrac/ szemben a keresztreakció 0,1%-nál kisebb. Csak a trijódtiroecetsavval és a 3'-monojódtirozinnal szemben mutatkozott valamivel nagyobb keresztreakció, de ez is 0,5% alatt volt.

2. táblázat
Keresztreakciók
Перекрестные реакции
Cross reactions

Vegyület	%
T_4	0,015
T_3	0,085
r-T_3	0,01
3'-T_1	0,46
Triac	0,22
Tetrac	0,02

2. Az optimális ellenanyag-higitás beállitására vonatkozó vizsgálat eredményét grafikusan a 2. ábra szemlélteti. A meghatározás céljára az 1:35 000 higitás mutatkozott a legalkalmasabbnak.

3. A mérőgörbékre vonatkozó eredményeket a 3. táblázatban láthatjuk. Tizenkét mérőgörbe statisztikai jellemző adatait értékelve, a variációs együtthatók átlaga 2,5%, az átlagos kötődés 50%, az átlagos érzékenység pedig 4,7 $pmol \cdot l^{-1}$ volt.



2. ábra

Különböző higitásu ellenanyaggal kapott 3,3'-T_2 görbék

Стандартные кривые 3,3'-T_2, полученные с антигенами разного разбавления

Standard curves obtained with antigens of various dilution

3. táblázat

A T_2 mérőgörbék adatai

Данные по измерительным кривым T_2

T_2 measurement curves data

	Tartomány	Átlag
VK	1,0731-3,2936	2,3043
Korrelációs együttható	0,9116-0,9940	0,9738
Kötődési %	38,33-61,55	50,06
Érzékenység pmol·l^{-1}	3,19-10,18	4,70

4. A módszer megbizhatóságát vizsgálva az intraassay-meghatározást euthyreosisban 58, hyperthyreosisban 61, hypothyreosisban 35 esetben végeztük el, összesen 154 esetben. Az interassay-meghatározás euthyreosisban 18, hyperthyreosisban 10, hypothyreosisban pedig 9 esetben történt, összesen 37 esetben. Eredményét 4. táblázatban láthatjuk. Az intraassayben a variációs együttható értéke, a pajzsmirigy működési állapotától függően 8,71 és 18,44% között volt, mig az interassay variációs együtthatójának értéke ennél nagyobbnak adódott; ez különösen hypothyreosisban volt nagy /23,2%/. A standard deviáció értéke az intraassayben 8,0 és 13,54 között volt, interassayben pedig 10,82 és 19,63 között mozgott.

5. Végül a klinikai betegek közül meghatároztuk 27 euthyreosisos, 8. hypothyreosisos és 36 hyperthyreosisos beteg szérumának 3,3'-T_2-tartalmát. A diagnózist a klinikai képen kivül a szérum T_4-tartalmának előzőleg már elvégzett meghatározása is megerősitette. Ezen eredményeket az 5. táblázat szemlélteti. Látható, hogy euthyreosisban a szérum átlagos 3,3'-T_2-tartalma 82,3, hyperthyreosisban 167,58, hypothyreosisban 56,57 pmol·l^{-1}. Az egyes csoportok átlaga közötti különbség szignifikáns.

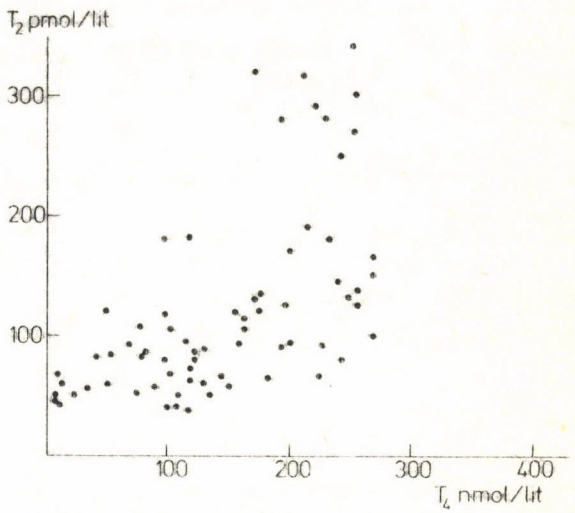
A szérum 3,3'-T_2- és tiroxintartalma közötti összefüggést grafikusan a 3. ábra mutatja. Rendszerint erősen megnőtt T_4-tartalom esetén kapunk igen nagy T_2-értékeket, amely alacsonyabb T_4-szint mellett már nem ilyen markáns.

4. táblázat
Megbizhatóság
Надежность
Confidence

	Átlag, pmol·l^{-1}	95%-os megbizhatósági határ
Hypothyreosis n = 8	56,57	45,84 - 67,31
	$p < 0,05$	
Euthyreosis n = 27	82,27	69,30 - 95,24
	$p < 0,01$	
Hyperthyreosis n = 36	167,58	137,58 - 197,58

5. táblázat
Betegeredmények
Данные больных
Patients data

	Intraassay	
	SD	VK
Euthyreosis n = 58	8,295	12,423
Hyperthyreosis n = 61	13,540	8,707
Hypothyreosis n = 35	8,03	18,44
	Interassay	
Euthyreosis n = 18	10,89	15,088
Hyperthyreosis n = 10	19,633	11,739
Hypothyreosis n = 9	10,823	23,21



3. ábra
A szérum T_4- és 3,3'-T_2-koncentrációjának összefüggése
Взаимосвязь концентрации T_4 и 3,3'-T_2 сыворотки
The relation between T_4 and 3,3'-T_2 concentrations of the serum

MEGBESZÉLÉS

A pajzsmirigyhormonok perifériális metabolizmusát tanulmányozva, szükséges a T_4, T_3 és r-T_3 dejodációs termékeinek a kimutatása a szérumban. Ilyen irányu vizsgálataink első lépéseként egyrészt ellenőriztük az MTA Izotópintézetében előállitott és a 3,3'-T_2 meghatározására alkalmas készlet

megbizhatóságát, másrészt meghatároztuk a szérum 3,3'-T_2-tartalmát eu-, hyper- és hypothyreosisos beteganyagon, és az eredményeket összefüggésbe hoztuk a szérum T_4-tartalmával.

A T_2 ellenanyag specifikusnak bizonyult. A T_4, illetve a T_3-metabolitokkal szemben a keresztreakció minden esetben 0,5%-nál kisebbnek adódott. Ez az eredmény összhangban volt Faber és munkatársainak, valamint Skovsted és munkatársainak eredményeivel[7,8]. Adataink alapján a 3,3'-T_2-meghatározás általános érzékenysége 4,7 $pmol \cdot l^{-1}$értékünek bizonyult, és ez megfelel Hüfner és Grüssendorf régebbi eredményeinek[5].

A módszer megbizhatóságát vizsgálva az eu-, hyper- és hypothyreosisos tartományban meghatároztuk az intraassay és interassay variációs együtthatóit. Noha ezek az eu- és hyperthyreosisos szérumokat vizsgálva elég nagynak bizonyultak, mégis megfeleltek a világirodalmi adatoknak[1,4,7]. A hypothyreosisos szérumok esetében azonban az interassay variációs együtthatója 23%-nak adódott. Mindez arra utal, hogy a módszer megbizhatóságát a továbbiakban még növelni kell.

Hyper-, illetve hypothyreosisos betegcsoportunkban a szérum átlagos 3,3'-T_2 - tartalma jól elkülönithető volt az euthyreotikus csoporttól, és az eredmény megfelelt a világirodalmi adatoknak[1,2,7]. A szérum 3,3'-T_2- és T_4-tartalma közötti összefüggést vizsgálva megállapithatjuk, hogy a szérum nagy T_4-koncentrációja esetében az összefüggés szembeötlő, kis T_4-tartalma esetében azonban ez már nem mutatható ki. Ennek egyik magyarázata az lehet, hogy hypothyreosisban, az esetek döntő többségében, a szérum T_4-tartalma az eutireotikusakénál kisebb, ugyanakkor a T_3-koncentráció még nem kicsi. Ebből a trijódtironinból olyan mennyiségben képződhet a szövetekben 3,3'-T_2, amely az utóbbi normális szérumkoncentrációját eredményezi. Vizsgálati eredményeinket összegezve megállapithatjuk, hogy az MTA Izotópintézetében előállitott készlet alkalmas a szérum 3,3'-T_2-tartalmának meghatározására. Amennyiben azonban a pajzsmirigyhormonok perifériális metabolizmusát részletesebben óhajtjuk vizsgálni, ugy szükséges a szérum 3,3'-T_2-tartalma mellett a 3,5-T_2- és 3,5'-T_2-szintjét is meghatározni.

IRODALOM

1. *L.A. Gavin*, et al., J. Clin. Invest. 60 /1978/ 1276
2. *A. Burger*, et al., J. Clin. Endocr. Metab. 45 /1977/ 384
3. *K.D. Burman*, et al., J. Clin. Endocr. Metab. 45 /1977/ 339
4. *H. Meinhold, F. Schürnbrand*, J. Clin. Chem. Clin. Biochem. 15 /1977/ 419
5. *M. Hüfner, M. Grussendorf*, Acta Endocr. 89 /1978/ 679
6. *P. Laurberg*, Scand. J. Clin. Lab. Invest. 38 /1978/ 537
7. *L. Skovsted*, Acta Med. Scand., Suppl. 624: /1979/ 19
8. *J. Faber* , et al., Clin. Endocr. 14 /1981/ 119

*

Elvégeztük az RK-14 kódszámu, 3,3'-T_2 RIA készlet klinikai kipróbálását. Megállapitottuk a mérőgörbe statisztikai jellemző adatait; inter- és intraassay segitségével megvizsgáltuk a módszer megbizhatóságát, majd meghatároztuk eu-, hyper- és hypothyreosisos szérumok /71 betegminta/ 3,3'-T_2 koncentrációját. Az egyes csoportok T_2-szintje egymástól szignifikánsan elkülönült.

A készlet szérum 3,3'-T_2 -tartalmának meghatározására alkalmas.

КЛИНИЧЕСКИЕ ОПЫТЫ С РАДИОИММУНОАНАЛИТИЧЕСКИМ НАБОРОМ 3,3'-ДИЙОДТИРОНИНА ВЕНГЕРСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Дьертянфи, Г., Фэльдеш, Я., Тот, Г., Девеньи, Н.

Были произведены клинические испытания 3,3'-T_2 радиоиммуноаналитического набора RK-14. Были определены статистические характеристики измерительной кривой; с помощью интер- и интраизмерений была исследована надежность метода и определена концентрация 3,3'-T_2 в эу-, гипер- и гипотиреотических сыворотках /на 71 образце/. T_2 -уровни отдельных групп однозначно отделяются друг от друга.

Набор пригоден для определения содержания 3,3'-T_2 в сыворотке.

CLINICAL EXPERIENCES WITH THE HUNGARIAN MADE DIIODOTHYRONINE RADIOIMMUNOASSAY KIT

Gyertyánfy, G., Földes, J., Tóth, G., Dévényi, N.

Clinical testing of the RK-14 radioimmunoassay kit for the determination of 3,3'- diiodothyronine was performed. The statistical characteristics of the calibration curve were established, the reliability of the method by means of intra- and interassay variation coefficients was studied and the serum 3,3'-T_2 concentration of patients with various thyroid diseases was determined /71 cases/. A significant difference was found among the serum levels of 3,3'-T_2 in the groups of euthyroid, hyperthyroid and hypothyroid patients.

The RK-14 kit seems to be applicable for the determination of 3,3'-T_2 content in the serum.

IZOTÓPTECHNIKA 26(4):258-268 (1983)

NUKLEÁRIS MÉRŐRENDSZEREK KIMUTATÁSI HATÁRÁNAK FÜGGÉSE A γ-HÁTTÉRTŐL

Segesváry Gábor[1], Bódizs Dénes[2], Gimesi Ottó[1]

[1]A Budapesti Müszaki Egyetem Általános és Analitikai Kémiai Tanszéke, Budapest, 1521

[2]A Budapesti Müszaki Egyetem Tanreaktora, Budapest, 1521

/Érkezett 1983. junius 13-án/

Egy mérőberendezés kimutatási határát - egyébként optimális beállitás esetén - a háttérsugárzás intenzitása szabja meg. Felmerülhet olyan analitikai feladat, amelynek során nagy, azaz az átlagos radioanalitikai laboratóriuminál két-három nagyságrenddel nagyobb dózisteljesitményü γ-háttér mellett kell radioaktiv koncentrációt mérni. Kérdés, hogy a megnövekedett γ-háttér mellett mekkora aktivitás mutatható ki a mérőrendszerrel, adott izotópból. A következőkben beszámolunk három különböző tipusu detektorral /és ólomtoronnyal/ végzett vizsgálatainkról, amelyek során a γ-háttér dózisteljesitménye és a mérőrendszer kimutatási határa közötti összefüggést állapitottuk meg.

KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK

A méréshez szükséges megnövelt γ-hátteret a BME a mérési sorozat idején nem üzemelő tanreaktorának egyik vizszintes csatornáján kivezetett γ-sugárnyaláb adta. Ennek tengelyébe helyeztük el az árnyékolással ellátott vizsgálandó detektort. Az árnyékoló ólomtornyok felületén, a sugárnyaláb felőli oldalon mértük a dózisteljesitményt /X/.

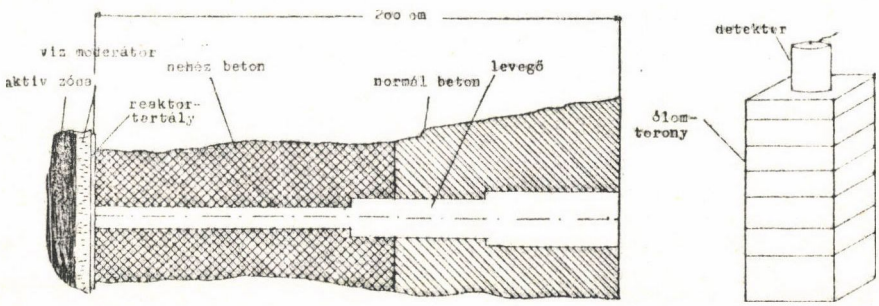
A dózisteljesitmény változtatására, a célból, hogy ennek függvényében mérhessük a háttérintenzitást /I_H/, két változat kinálkozott. Az egyik, amikor a detektor helyzetét változtatjuk, a másik, amikor, a reaktor leállitását követően, a reaktor mellett azonos helyen, de különböző időpontokban mérünk.

Az első változat esetén a hátteret adó sugárzás összetétele közel állandó, ha a méréssorozatot rövid időn belül végezzük el. A második esetben a háttérsugárzás spektruma jelentősen változik, azonban ahhoz hasonlóan, ahogy az esetleg kikerült hasadványok spektruma változnék az időben.

Az általunk tanulmányozni kivánt változó összetételü háttérsugárzás és a mérőberendezés kimutatási határa közötti összefüggés modellezésére az utóbbi változat bizonyult alkalmasnak. Azt a helyzetet modelleztük tehát, amikor hasadási hulladék szennyez egy területet, és az a kérdés,

hogy adott dózisteljesitményü háttér mellett egy bizonyos aktivitás egyáltalán kimutatható-e, és ha igen, milyen relativ szórással.

Az árnyékoló ólomtornyokat, bennük a detektorokat, a vizszintes csatorna nyilásától 90 cm-re helyeztük el egy kézikocsin, amelyet a sugárnyaláb irányára merőlegesen tudtunk mozgatni. Ennek segitségével lehetett az éppen vizsgálni kivánt mérőrendszert behuzni a sugárnyaláb utjába. A vizszintes csatornát és a mérési elrendezést az 1. ábra mutatja.



1. ábra
Mérési elrendezés a vizszintes csatorna metszetével
Измерительная установка с разрезом горизонтального канала
Scheme of the experimental set-up with the section of the horizontal channel

A VIZSGÁLT MÉRŐBERENDEZÉSEK

Detektorok: β - sugárzás mérésére:
- GM-GM antikoincidencia szonda, ND-306, /Gamma Müvek/, jelölése a továbbiakban: Béta 1.,
- Jelalakdiszkriminációs mérőfej, ND-304/E, /Gamma Müvek/, jelölése a továbbiakban: Béta 2.

γ - sugárzás mérésére:
- ND 302/E mérőfej 7 S 115 06032 tipusu furt NaI/Tl/ szcintillátorral, /Gamma Müvek/

Árnyékoló rendszerek: - NZ-305 ólomtorony, /Gamma Müvek/
β - detektorok árnyékolására,
- NZ-138 üreges mérőhely, /Gamma Müvek/
γ - detektor árnyékolására.

TOVÁBBI MÉRŐBERENDEZÉSEK

Számláló: a vizsgálandó detektorok jeleit egy NK-225/B /KFKI/ tipusu energiaszelektiv számláló fogadta, amelyhez VA-G-24 tipusu sornyomtató csatlakozott.

A β-detektoroknál a nagy feszültség és a diszkriminátor beállitása független volt a mérendő izotóptól, a γ-detektornál a ^{131}I 364 keV-es /jelölése Gamma 1/, a ^{137}Cs 662 keV-es /jelölése Gamma 2/ és a ^{65}Zn 1112 keV-es /jelölése Gamma 3/ teljesenergia-csucsa került a differenciális diszkriminátorral kijelölt energiatartományba.

A háttér spektrumának mérésére:

detektor: kb. 50 cm^3 térfogatu, Canberra /USA/ gyártmányu HP Ge félvezető kristály. Energiafelbontó képessége 1,9 keV az 1332 keV energiánál, relativ hatásfoka kb. 10%;

analizátor: Canberra 80, 8192 csatornás intelligens analizátor /USA/.

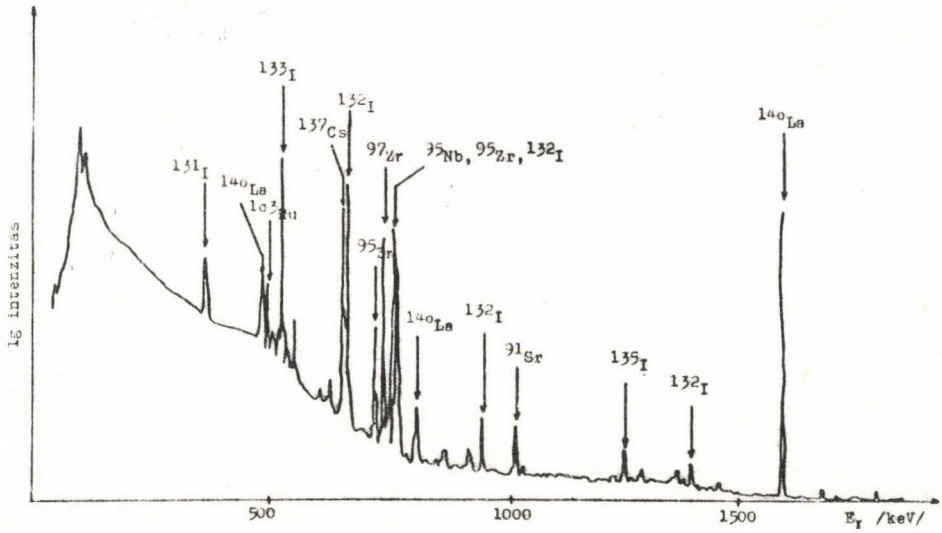
A dózisteljesitmény mérésére:

VA-J-15.2a röntgen-γ dózismérő /VEB Vakutronik WIB Dresden, Drezda, NDK/,
NS-115 félvezető detektoros dózismérő /Gamma Müvek/.

MÉRÉSI EREDMÉNYEK

A méréssorozat kezdetkor felvettük a vizszintes csatornán kivezetett sugárzás spektrumát. A mérés előtt 24 órával a reaktor 80 percet üzemelt 10 kW teljesitményen. A dózisteljesitmény ekkor a teljesen nyitott vizszintes csatorna külső nyilásánál 220 $\mu Gy.h^{-1}$ volt. A detektor a csatorna nyilásától 20 cm-re helyezkedett el, a csatorna külső nyilásába pedig 12 cm hosszuságu, 5 mm átmérőjü furattal ellátott ólomkollimátort helyeztünk. A spektrum rendkivül vonalgazdag, a legnagyobb részarányt jelentő komponensek: a ^{140}La, ^{133}I, ^{132}I, ^{97}Zr, ^{95}Zr és ^{95}Nb /2. ábra/[1].

Azonos körülmények között mértük a spektrumot a méréssorozat befejezése után, 41 nappal a reaktor leállitását követően. Sokkal kevesebb csucsot találtunk, és ezek kevésbé voltak intenzivek, mint a kezdetben mértek /3. ábra/. A kimutatott komponensek: ^{103}Ru, ^{137}Cs, ^{95}Zr, ^{95}Nb és ^{140}La. Ez azt jelenti, hogy a legjelentősebb γ-háttér a 600 - 800 keV tartományban van, és ez a háttér - a radioaktiv alkotók felezési idejének figyelembe vételével - viszonylag nagy is marad egy évig. A ^{140}La 1596 keV-os csucsa a legjelentősebb komponens a nagy energiáju tartományban, és ennek bomlását anyaeleme, a ^{140}Ba felezési ideje szabja meg, amely 12,8 nap, azaz ez a komponens is várhatóan sokáig megmarad.

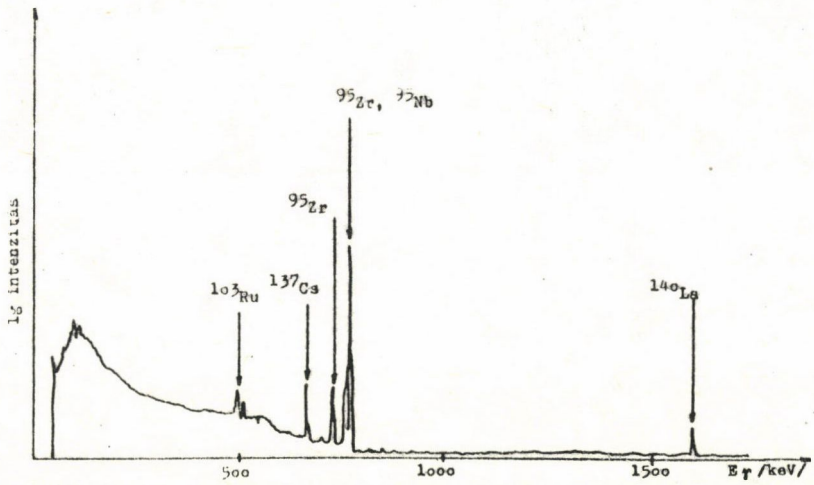


2. ábra

A vizszintes csatornán kilépõ sugárzás spektruma a méréssorozat kezdetekor

Спектр излучения, выходящего из горизонтального канала, в начальной серии измерений

γ-ray spectrum of the radiation leaving the horizontal channel at the beginning of the measurements



3. ábra

A vizszintes csatornán kilépõ sugárzás spektruma a méréssorozat befejezésekor

Спектр излучения, выходящего из горизонтального канала в конечной серии измерений

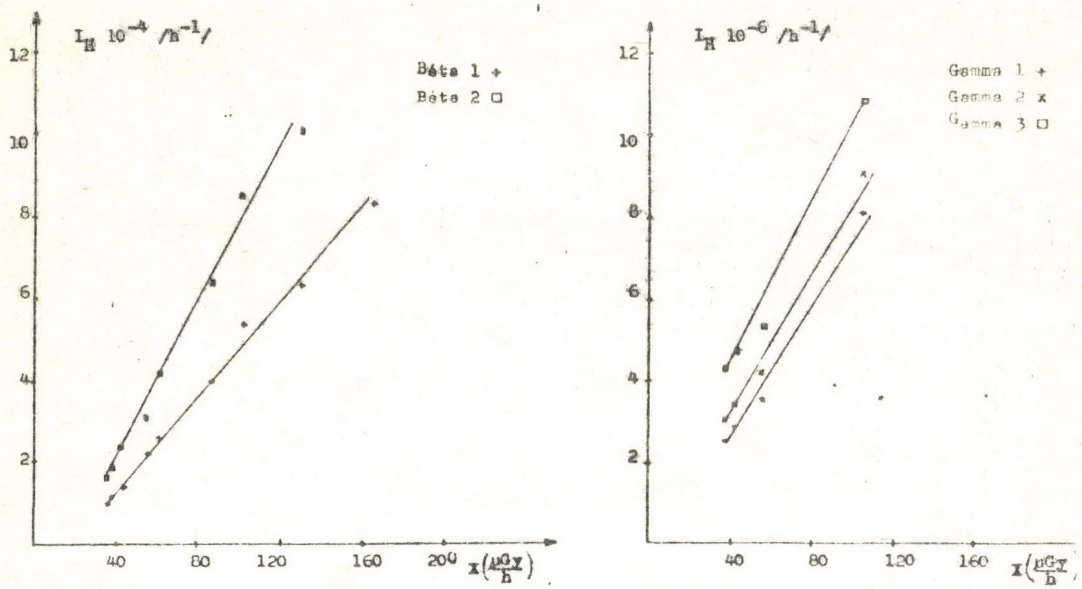
γ-ray spectrum of the radiation leaving the horizontal channel at the end of the measurement

A kitüzött célnak - a radionuklidok szelektiv mérhetősége vizsgálatának - megfelelően a γ-hátteret a γ-detektor használatakor bizonyos csucsokra diszkriminálva mértük. Méréseink során három diszkriminációs tartományt vizsgáltunk, amelyeket a Gamma 1, Gamma 2 és Gamma 3 teljesenergia-csucsra állitottuk be ugy, hogy a teljesenergia-csucsokhoz tartozó impulzusok kerüljenek a számlálóba.

A háttér dózisteljesitménye és a mért háttérintenzitások közötti összefüggést a vizsgált dózisintenzitás-tartományban a 4. ábra mutatja. A pontok jó közelitéssel egyenesen fekszenek:

$$I_H = a\,X + b\ ; \qquad /1/$$

a paramétereket az 1. táblázatban foglaltuk össze.



4. ábra
Különféle detektorok háttérintenzitásának függése a háttér dózisteljesitményétől
Зависимость фоновой интенсивности детекторов от мощности фоновой дозы
Dependence of the background intensity on background dose rate for various detectors

A megadott dózisteljesitmény-tartományban tehát a mért dózisteljesitmény ismeretében becsülni lehet a háttérintenzitás mértékét, amelyből kiszámitható a választott biztonsággal kimutatható, illetve a választott relativ hibával mérhető intenzitás. Amennyiben ismert a hatásfok, akkor megadható egy vizsgálandó izotópra a kérdéses mérőrendszerrel kimutatható legkisebb aktivitás, illetve az előirt relativ hibával mérhető aktivitás.

1. táblázat

A dózisteljesitmény és a háttérintenzitás között $I_H = aX + b$ alakban megadható összefüggés paraméterei különféle detektorok esetén

Параметры зависимости мощности доз от фоновой активности, выраженной в форме $I_H = aX + b$ для различных детекторов

Parameters of the background intensity versus dose rate function /$I_H = aX + b$/ for various detectors

Detektor	a	b	Érvényességi tartomány
	μGy^{-1}	h^{-1}	$\mu Gy \cdot h^{-1}$
Béta 1	$5{,}63 \cdot 10^2$	$-9{,}00 \cdot 10^3$	35 - 165
Béta 2	$9{,}32 \cdot 10^2$	$-1{,}64 \cdot 10^4$	35 - 130
Gamma 1	$8{,}52 \cdot 10^4$	$-8{,}84 \cdot 10^5$	35 - 104
Gamma 2	$9{,}23 \cdot 10^4$	$-6{,}95 \cdot 10^5$	35 - 104
Gamma 3	$9{,}98 \cdot 10^4$	$2{,}45 \cdot 10^5$	35 - 104

A háttérintenzitás-adatokból /I_H/ Currie[2] nyomán kiszámitottuk a kritikus határintenzitást /I_C/, a detektálási határintenzitást /I_D/ és a meghatározási határintenzitást /I_Q/.

Ezen szintek definiálásához az alábbi meggondolásokat kell tennünk. Legyen a minta nettó intenzitása nulla /$I = 0$/. Ekkor a

$$\sigma = \sqrt{\frac{I + I_H}{t_m} + \frac{I_H}{t_H}} \qquad /2/$$

általános szórásképlet a következő alaku lesz:

$$\sigma_o = \sqrt{\left(\frac{1}{t_m} + \frac{1}{t_H}\right) I_H} \,, \qquad /3/$$

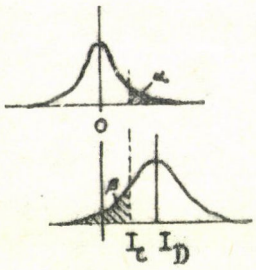
és ennek segitségével a kritikus határintenzitás definiciója:

$$I_C = k_\alpha \sigma_o \,, \qquad /4/$$

ahol α a valószinüsége annak, hogy az $I = 0$ feltevést elutasitjuk, pedig helyes /5. ábra/. Ezt nevezzük elsőfaju hibának. k_α a standard normális eloszlás /1-α/ biztonsági szintjéhez tartozó abszcisszaérték, t_m a minta mérési ideje, t_H a háttér mérési ideje

α tehát annak a valószinüsége, hogy I_C-nél nagyobb mért intenzitás nulla nettó intenzitásu preparátumtól ered.

A másodfaju hiba /valószinüsége β/ az, amikor a feltevést elfogadjuk,



5. ábra

A kritikus és a detektálási határintenzitás értelmezése

Значение критической и обнаруживаемой интенсивности

The meaning of the critical and the detections intensities

holott nem igaz. β a valószinüsége tehát annak, hogy nullánál nagyobb nettó intenzitásu preparátum esetén a mért intenzitás kisebb, mint I_C.

Az analitikai gyakorlatban két lényeges eset van:

1/ meglévő mérési eredmény alapján el kell dönteni, hogy a mért érték eltérése a háttértől a háttér szórásából ered-e, vagy pedig más sugárzó anyag is van jelen. Ekkor csak az elsőfaju hibára kell tekintettel lennünk, és a döntés alapjául a kritikus határintenzitás szolgál.

2/ A háttérintenzitás értékének ismeretében előre /mérés előtt/ meg kell mondani, hogy milyen intenzitásu sugárzó anyag lesz egy adott biztonsággal kimutatható. Ez azt jelenti, hogy a másodfaju hibára is megkötéssel kell élnünk. Az a szint, amelyre igaz, hogy /1-β/ valószinüséggel nagyobb jelet ad, mint I_C, a detektálási szint /I_D/ /5. ábra/.

Az I_D intenzitásu jel szórása a /2/ képlet felhasználásával

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{I_D + I_H}{t_m} + \frac{I_H}{t_H}} = \sqrt{\frac{I_D}{t_m} + \sigma_o^2} \qquad /5/$$

és

$$I_D = I_C + k_\beta \sigma_D \ , \qquad /6/$$

ahol k_β a standard normális eloszlás /1-β/ biztonsági szintjéhez tartozó abszcisszaérték.

Ha $k_\alpha = k_\beta = k$, akkor a /4/, /5/ és /6/ egyenlet egyesitésével:

$$I_D = k \sigma_o + k \sqrt{\frac{I_D}{t_m} + \sigma_o^2} \ , \qquad /7/$$

amelyből I_D-t kifejezve

$$I_D = 2k\sigma_o + \frac{k^2}{t_m} = 2I_C + \frac{k^2}{t_m} \ . \qquad /8/$$

A mennyiségi meghatározáshoz azt a nettó intenzitásértéket kell megadnunk - meghatározási határintenzitás /I_Q/ -, amelynél nagyobb várható intenzitásu mintát, a mérőrendszerre jellemző háttér mellett, egy választott relativ szórásnál /s/ kisebb relativ szórással mérhetünk. Képlettel kifejezve:

$$\frac{\sigma_Q}{I_Q} = s. \qquad /9/$$

A /2/ szórásképlet erre az esetre alkalmazva

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{I_Q}{t_m} + \sigma_o^2} \; . \qquad /10/$$

A /9/ és /10/ egyenletből

$$I_Q = \frac{1}{2t_m s^2} \cdot \left[1 + \sqrt{1 + (2\sigma_o s t_m)^2}\right]. \qquad /11/$$

Számitásainkban a továbbiakban mindig a 95%-os megbizhatóságot választjuk, amelyhez k = 1,645 tartozik, és I_Q-t a 10%-os relativ szóráshoz /s = 0,1/ adjuk meg.

Egy mért dózisteljesitmény ismeretében a kimutatható legkisebb aktivitás az /1/-es, /3/-as és /8/-as egyenlet felhasználásával az alábbi módon számitható:

$$A_{min} = \frac{1}{\eta}\left[\frac{k^2}{t_m} + 2k\sqrt{\left(\frac{1}{t_m} + \frac{1}{t_H}\right)(a\,X + b)}\right], \qquad /12/$$

ahol A_{min} a kimutatható legkisebb aktivitás /Bq/, η a mérési hatásfok.

Mérőrendszereink egyes izotópokra vonatkozó hatásfokát és azokat a paramétereket, amelyek mellett ezen hatásfokértékeink érvényesek, a 2. táblázat tartalmazza.

A dózisteljesitmény függvényében kimutatható legkisebb aktivitás értékeit arra az esetre számitottuk ki, amikor a mintát és a hátteret is 3000 s-ig mérjük. Az eredményt a 3. táblázat tartalmazza. Minden izotópnál az első sorban megadtuk a "normál" laboratóriumi háttérre vonatkozó értékeket is, összehasonlitási alapul. Megállapitható, hogy a két β-detektorra kapott kimutatási határok között nincs lényeges különbség, és ugyanez igaz a három izotóp /^{131}I, ^{137}Cs és ^{90}Y/ kimutatási határaira is, β-mérés esetén. A γ-mérés kimutatási határa ^{131}I és ^{137}Cs esetén egy nagyságrenddel nagyobb, mint a β-mérésé. A ^{65}Zn γ-méréssel való kimutatási határa még egy nagyságrenddel nagyobb.

2. táblázat

Különféle detektorok különféle izotópokra vonatkozó hatásfoka

Эффективность различных детекторов при разных изотопах

Counting efficiencies of various detectors for various isotopes

Izotóp	Hatásfok		
	GM-GM antikoincidencia szonda	Jelalakdiszkriminációs mérőfej	NaI/Tl/ szcintillátor
^{137}Cs	0,130	0,135	0,12
^{131}I	0,095	0,095	0,11
^{90}Y	0,185	0,200	-
^{65}Zn	-	-	0,005

β-mérés

^{90}Y - Y_2O_3 csapadékban, rétegvastagság: 13 $mg \cdot cm^{-2}$

^{131}I - AgI csapadékban, rétegvastagság: 23 $mg \cdot cm^{-2}$

^{137}Cs - Cs_2PtCl_6 csapadékban, rétegvastagság: 40 $mg \cdot cm^{-2}$

A csapadék távolsága a detektor felületétől 3,8 mm.

3. táblázat

Kimutatható minimális aktivitás a háttér dózisteljesitményének függvényében, különféle detektoroknál, különféle izotópokra

Зависимость обнаруживаемой минимальной активности от фоновой дозы в случае различных детекторов и изотопов

Minimum detectable activity as a function of the background dose rate for various detectors and isotopes

Vizsgált izotóp	Dózisteljesitmény	Kimutatható aktivitás		
		Béta 1	Béta 2	γ-mérés
	$\mu Gy \cdot h^{-1}$	Bq	Bq	Bq
^{137}Cs	0,43	0,19	0,21	1,5
	35	1,2	1,3	18,7
	61	1,7	2,1	26,2
	87	2,2	2,7	31,9
	104	2,5	3,0	35,3
	130	2,8	3,4	-
	165	3,2	-	-
^{131}I	0,43	0,26	0,30	2,0
	35	1,6	1,9	18,5
	61	2,3	2,9	26,6
	87	2,9	3,8	32,8
	104	3,4	4,2	36,4
	130	3,8	4,8	-
	165	4,3	-	-
^{90}Y	0,43	0,14	0,14	-
	35	0,8	0,9	-
	61	1,2	1,4	-
	87	1,5	1,8	-
	104	1,7	2,0	-
	130	1,9	2,3	-
	165	2,2	-	-
^{65}Zn	0,43	-	-	32
	35	-	-	545
	61	-	-	710
	87	-	-	840
	104	-	-	920

A számitott adatok kisérleti alátámasztására mértük különböző izotópok különböző aktivitásu preparátumait különböző háttérintenzitásoknál. A kapott adatokból néhányat a GM-GM antikoincidencia-szondára a 4. táblázatban, a jelalakdiszkriminációs mérőfejre az 5. táblázatban foglaltuk össze. /A táblázatban A a preparátum tényleges aktivitása/.

4. táblázat

GM-GM antikoincidencia-szondával mért adatok és a belőlük számitott kimutatási határ

Данные, полученные с помощью работающего на принципе ГМ-ГМ антисовпадения зонда, и вычисленные из них пределы обнаружения

Data measured with a GM-GM anticoincidence detector and calculated detection limits

Dózistel-jesitmény	I_H	Minta	t_m	t_H	I_C	I_D	I_Q	$I_{mért}$	Aη
$\mu Gy \cdot h^{-1}$	s^{-1}		s	s	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}
220	25,8	1. ^{137}Cs	1200	1200	0,34	0,68	2,12	<0	0,38
220	25,8	1. ^{90}Y	1200	1200	0,34	0,68	2,12	<0	0,30
165	23,0	2. ^{137}Cs	3000	4000	0,19	0,38	1,18	4,28	5,05
165	23,0	2. ^{131}I	3000	4000	0,19	0,38	1,18	0,45	0,74
104	15,0	1. ^{137}Cs	3000	3000	0,16	0,33	1,02	0,21	0,38
61	7,2	2. ^{137}Cs	1200	4000	0,14	0,29	0,93	4,76	5,05

5. táblázat

A jelalakdiszkriminációs detektorral mért adatok és a belőlük számitott kimutatási határ

Данные, полученные с помощью детектора с дискриминационным видом сигнала, и вычисленные из них пределы обнаружения

Data measured with a signal-shape discriminating detector and calculated detection limits

Dózistel-jesitmény	I_H	Minta	t_m	t_H	I_C	I_D	I_Q	$I_{mért}$	Aη
$\mu Gy \cdot h^{-1}$	s^{-1}		s	s	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}	s^{-1}
104	23,6	1. ^{137}Cs	3000	1200	0,27	0,55	1,68	0,06	0,40
35	4,5	3. ^{90}Y	3000	3000	0,09	0,18	0,56	2,56	2,60
35	4,4	3. ^{131}I	3000	3000	0,09	0,18	0,56	1,48	1,41

Megállapithatjuk, hogy azokban az esetekben, amikor $I_D > A\eta$, akkor a várakozásnak megfelelően $I_{mért} < I_C$, tehát nem detektáltunk hasznos jelet. Azokban az esetekben, amikor $I_D < A\eta$, minden esetben $I_{mért} > I_C$, tehát detektáltunk hasznos jelet. Ahol $I_Q < A\eta$, ott $I_{mért}$ eltérése Aη-tól általában 10%-on belül van. Az, hogy esetenként nagyobb hiba is adódott, azzal magyarázható, hogy A és η is hibával van terhelve. A GM-GM antikoincidencia-szondánál a 2. jelü ^{137}Cs preparátum mért intenzitása rendszeresen eltér a várttól, mégpedig szisztematikusan negativ irányban. Nagy háttérintenzitásnál

nagyobb, kisebb háttérnél kisebb az eltérés. Ezt azzal magyarázzuk, hogy megnövekedett háttérintenzitásnál már nem hanyagolható el a véletlen preparátum - jel és háttér - jel koincidencia intenzitást csökkentő hatása, és ez a hatás növekszik a háttérintenzitás növekedtével. Ebből az következik, hogy nagy intenzitásu háttér esetén nem célszerü GM-GM antikoincidencia-szondával mérni.

IRODALOM

1. *G. Erdtmann, W. Soyka,* Die Gamma-Linien der Radionuklide, Band 1-3, Jül-1003-AC, KFA, 1975
2. *L.A. Currie,* Anal. Chem. 40 /1968/ 586

*

A BME Tanreaktora vizszintes csatornáján kivezetett, a kihullott hasadványok sugárzását legjobban megközelitő spektrumu sugárnyaláb utjában helyeztünk el különféle detektorokat, árnyékolással együtt. Mértük a háttér γ-sugárzás dózisteljesitménye függvényében a detektorok háttérintenzitását. A vizsgált tartományban lineáris kapcsolatot találtunk köztük. A háttérintenzitásokból kiszámoltuk egyes izotópokra a kimutatható legkisebb aktivitást. Kisérlettel igazoltuk, hogy a számitott kimutatási határnál nagyobb aktivitásu preparátumok valóban detektálhatók, illetve a nála kisebb aktivitásuak nem detektálhatók.

Зависимость предела обнаружения ядерных измерительных систем от фонового γ-излучения
Шегешвари, Г., Бодиж, Д., Гимеши, О.

Различные детекторы с экранированием были помещены в излучение, выведенное через горизонтальный канал Учебного ядерного реактора Будапештского технического университета во время его остановки. Измерялась фоновая интенсивность детекторов в зависимости от фоновой дозы γ-излучения: была найдена линейная зависимость. Исходя их данных фоновой интенсивности были вычислены для некоторых изотопов минимально обнуруживаемые активности. Эксперименты подтвердили, что активность препаратов выше вычисленных пределов обнаружения может быть регистрирована, а препараты с более низкой активностью не могут быть обнаружены.

Dependence of the Detection Limit of Nuclear Measuring Systems on the γ-Background
Segesváry, G., Bódizs, D., Gimesi, O.

Detectors with shielding were exposed to the rays let out through the horizontal channel of the Nuclear Training Reactor of Budapest Technical University during shut-down period. The spectral configuration of the rays approached that of the radiation of possibly escaping fission wastes. The background intensities measured by the detectors were studied as a function of the background dose rate and a linear relationship was found in the range investigated. The minimum detectable activities were calculated from the background intensities. It was experimentally proved that preparates exceeding in activity the calculated minimum detectable activity can really be detected while activities lower than this value are undetectable.

IZOTÓPTECHNIKA 26(4):269 (1983)

KÖNYVISMERTETÉS

Operational Radiation Safety - Training. NCRP Report No. 71, National Council on Radiation Protection and Measurement, Bethesda, 1983, 49 o.

A sugárveszélyes munkák biztonságát ma már számos müszaki eszköz képes elősegiteni, a csipesztől az atomerőmüvi containmentig, a tapasztalat mégis azt igazolja, hogy az emberi tényező szerepe nem csökkent, sőt, fokozódott az üzemzavar, baleset megelőzésében és elháritásában. A szakmai képzés és a sugárvédelmi oktatás fontos szerepet játszik biztonságunk szavatolásában.

Talán ennek felismerése vezette az NCRP reportsorozatának szerkesztőit, amikor 70 kitünő sugárvédelmi kiadvány folytatásaként összeállitották az oktatás követelményrendszeréről, lebonyolitásáról és minimális programjáról szóló füzetüket.

A Report tartalma:

- az intézmény vezetőségének felelőssége,
- az oktatási követelmények kritériumai,
- az oktatásban részt vevő személyek köre,
- az oktatási program megtervezése,
- a tanulmányi környezet és a segédletek,
- az ellenőrzés,
- javasolt témakörök,
- példák a módszerre,
- a felnőttoktatás különleges szükségletei.

A tartalmi felsorolás mutatja, hogy ez a kiadvány nem oktatási segédlet, hanem az intézményi sugárvédelmi oktatás átgondolt és ésszerü megszervezéséhez nyujt segitséget. Oktatáson itt a gyakorlati tudnivalók elsajátitását érti, szembeállitva a képzéssel, amely a szakma mélyebb megértetésére törekszik.

Célját a report teljes mértékben eléri; bár első benyomásként az olvasó látszólag semmi ujat nem talál, az átfogó és alaposan átgondolt anyag rendkivül nagy segitséget nyujt elsősorban azoknak, akik felelősek az intézmények, vállalatok biztonságos müködéséért. /Ennek a felelősségnek a hangsulyozása talán a report legnagyobb érdeme./ A kissé gyakorinak tünő ismétlés itt-ott fárasztóvá teszi az olvasást, de az ismétlés elkerülése valószinüleg csökkentené az áttekinthetőséget.

A leirt elvek hazai alkalmazását némileg befolyásolja az, hogy nálunk - és feltehetőleg sok más kisebb államban is - az oktatás alapvető része központilag van szervezve, részben azért is, mert csak igy biztositható a szakszerü oktatás. Elképzelhető, hogy kisebb intézményeknél ez mindenütt igy van, de ennek átgondolása hiányzik a reportból.

Biró Tamás
Az MTA Izotóp-
intézete

HIREK

1984. évi rendezvények

16th International Symposium on Radioactive Isotopes in Clinical Medicine and Research, Badgastein, Ausztria, január 9-12
Prof. Dr. R. Höfer, Nuklearmedizinische Abteilung, 2. Med.Univ.Klinik, Postfach 9, A-1095 Vienna, Austria

3rd Annual Winter Congress on Computed Tomography and Ultrasonography
Chamonix, Franciaország, január 26 – február 4
The Secretary, Winter Congress 1984, Department of Radiology, West Park Hospital, 22141 Roscoe Boulevard, Canoga Park, CA 91304, USA

Seminar on Site Investigation and Assessment Methods and Techniques for Underground Disposal of Radioactive Wastes
Szófia, február 6-10
Conference Service Section, IAEA, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

Meeting on Why Tomography? Emission Computed Tomography: Achievements, Prospects and Problems
London, február 15
The British Institute of Radiology, 36 Portland Place, London W1N 3DG, UK

2nd International Conference on Human Tumour Markers
Bécs, február 20-22
Human Tumour Markers, c/o American Express, Kärntnerstrasse 21-23, A-1015 Vienna, Austria

Meeting on Radiation Processing for Plastics and Rubber
Canterbury, Kent, UK, március 28-30
Mr.J.N. Ratcliffe, The Plastics and Rubber Institute, 11 Hobart Place, London SW1W OHL, UK

Conference on Simulation for Nuclear Reactor Technology
Cambridge, UK, április 9-11
The Secretary, The Institution of Nuclear Engineers, 1 Penerley Road, London SE6 2LQ, UK

6th International Colloquium on Radioimmunology and Exhibition
Lyon, április 12-14
Prof. Ch.-A.Bizollon, Service de Radiopharmacie et de Radioanalyse, Centre de Médicine Nucléaire, Hôpital Neuro-Cardiologique, B.P.Lyon-Montchat, 59 boulevard Pinel, F-69394 Lyon Cedex 3, France

Scientific Seminar on Criteria and Methods for Quality Assurance in Medical X-Ray Diagnosis
Udine, április 17-19
Dr. H.Schibilla, Secretariat of Scientific Seminar on Criteria and Methods for Quality Assurance in Medical X-Ray Diagnosis, DG XII/F/1
Commission of the European Communities, Rue de la Loi 200, B-1049, Brussels

The Rhodes International Conference on Nuclear Medicine
Rhodosz, április 24-28
Dr. Peter Paras, Chairman, Rhodes Int.Conf. Nuclear Medicine, P.O.B. 713, Rockville, MD 20851, USA

5th Radiology Symposium of the CSSR, German Democratic Republic and Hungarian People's Republic
Piestany, május
Slovak Medical Society, Mickiewiczova 18/I, CS-813 22 Bratislava, CSSR

Meeting on Paediatric Radiology
Vienna, május 1-5
Inverconvention, Postfach 80, A-1107 Vienna, Austria

6th Congress of the International Radiation Protection Association and Exhibition, Nyugat-Berlin, május 7-12
Mr.R.Neider, Bundesanstalt für Materialprüfung /BAM/, Unter den Eichen 87, D-1000 Berlin 45

6th Annual Symposium on Safeguards and Nuclear Material Management
Velence, május 14-18
Prof. L.Stanchi, Commission of the European Communities Joint Research Centre I-21021 Ispra /Varese/ Italy

Seminar on Diagnosis and Response in Abnormal Occurrences at Nuclear Power Plants
Bécs, május 14-18
Conference Service Section, IAEA, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

Conference on the Decommissioning of Nuclear Power Plants
Luxembourg, május 22-24
Mr. D. Nicolay, Commission of the European Communities, Jean Monnet Building B4/072, L-2920 Luxembourg, Grand-Duchy

Seminar on Quality Control in Radioimmunoassay for Developing Countries in Asia and the Pacific
Malajzia, május 28-junius 1
Conference Service Section, IAEA, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

7th Conference of the International Society of Radiographers and Radiological Technicians
Eastbourne, Sussex, UK, junius 2-6
Mr.E.R. Hutchinson, 159 Gabalfa Avenue, Cardiff CF4 2PB, Wales, UK

International Meeting on Monoclonal Antibodies in Oncology: Clinical Applications, Nantes, junius 19-20
Mme M.A. de Cusse, Meeting 84, Unité 221 - I.N.S.E.R.M., U.E.R. de Médecine, 1 rue Gaston Veil, F-44035 Nantes Cedex, France

Meeting of the European Association for Research in Plant Breeding /Eucarpia/
Clermont-Ferrand, julius
Mr. M. Bernard, Station d'Amélioration des Plantes, F-63039 Clermont-Ferrand Cedex, France

International Meeting on Laser Processing and Diagnostics - Applications in Electronic Materials
Linz, julius 15-19
Prof. Dr. Dieter Bäuerle, Johannes-Kepler-Universität Linz, A-4040 Linz, Austria

5th International Symposium on Radiopharmaceutical Chemistry
Tokió, julius 9-13
1984 Tokyo Symposium Office c/o Business Center for Academic Societies Japan, 2-4-16, Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

Annual Meeting of the European Nuclear Medicine Society
Helsinki, augusztus
Mr. Esko Riihimäki, Room T 1180, Meilahti Hospital, SF-00290 Helsinki, Finland

8th European Congress on Electron Microscopy /EUREM 84/
Budapest, augusztus 13-18
Mr. A. Csanády, Congress Bureau MOTESZ, P.O.Box 32,,H-1361 Budapest

International Symposium on Plant Tissue and Cell Culture - Application to Crop Improvement
Olomouc, szeptember 4-10
Dr. F.J. Novak, Secretary of the Symposium, Institute of Experimental Botany, Sokolovská 6, CS-772 00 Olomouc, CSSR

18th Annual Meeting of the European Society for Radiation Biology
Zürich, szeptember 9-13
Strahlenbiologisches Institut der Universität, Konferenzsekretariat, Postfach 64, CH-8029 Zürich, Switzerland

3rd Annual Meeting of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology, Jeruzsálem, szeptember 9-15
Congress Secretariat 3rd ESTRO Meeting, P.O.Box 50006, Tel Aviv 61500, Israel

5th Symposium on Reactor Dosimetry
Geesthacht, NSzK, szeptember 24-28
Mr. H. Rottger, Joint Research Centre, Petten Establishment, HFR Division, Postbus 2, 1755 ZG Petten /N.H./, Netherlands

12th European Congress of Neuroradiology
Prága, szeptember 27-29
Czech Medical Society, Vitězného února 31, CS 120 26 Prague 2, CSSR

International Conference on Nuclear and Radiochemistry
Lindau, NSzK, október 8-12
Gesellschaft Deutscher Chemiker, Abt. Tagungsorganisation, Postfach 900440, D-6000 Frankfurt-am-Main 90, F.R.G.

International Symposium on High-Dose Dosimetry
Bécs, október 8-12
Conference Service Section IAEA, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

International Conference on Radiopharmaceuticals and Labelled Compounds
Tokió, október 22-26
Conference Service Section IAEA, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

4th Symposium on Clinical Radiation Physics
Binz, NDK, október 28-november 1
Dr. Manfred Tautz, Spezialabteilung Strahlenphysik, Städtisches Klinikum Buch, Wiltbergstrasse 50, DDR-1115 Berlin-Buch, GDR

Inter-regional Seminar on Practical Problems Encountered in the Safe Transport of Radioactive Materials
Bécs, november 5-8
Conference Service Section IAEA, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

Seminar on the Use of Isotopes in Studies on Biological Nitrogen Fixation
Törökország, november 12-15
Conference Service Section IAEA, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

International Symposium on Assessment of Radioactive Contamination in Man
Párizs, november 19-23
Conference Service Section IAEA, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

Conference on Radioactive Waste Management
London, november 27-29
The Secretariat, British Nuclear Energy Society, at the Institution of Civil Engineers, 1-7 Great George Street, London SW1P 3AA, UK

1985

International Symposium on Food Irradiation Processing
USA
Conference Service Section IAEA, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

International Symposium on Medical Applications of Nuclear Techniques in Developing Countries
?
Conference Service Section IAEA, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

International Symposium on the Use of Nuclear Techniques in the Production of Improved Plants
?
Conference Service Section IAEA, P.O.Box 100, a-1400 Vienna, Austria

3rd International Meeting on Progress in Radio-Oncology
Bécs, március 29-31
Prof. Dr. K.H. Kärcher, Austrian/International Club for Radio-oncologists, University Clinic for Radiotherapy and Radiobiology of Vienna, Alserstrasse 4, A-1090 Vienna, Austria

12th International Radiocarbon Conference
Trondheim, junius 24-28
Radiological Dating Laboratory, The Norwegian Institute of Technology, N-7034 Trondheim - NTH, Norway

7th International Conference on Medical and Biological Engineering
Helsinki, julius 8-12
Mr. Hannu Seitsonen, Secretary General, 7th ICMP, P.O.Box 105, SF-00251 Helsinki, Finland

4th Annual Meeting of the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology /ESTRO/
Svájc, szeptember
Dr. E. van der Schueren, Département de Radiothérapie, Clinique Saint-Raphael, 35 chemin des Capucines, Louvain, Belgium

1986

8th International Congress of Radiation Research
Egyesült Királyság, julius - augusztus
Dr. E. Martin Fielden, Department of Physics, Institute of Cancer Research, Royal Cancer Hospital, F. Block, Clifton Avenue, Sutton, Surrey SM2 5PX, UK

TESZTOSZTERON RADIOIMMUNOASSAY AZ ÁLLATTENYÉSZTÉSNEK

A mezőgazdaság előtt álló távlati fejlesztési programokban, az állattenyésztésben kiemelt jelentőséggel szerepel a mesterséges termékenyítés minél szélesebb körű bevezetése a gazdaságilag fontos állatfajoknál. Növelni kell a nagy teljesítőképességű és kiemelkedően jó genetikai adottságú apaállatok utódainak számát is. Az ondótartósítás nehézségei ismertek, de sok esetben a meg nem felelő mennyiségű és minőségű ondó okoz komoly problémát.

Az apaállat spermiogenezisét, az ondóplazma termelését, más hormonális hatások mellett, a tesztoszteron hormon is szabályozza. E hormon egyrészt a here és a járulékos nemi mirigyek működésére hat, így szabályozza a spermiogenezist és az ondóplazma termelődését, másrészt szerepe van a libidó fenntartásában, a nemi magatartás megnyilvánulásában is. Régóta keresik a megoldást, miként lehetne megmérni a tesztoszteron koncentrációját a vérben. A biológiai assay-eljárások terjedtek el, majd, a kromatográfia fejlődésével, mód nyílt pontosabb meghatározásra is. E módszerek azonban csak igen nagy hibával tudták az eredményt nyújtani, emellett sorozatvizsgálatra sem voltak alkalmasak.

A radioimmunoassay (RIA) alkalmazásával mód nyílt igen kis mennyiségben (10^{-6}g) jelenlevő tesztoszteronnak igen nagy biztonsággal való meghatározására a perifériás vérplazmában. A meghatározás vérplazma, illetve szérumszükséglete igen csekély (0,4-1,5 ml), így fiatal, kis testtömegű állatnál is elvégezhető. A módszer egyszerű, gyors, emiatt alkalmas heti többszáz minta meghatározására. Az így meghatározott hormonmennyiség igen pontosan jelzi a kriptorchizmust, a herefejlődés rendellenességeit, utalhat a termékenyítő képesség zavarának okaira, jelezheti az ivartalanítás hatékonyságát, és támpontot adhat a pároztatás, illetve az ondólevétel legalkalmasabb időpontjának meghatározásához.

^{125}I-TESZTOSZTERON RIA IN VITRO KÉSZLET

Tartalma 100 meghatározáshoz, két párhuzamos mérés esetén 44 vizsgálandó minta tesztoszteronszintjének meghatározásához elegendő.

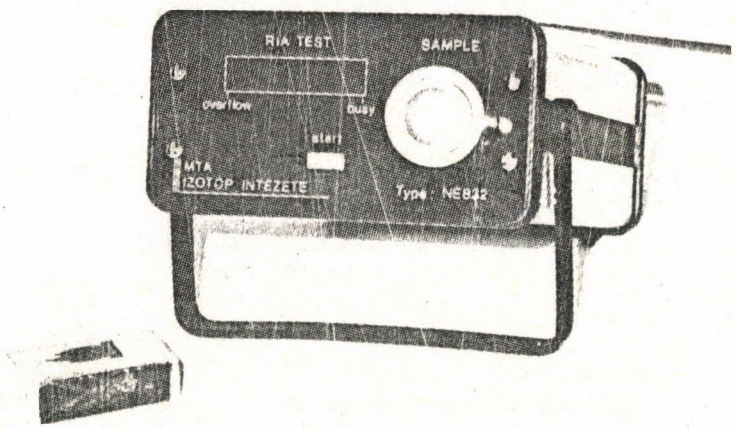
Kód: RK-21

Gyártja: az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf. 77, 1525

Megrendelhető: az izotópkereskedelmi osztályon /IZOKER/

Telex: 225360 Telefon: 166-485

RIA TEST
MODELL NE 832



JELLEMZŐI

- egyszerü kezelhetőség
- kis méret, kis suly, kis fogyasztás
- folyadékkristályos kijelzés
- szenzoros felépitésü kezelőszerv
- egybeépitett detektor és mérőmüszer
- nagy megbizhatóság

A müszer ^{125}I izotóppal jelzett RIA készletek felhasználásával készitett minták mérésére szolgál. Az MTA Izotópintézetében gyártott más-más készlettel pl. a tesztoszteron, a progeszteron kis mennyisége mérhető nagy pontossággal.

A készülék detektorral, nagyfeszültségü tápegységgel, valamint vezérlő elektronikával egybeépitett, egycsatornás analizátor. Célkészülék mivolta jelentős előny, mert használatához egyetlen kezelőszerv elegendő. A mérési eredmény, a beállitott mérési idő után, a kijelzőről olvasható le.

Lehetőség van a készüléken belül diszkriminációs szintek, a nagyfeszültség, illetve a mérési idő megváltoztatására, igy a készülék más mérési feladatra is alkalmas, kezelhetősége azonban egyszerü marad.

MŰSZAKI ADATOK

Kijelző kapacitás	4 digit
Mérési idő	1 min /csak belső átkötéssel változtatható/
Mért izotóp	^{125}I
Hálózati feszültség	220 V±10%
Hálózati frekvencia	50 Hz
Méret	7x14x25 cm
Tömeg	2,25 kg

A müszert forgalmazza, és az eljárás tervezésében segitséget nyujt

AZ ÁLLATTENYÉSZTÉSI KÖZÖS VÁLLALAT

Budapest, II. Keleti Károly u. 24, 1024

PROGESZTERON AZ ÁLLATTENYÉSZTÉSBEN

Az állattenyésztésben igen lényeges igen hamar megállapítani, hogy a megtermékenyítés után melyik állat lett terhes, melyik nem. Kezdetben a terhességet tapintással vagy az ovuláció megfigyelésével állapították meg. Később biológiai és kémiai módszereket is kidolgoztak, de ezek csak néhány hónappal a megtermékenyítés után adtak megbízható eredményt (tehénnél pl., ahol a terhesség 280 napos, ultrahanggal 4 hónappal, a vizelet ösztrogéntartalmának mérésével pedig 3 hónappal a megtermékenyítés után lehet megbízható eredményt kapni).

A radioizotópos eljárások fejlődése és elterjedése, valamint a szaporodás endokrinológiájának mélyebb megismerése révén az állattenyésztő új, érzékeny, könnyen kivitelezhető és nagy pontosságú módszerekhez jutott: a kompetitív proteinkötés és a radioimmunoassay módszeréhez. Ezek piko- és nanogramm mennyiségű hormon mérésére alkalmasak a perifériális plazmában, igen kis mintából, így gyakrabban vehetünk mintát, a vizeletminta gyűjtésének nehézségeivel nem kell számolnunk, és tapasztalt szakember hetente többszáz meghatározást is végezhet.

Bár e módszerek minden emlősnél használhatók, most csak a sertésre és szarvasmarhára szorítkozunk. Az érett nőstények szexuális ciklusa három szakaszból áll: a preovulációból, amikor a petesejt érik, az ovulációból, amikor az érett petesejt kiszabadul a tüszőből, és a posztovulációból, amikor a sárgatest kialakul. Ahhoz, hogy az egyed terhessé váljék, az ovuláció utáni napon kell megtermékenyülnie. A sárgatest nagy mennyiségű progeszteront termel, amely az alapvető feltétele annak, hogy a megtermékenyült petesejt beágyazódjék a méhfalba, és ne következzék be spontán abortusz vagy az embrió halála. Ha a megtermékenyítés elmarad, a sárgatest elsorvad, és nem választ ki progeszteront. Mivel a sárgatest és a méhlepény által termelt progeszteron megjelenik a perifériális vérben is, a vérplazma progeszteronszintje jelzi, hogy a megtermékenyülés végbement-e, vagy sem. A tehénnél a progeszteron a tejben is kimutatható, így a mintavételt egyszerűsíteni lehet.

^{125}I-PROGESZTERON RIA IN VITRO (PEG) KÉSZLET

100 meghatározáshoz szükséges anyagot tartalmaz.

Gyártja: az MTA Izotópintézete, Budapest, Pf. 77, 1525
Telex: 22-5360 Telefon: 166-485

RADILUX

RADIOLUMINESZCENS FÉNYFORRÁSOK

A radilux leforrasztott bórszilikát üvegampulla, amelyet belül foszforréteg borít, és triciumgáz tölt meg. A tricium radioaktiv bomlása során keletkező kis energiájú β-részek (elektronok) gerjesztik a foszfort, s ez látható fényt bocsát ki.

A radiluxok tökéletesen biztonságosak, használatuknál külső sugárveszély nincs.

Nincs szükseg hálózatra, akkumulátorra, nincs vezeték vagy kapcsoló, nincs szikrázási veszély.

Kis fényerőt igénylő világitásra ajánljuk: bányába, pincébe, elsötétitett helyiségbe irányfénynek, vészkijárat-jelzőnek, figyelmeztető táblának, felirásnak stb., mivel különféle színben készülnek, és belőlük többszinű ábra, tábla, felirás is kirakható.

MŰSZAKI ADATOK

Fényesség	max. 10 cd/m², a felhasznált tricium mennyiségétől függően
Legnagyobb teljes aktivitás	160 GBq (4 Ci
Üzemidő	kb. 10 év (a tricium felezési ideje 12,26 év)
Szín	bármilyen szín (ha nincs különleges igény, a zöldet ajánljuk)
Alak	bármilyen, amelyet az üvegfúvás technikája lehetővé tesz

Szabványos termékeink

Cső	Ø4x15 mm	RF1
	Ø5x50 mm	RF3
	Ø5x70 mm	RF4
	Ø5x100 mm	RF5
Korong	Ø13x6 mm	RF2

ELŐÁLLÍTJA AZ MTA IZOTÓPINTÉZETE
Budapest, Pf. 77, 1525
Telex: 22-5360 Telefon: 166-485

^{125}I-DAL JELZETT PROSZTAGLANDINOK

Prosztaglandin $F_{2\alpha}$-tirozin metilészter
Prosztaglandin E_2-tirozin metilészter
13,14-dihidro-15-keto-prosztaglandin $F_{2\alpha}$-tirozin metilészter
Tromboxán B_2-tirozin metilészter
6-keto-prosztaglandin $F_{1\alpha}$-tirozin metilészter

Fajlagos aktivitásuk nagyobb, mint 60 TBq/mol (1600 Ci/mol)

PROSZTAGLANDIN RIA KÉSZLETEK

^{3}H-prosztaglandin $F_{2\alpha}$
^{125}I-prosztaglandin $F_{2\alpha}$
^{125}I-6-keto-prosztaglandin $F_{1\alpha}$
^{125}I-tromboxán B_2

^{3}H-MAL JELZETT PROSZTAGLANDINOK ÉS PREKURZOR ZSÍRSAVAK

Arachidonsav
Eikozatriensav
Prosztaglandin A_1
Prosztaglandin A_2
Prosztaglandin D_2
Prosztaglandin E_1
6-keto-prosztaglandin $F_{1\alpha}$
Prosztaglandin E_2
Prosztaglandin $F_{1\alpha}$
Prosztaglandin $F_{2\alpha}$
13,14-dihidro-15-keto-PGE$_2$
13,14-dihidro-15-keto-PGF$_{2\alpha}$
Tromboxán B_2

^{125}I-DAL JELZETT SZTEROIDOK RADIOIMMUNOASSAYRE

TESZTOSZTERON-3-/O-karboximetil/oxim tirozin metilészter-^{125}I
PROGESZTERON-11-szukcinil tirozin metilészter-^{125}I
17-HIDROXIPROGESZTERON-3-/O-karboximetil/oxim tirozin metilészter-^{125}I
ÖSZTRIOL-6-/O-karboximetil/oxim tirozin metilészter-^{125}I

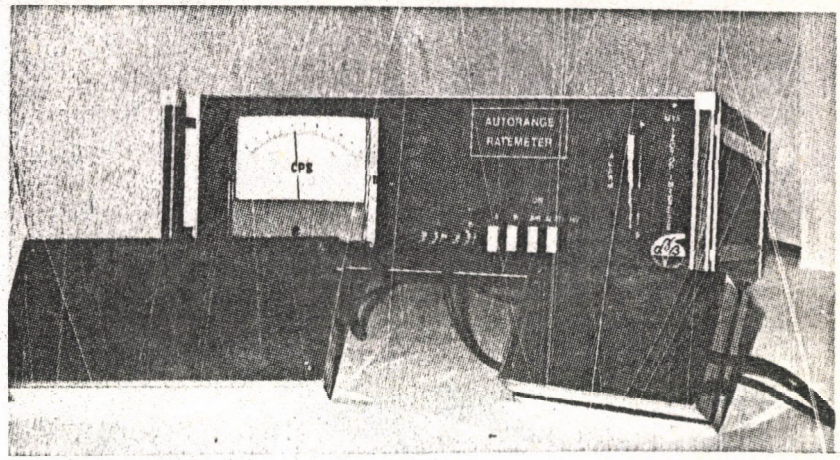
Megrendelhetők

AZ MTA IZOTÓPINTÉZETÉNÉL, Budapest, Pf. 77, 1525
Telex: 22-5360 Telefon: 166-485

MTA Könyvtára
Példányszám 10
83/3876

AUTORAD

β-, γ-SZENNYEZETTSÉGMÉRŐ



Az AUTORAD β-, γ-szennyezettségmérő a radioaktiv mérőhelyeken előforduló szennyezettség ellenőrzésére szolgál. Autorange ratemeterből és a feladatnak megfelelő mérőfejekből állitható össze:

- AUTORANGE RATEMETER NE 1977
- MÉRŐFEJ LB 77 (β, γ)
- MÉRŐFEJ LM 74 (lágy β)
- MÉRŐFEJTARTÓ KJ 77

Jellemzők

- automatikus méréshatás- és időállandó-váltás,
- négy nagyságrend átfogása,
- automatikus mérőfej-átkapcsolás,
- nagy felületü mérőfejek,
- lin "log" vonaliró-kimenetek.

A készülék kidolgozásánál messzemenően figyelembe vettük az MTA Izotópintézetében folyó radioaktiv sugárforrásgyártás és -felhasználás méréstechnikai tapasztalatait.

A szemléletes és gyors kiértékelés céljából egy nagyságrendet átfogó analóg kijelzést alkalmaztunk,de mivel a felületi szennyezettség mérése során a számlálási sebesség gyakran több nagyságrendet is változhat, a méréstartomány és az időállandó automatikusan átkapcsolódik, nehogy a készüléket esetleg szennyezett kézzel kelljen érinteni. A kéz és a talp mérésére szolgáló mérőfejet közeledésjelzővel láttuk el, igy a készülék mindig a kivánt mérőfejre kapcsol át.

Kérje részletes ismertetőnket.

AZ MTA IZOTÓPINTÉZETE, BUDAPEST, PF. 77, 1525

Telex: 22-5360 Telefon: 166-547/235

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
IZOTÓP INTÉZETE
1525 Budapest Pf. 77 Telefon: 166-485 Telex: 225 360 izot h

DEZOXIRIBONUKLEOZID 5'-(α-^{32}P) TRIFOSZFÁTOK

Dezoxiadenozin 5'-(α-^{32}P)trifoszfát

Dezoxiguanozin 5'-(α-^{32}P) trifoszfát

Dezoxicitidin 5'-(α-^{32}P)trifoszfát

Timidin 5'-(α-^{32}P)trifoszfát

RIBONUKLEOZID 5'-(α-^{32}P)TRIFOSZFÁTOK

Adenozin 5'-(α-^{32}P)trifoszfát

Guanozin 5'-(α-^{32}P)trifoszfát

Uridin 5'-(α-^{32}P)trifoszfát

RIBONUKLEOZID 5'-(γ-^{32}P)TRIFOSZFÁTOK

Adenozin 5'-(γ-^{32}P)trifoszfát

Guanozin 5'-(γ-^{32}P)trifoszfát

CITIDIN 3',5'-[5'-^{32}P]BIFOSZFÁT

Legalább 13 TBq/mmol és 37-110 TBq/mmol fajlagos aktivitással kaphatók.

Enzimatikus uton készülnek. Radioaktiv koncentrációjuk 37 MBq/cm^3. Radionuklidos tisztaságuk jobb, mint 98%, radiokémiai tisztaságuk jobb, mint 95%. -18°-on tárolandók.

Száraz jéggel hütött konténerben szállitjuk.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA

309.024

AZ IZOTÓPTECHNIKA 1983. ÉVI TARTALOMJEGYZÉKE

1. szám

A nukleáris orvosi gyakorlatban használt ionizációs kamrás aktivitásmérő készülékek mérésügyi ellenőrzése
Szörényi Á., Vágvölgyi J. 1

MB 9100 szcintillációs kamera modulációs átviteli függvényeinek vizsgálata
Krasznai I., Kapus I. 11

Iontranszport tanulmányozása különféle talajfajtákban sugárabszorpciós módszerrel
Varró T., Gelencsér J. 18

Lakószobai radon- és bomlástermék-expozició meghatározása szilárdtest-nyomdetektorral
Paripás B., Somogyi Gy., Takács S. 26

Radonmérés a Hajnóczy-barlangban
Somogyi Gy., Varga Zs., Németh Gy., Pálfalvi J., Gerzson I. 38

^{14}C-triptofán szerveloszlása és a központi idegrendszerbe való beépülése sugárvédővel előkezelt és besugárzott patkányban
Bodó K., Benkő Gy. 53

Endogén formaldehid meghatározása emberi vérben és vizeletben dimedon-^{14}C radiometrikus eljárással
Szarvas T., Szatlóczky E., Volford J., Trézl L., Tyihák E., Rusznák I. 62

A VI. Kékestetői Izotópdiagnosztikai Szeminárium 70

2. szám

A paksi környezeti háttérszint helyszini felmérése
Németh I., Zombori P., Koblinger L., Andrási A., Deme S., Germán E., Kemenes L. 81

Oldhatatlan vagy nehezen oldható biológiai anyagok radioaktivitásának mérése égetéses módszerrel
Fehér L. 109

A balkamrai diszkinézis /aneurizma/ kimutatása nukleárkardiológiai módszerekkel
Mester J., Pávics L., Máté E., Gaál T., Csernay L. 115

Parametrikus képek előállitása a SUPER-SEGAMS-ban /Fázis- és amplitudóképek/
Máté E. 125

Gammakamera specifikációs paraméterei egyenletes és lokális impulzusterhelésnél
Keszthelyiné Lándori S., Adorjánné Farkas M., Csirik J. 133

Ischaemiás szivbetegek szivizomzatának perfuziós szcintigráfiája hazai cézium-131-kloriddal
Horváth M., Kármán M., Bábiczky T., Németh L., Törkő J. 144

A LABORATÓRIUMNAK

Élelmiszer ^{90}Sr-tartalmának számitása
Szabó S.A. 156

Egyszerü módszer RIA készlet PTK 1096-os számológéppel végzett értékelésére
Boóc A. 160

A Gamma Müvek uj sugárvédelmi müszerei
Tóth I-né, Sarkadi A. 166

RENDEZVÉNY

Sugárveszélyeztetettség a bányászatban
Soós K., Köteles Gy. 172

Magmágneses képalkotás
Horváth M. 180

KÖNYVISMERTETÉS

Nuclear Magnetic Resonance Imaging in Medicine /Hernády T./ 183

3. szám

A ^{99m}Tc gyártásának minőségellenőrzési tapasztalatai 1982-ben
Zsinka L., Boóc A., Kecskés F., Guba J. 185

Uj tipusu mintaszállitó rendszer automatikus gamma-spektrométerhez
Matuz S. 190

Transzfer függvény értelmezése és kiszámitása perfuziós vizsgálatokban
Nyitrai L. 197

A levegő radioaktivitása 100-250 kW-os kisérleti atomreaktorokban
Virágh E., E. Tschirf 215

RENDEZVÉNY

Sugárzástechnikai módszerek alkalmazása a mezőgazdaságban és élelmiszeriparban
Szabó S.A. 227

KÖNYVISMERTETÉS

Földiák G., Stenger V.: Kisérleti és ipari gamma-besugárzó berendezések és alkalmazásuk /Uchrin Gy./ 229

4. szám

A glomeruláris filtráció mérése röntgenfluoreszcens módszerrel
Molnár Gy., Krasznai I. 231

^{99m}Tc radiofarmakont felhasználók helyi sugárterhelése
Uchrin Gy., Lőrinczy E., U.Kelecsényi S. 236

A hazai gyártmányu 3,3'-dijódtironin RIA készlettel szerzett klinikai tapasztalatok
Gyertyánfy G., Földes J., Tóth G., Dévényi N. 251

Nukleáris mérőrendszerek kimutatási határának függése a γ-háttértől
Segesváry G., Bódizs D., Gimesi O. 258

KÖNYVISMERTETÉS

Operational Radiation Safety - Training, NCRP Report No 71 /Biró T./ 269

SZERZŐI NÉVMUTATÓ

A	Adorjánné Farkas M.	2	133
	Andrási A.	2	81
B	Bábiczky T.	2	144
	Benkő Gy.	1	53
	Bódizs D.	4	258
	Bodó K.	1	53
	Boóc A.	2	160
		3	185
Cs	Csernay L.	2	115
	Csirik	2	133
D	Deme S.	2	81
	Dévényi N.	4	251
F	Farkas M.	2	133
	Fehér L.	2	109
	Földes J.	4	251
G,	Gaál T.	2	115
Gy	Gelencsér J.	1	18
	Germán E.	2	81
	Gerzson I.	1	38
	Gimesi O.	4	258
	Guba J.	3	185
	Gyertyánfy G.	4	251
H	Horváth M.	2	144
			180
K	Kapus I.	1	11
	Kármán M.	2	144
	Kecskés F.	3	185
	Kemenes L.	2	81
	Keszthelyi Lándori S.	2	133
	Koblinger L.	2	81
	Köteles Gy.	2	172
	Krasznai I.	1	11
		4	231
L	Lőrinczy E.	4	236
M	Matuz S.	3	190
	Máté E.	2	115
			125
	Mester J.	2	115
	Molnár Gy.	4	231
N,	Németh Gy.	1	38
Ny	Németh I.	2	81
	Németh L.	2	144
	Nyitrai L.	3	197
P	Paripás B.	1	26
	Pálfalvi J.	1	38
	Pávics L.	2	115
R	Rusznák I.	1	62
S	Sarkadi A.	2	166
	Segesváry G.	4	258
	Somogyi Gy.	1	26
			38
	Soós K.	2	172
Sz	Szabó S.A.	2	156
		3	227
	Szarvas T.	1	62
	Szatlóczky E.	1	62
	Szörényi Á.	1	1
T,	Takács S.	1	26
Ty	Tóth G.	4	251
	Tóth I-né	2	166
	Törkő J.	2	144
	Trézl L.	1	62
	Tschirf, E.	3	215
	Tyihák E.	1	62
U	Uchrin Gy.	4	236
	U.Kelecsényi S.	4	236
V	Varga Zs.	1	38
	Varró T.	1	18
	Vágvölgyi J.	1	1
	Virágh E.	3	215
	Volford J.	1	62
Z,	Zombori P.	2	81
Zs	Zsinka L.	3	185