JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA RADIOLOŠKU ZAŠTITU

ZBORNIK RADOVA
IV JUGOSLOVENSKOG SIMPOZIJUMA O RADIOLOŠKOJ ZAŠTITI
I

BAŠKO POLJE
28—30 maj 1969

JUGOSLOVENSKO DRUŠTVO ZA RADIOLOŠKU ZAŠTITU

ZBORNIK RADOVA
IV JUGOSLOVENSKOG SIMPOZIJUMA O RADIOLOŠKOJ ZAŠTITI
I

BAŠKO POLJE
28 — 30 maj 1969

Organizacioni odbor:

Panov dr Dušan, predsednik
Magarašević prof. dr Mileta
Kostijal prof. dr Krista
Novak prof. dr Josip
Ignjatović Slobodan, spec. n. fiz
Ristić Đorđe, dipl. ing.
Kristan dr Janez
Jokić doc. dr Jovan
Simić Bora, dipl. ing.
Stojanović dr Dragoslav
Sterle prof. Marjan
Deanović dr Živan

Sekretarijat:

Radovanović Radoslav, dipl. fiz.
Novak mr. ph. Ljiljana
Jeremić dr Miodrag

Tehnička organizacija

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu »Dr Dragomir Karajović« — Beograd

S A D R Ž A J

Strana

OPŠTI PROBLEMI ZAŠTITE I PROPISI

1. NAUČNO-TEHNIČKE INFORMACIJE I RADIOLOŠKA ZAŠTITA
Jevremović-Vladiković V. 1

2. STRUČNA SPREMA MEDICINSKOG OSOBLJA NA RADU SA DIJAGNOSTIČKIM RENDGEN-APARATIMA
Magaraševič M., Ojdanić Z. 9

3. OBUKA KADROVA U RUKOVANJU RADIOAKTIVNIM MATERIJALOM I U ZAŠTITI OD IZVORA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA
Djurić O., Melovski Lj. 17

4. ŠKOLOVANJE SREDNJIH MEDICINSKIH KADROVA ZA RAD U MEDICINSKIM RENDGEN KABINETIMA
Rosić S., Todorović S. 23

5. PRIMENA VAŽEĆIH PROPISA U RENDGEN KABINETIMA
Rosić S., Božanić J. 27

HIGIJENSKO-TEHNIČKA I ZDRAVSTVENA ZAŠTITA OD JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

1. REZULTATI SISTEMATSKIH PREGLEDA ORGANA VIDA U OSOBA HRONIČNO IZLOŽENIH DEJSTVU X ZRAČENJA
Savić S., Jeremić M. 33

2. OBAVEZE I ZADACI ZDRAVSTVENE I SANITETSKE SLUŽBE NA SPROVODJENJU MERA MEDICINSKE RADIOLOŠKE ZAŠTITE U VANREDNIM USLOVIMA
Pejušković B. 41

3. USLOVI RADA, EKSPOZICIJA ZRAČENJU I ZDRAVSTVENO STANJE LICA KOJA RADE NA RENDGEN APARATIMA
Pejušković B., Poljak B., Nikolić O., Zlatić V. 47

Strana

4. RADIOLOŠKA ZAŠTITA PRI REAKTORJU TRIGA MARK II
Gabrovšek Z., Kristan J., Mibelžič B. 55

5. DOZE ZRAČENJA I ZAŠTITA PACIJENTA PRI GRAFIJI ZUBA
Tomašević M. 62

6. RADIOPROTEKTIVNA SVOJSTVA NEKIH ORGANSKIH POLIMERA KOJI SLUŽE KAO OMOTAČI ZA PREHRAMBENE PROIZVODE
Stanković S., Veljković S. 70

7. IZRAČUNAVANJE IONIZIRAJOČEGA SEVANJA IN POTREBNE ZAŠČITE PRED IONIZIRAJOČIM SEVANJEM BETATRONOV
Grgič M., Kristan J. 78

8. OZRAČENJE GONADA KOD TERAPIJE BOLESNIKA NA TELEKOBALT UREDJAJU
Konstantinović M., Voskresenski J., Bistrović M. 86

9. INTEGRALNO OZRAČENJE PACIJENTA PODVRGNUTOG TELEGAMA TERAPIJI NA Co-60 UREDJAJU "JUPITER JUNIOR"
Bistrović M., Konstantinović M., Kranjec M. 91

10. HIGIENO TEHNIČKI RADNI USLOVI U ZONI X ZRAČENJA I ZDRAVSTVENO STANJE OSOBLJA U SR MAKEDONIJI
Teodosievski G., Zafirov P., Kalendarov Z., Petreski B. 99

11. PREGLED ZAŠTITE DIJAGNOSTIČKIH RENDGEN APARATA
Cerovac H., Benčak Z., Hufnus R. 107

12. PROVJERA ZAŠTITE KOD ZATVORENIH IZVORA
Cerovac H., Benčak Z.,Hufnus R. 110

13. ZAŠTITA PACIJENATA PRI PRIMJENI IZVORA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA U MEDICINI
Božanić J. 115

Strana

14. VRUĆE ĆELIJE ZA ISPITIVANJA GORIVNIH ELEMENATA UO_2 POSLE OZRAČIVANJA
USLOVI ZAŠTITE PRI PROJEKTOVANJU VRUĆIH ĆELIJA
Pavlović A., Dević J., Mihailović K. 119

RADIOTOKSIKOLOGIJA

1. RESORPCIJA RADIOCEZIJUMA PREKO SLUZOKOŽE USNE DUPLJE I MOGUĆNOSTI DEKONTAMINACIJE
Stojanović D., Milivojević K. 127

2. UTICAJ DEKONTAMINACIONOG TRETMANA NA PERKUTANU RESORPCIJU RADIOCEZIJUMA
Milivojević K., Stojanović D. 133

3. SINTETSKE I PRIRODNE TVARI POGODNE ZA SNIŽENJE RETENCIJE RADIOAKTIVNOG STRONCIJUMA U TIJELU
Škarić V., Turjak-Zebić V., Škarić Dj., Kostijal K., Maljković T., Gruden N. 139

4. UTJECAJ ALGINATA NA TRANSPORT STRONCIJA KROZ DUODENUM
Gruden N. 148

5. MOBILIZACIJA RADIOAKTIVNOG STRONCIJA IZ SKELETA U LAKTACIJI
Momčilović B., Duraković A., Kostial K. 154

6. MOGUĆNOSTI SNIŽENJA APSORPCIJE RADIOSTRONCIJA IZ PROBAVNOG TRAKTA VRLO MLADIH ORGANIZAMA
Juvančić V., Kostial K., Pišonić M. 160

7. TERAPIJA AKUTNE ORALNE KONTAMINACIJE RADIOSTRONCIJEM
Maljković T., Kostial K. 166

8. RESORPCIJA CEZIJUMA-137 KROZ MEHANIČKI POVREDJENU KOŽU I NJEGOV UTICAJ NA RESTAURACIONE PROCESE
Stajić J., Milovanović A., Milivojević K., Stojanović D., Djukić Z. 172

Strana

9. OLOVO-210, RADIJUM-226 I STRONCIJUM-90 U ŽIVOTINJSKIM I LJUDSKIM KOSTIMA
Moračić Lj, Vukotić M., Brnović R. 178

10. ODREDJIVANJE Sr-90 U MLIJEKU IONSKOIZMENJIVAČKOM METODOM
Picer M., Filipović V. 184

11. RADIOAKTIVNA KONTAMINACIJA LJUDSKIH KOSTIJU SA Sr-90 U SARAJEVU I OKOLICI
Čustović F. 192

12. FAKTORI DISKRIMINACIJE Sr-90/Ca U ZUBIMA U ODNOSU NA SADRŽAJ Sr-90 U VODI ZA PIĆE
Čustović F., Topić B. 200

13. PREIMUĆSTVA PRIMENE ALFA SPEKTROMETRIJSKE METODE SA POLUPROVODNIČKIM DETEKTOROM U ODNOSU NA JONIZACIONU KOMORU U RADIOTOKSIKOLOGIJI
Radovanović R., Hajduković D. 208

14. MOGUĆNOST MERENJA NISKIH I VISOKIH DOZA TERMOLUMINISCENTNIM DOZIMETRIMA
Petrović D. 216

15. PROCENA TELESNOG DEPOA Ra-226 NA OSNOVU MERENJA CELOG TELA /W.B.C./ I PREKO Rn-222 U IZDAHNUTOM VAZDUHU
Petrović D., Jeremić M., Panov D., Novak Lj., Ranković M. 223

16. METODA ZA MERENJE NISKIH KONCENTRACIJA Rn-222
Petrović D., Panov D. 233

17. REZULTATI UPOREDNOG PRAĆENJA KONCENTRACIJE URANA U RADNOJ ATMOSFERI I U URINU RADNIKA PRI PRERADI URANA
Pantelić Lj., Lazić M., Jeremić M. 239

Strana

RADIOPATOLOGIJA

1. OŠTEĆENJA PLUĆNOG PARENHIMA IZA PRIMJENE POSTOPERATIVNE TELEKOBALT-TERAPIJE KOD KARCINOMA MAME
Kubović M., Jakaša Dj., Bistrović M. 246

2. BRANHITERAPIJA SA RADIJUMOM; PROBLEMI RADIOLOŠKE ZAŠTITE I MOGUĆNOST ZAMENE RADIJUMA SA RADIOAKTIVNIM KOBALTOM /Co-60/
Vujnić V., Merkaš Z. 254

3. POSKUSI NA ŽIVALIH V ZVEZI Z OBSEVANJEM V SE KOŽE Z NEFILTRIRANIMI MEHKIMI RENTGENSKIMI ŽARKI
Betetto M. 260

4. PROFESIONALNA OŠTEĆENJA KOŽE U LICA IZLOŽENIH DEJSTVU JONIZUJUĆIH ZRAČENJA
Jeremić M., Kilibarda M. 266

5. DOZE KOJE DOBIJU GONADE PACIJENATA USLED DIJAGNOSTIČKE UPOTREBE X-ZRAKA U SLOVENIJI
Mihailović M., Pavlič M., Mihailović M.V., Klanjšček G. 274

DEKONTAMINACIJA MATERIJALA I OPREME

1. ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI UPOTREBE MAŠINE ZA HEMIJSKO ČIŠĆENJE ODEĆE "INOX D-24" ZA DEKONTAMINACIJU TEKSTILNIH TKANINA KONTAMINIRANIH ČESTICAMA RADIOAKTIVNIH PADAVINA
Matijašić A., Stojanović B., Blagojević R., Zarić M. 294

2. RADIOLOŠKA DEKONTAMINACIJA ODEĆE PROCESOM MAŠINSKOG PRANJA
Mijović D., Jelić Lj., Božović R., Ristić M., Cavrić I. 298

3. KONTAMINABILNOST GUMIRANIH PLATNA I NJIHOVA RADIOLOŠKA DEKONTAMINACIJA
Ristić M. 306

Strana

4. DEKONTAMINACIJA RADIOAKTIVNIH EFLUENTOV
Pirš M. 314

5. RAZVOJ KOMBINOVANOG POSTUPKA ZA UKLANJANJE NEKIH FISIONIH PRODUKATA IZ RADIOAKTIVNIH EFLUENATA
Švabić., Knežević Lj. 322

6. KONTAMINACIJA ALUMINIJUMA SA Co-60 U VODENIM RASTVORIMA
Zarić M., Jelić Lj., Matijašić A. 328

7. DEKONTAMINACIJA ALUMINIJUMA NERDJAJUĆEG ČELIKA I SPREGA ALUMINIJUM-NERDJAJUĆI ČELIK U NEKIM RASTVORIMA ZA DEKONTAMINACIJU
Zarić M., Jelić Lj., Matijašić A. 334

8. MATERIJE ZA RADIOLOŠKU DEKONTAMINACIJU POVRŠINA RASTVORNE U MORSKOJ VODI
Jelić Lj., Božović R. 342

NAUČNO-TEHNIČKE INFORMACIJE I RADIOLOŠKA ZAŠTITA

V.JEVREMOVIĆ-VLADIKOVIĆ,dipl.ing.

Institut za naučno-tehničku dokumentaciju i informacije, Beograd

U oblasti radiološke zaštite,kao i u mnogim oblastima nauke i tehnike,postoji neophodnost za pravovremeno dobijanje brze, egzaktne i dovoljno potpune informacije.Od niza faktora koji odredjuju informacione potrebe korisnika informacija u ovoj širokoj oblasti najvažniji su sledeći:brzi kvantitativni porast naučno-tehničke literature,ubrzanje procesa primene naučno-tehničkih otkrića, povećanje broja interdisciplinarnih problema,diferencijacija nauke, porast broja naučno-tehničkog kadra,kao i nesavršenost sistema za traženje informacija.Pitanja:ko,kako i kada zadovoljava informacione potrebe naučnika i stručnjaka treba da se reše kroz stvaranje savremenog informacionog sistema.Data su dosadašnja iskustva Instituta za naučno-tehničku dokumentaciju i informacije,Beograd,iz odnosa:informacije-radiološka zaštita.

Do pre pedesetak godina količina informacija u oblasti radiološke zaštite sa kojima je korisnik operisao bila je dovoljno mala,tako da je još bilo moguće da ista ličnost bude i naučnik,stručnjak i sintetičar.Ali danas je situacija sasvim različita,naročito u složenim naukama,jer postojećem "fondu" znanja naučnici ubrzano dodaju nova znanja.

Poslednjih godina naučno-tehnička javnost počela je sa ozbiljnom zabrinutošću da razmišlja o lavini naučnih i stručnih informacija.Usled ogromnog porasta broja informacija prekomerno je opterećen unutrašnji sistem komunikacija,te su nauka i tehnika u opasnosti da se izdele na veliki broj medjusobno nepovezanih specijalnosti. Ovo stanje nije prirodno,jer upravo razvoj nauke briše granice medju specijalnostima,a nije ni poželjno,pošto smanjuje njenu efikasnost.

Pri razmatranju problema vezanin za informacione potrebe korisnika informacija u oblasti radiološke zaštite pre svega se postavlja pitanje:"Šta se pod pojmom informaciona potreba korisnika podrazumeva?".Može se reći da se pod ovim pojmom podrazumeva neopnodnost pravovremenog dobijanja brze,egzaktne i dovoljno potpune informacije.

Od niza faktora koji odredjuju informacione potrebe korisnika informacija najvažniji su sledeći:

- Brzi kvantitativni porast naučno-tenničke literature. Prema orijentacionim podacima danas u svetu izlazi 35.000(±10 %) periodičnin izdanja u oblasti nauke i tennike u kojima se godišnje donosi na oko 65 jezika od 1,6 do 2,0 miliona članaka.U svetu,takodje izlazi godišnje oko 100.000 novin naučno-tenničkin knjiga,oko 320.000 patenata i 700.000 naučno-tenničkin izveštaja.

Broj publikacija produžava i dalje brzo da raste.U tabeli 1 prikazan je tempo ovog porasta u nekim oblastima nauke.

Tabela 1

Grana	Period merenja	Godišnji prirast,%	Orijentacioni broj publikacija do početka prvog merenja
Hemija	1807-1966	6,70	-
Fizika	1903-1964	3,73	41.000
Biologija	1927-1964	4,39	307.000
Psinologija	1927-1964	2,90	124.000

- Ubrzanje procesa primene naučno-tenničkin otkrića.Za savremenu etapu razvoja nauke i tennike karakteristično je neprekidno ubrzanje tempa uvodjenja njinovin dostignuća u praksu.Od vremena odgovarajućin naučnin otkrića do uvodjenja njinovih rezultata u praksu prošlo je:

-118 godina za fotografiju (1727-1839 g.),

- 56 godina za telefon (1820-1876 g.),

- 35 godina za radio (1867-1902 g.),

- 12 godina za televiziju (1922-1934 g.),

- 6 godina za tranzistor (1948-1953 g.),

- 3 godine za integralne sheme (1958-1961 g.).

Danas se smatra da u realizaciji proizvodnog procesa nije ispred drugih ona zemlja koja prva stvori novo naučno otkriće,već ona koja može bolje da organizuje njegovo brže korišćenje u praksi.

- Povećanje broja interdisciplinarnih problema.Problem prenošenja informacija u slučaju interdisciplinarnih problema nema iste dimenzije za dve kategorije korisnika-naučnika i inženjera.Naučnik,uglavnom(u svetu) nije vezan ugovorom,rokom i obimom istraživačkog rada,te uvek može da suzi obim svog interesovanja,ako je informisanje u nekoj oblasti suviše teško.Inženjer,medjutim,ne može da obim svog interesovanja odredjuje prema mogućnostima informacione službe i ne može da ignoriše probleme koji ne spadaju u njegovu specijalnost.

- Diferencijacija nauke utiče na to da stručnjaci raznih grana nauke i tehnike u sve većem stepenu prestaju da razumevaju jedan drugog.U vezi sa tim naročito velike teškoće imaju stručnjaci koji se bave rešavanjem mnogobrojnih interdisciplinarnih problema.

- Porast broja naučno-tehničkog kadra.Danas se naučnim istraživanjima u svetu bavi više od dva miliona ljudi,što iznosi 90 % od ukupnog broja naučnih radnika i inženjera koji su dosada živeli u svetu.Jedan od važnih uzroka pojave informacione krize je taj što danas u sferi nauke i tehnike učestvuje sve veći deo društva.Ovo ilustruje primer da je u 1914 g.ukupan broj naučnika Rusije iznosio 11.600,a krajem 1967 g.njinov broj je povećan na 769.000,tj. povećao se za skoro 70 puta.

- Nesavršenost sistema za traženje informacija.U cilju

radikalnog rešenja isključivo važnog i teškog problema traženja informacija u toku poslednjih deset godina počeli su da se stvaraju informaciono-istraživački sistemi,zasnovani na korišćenju novih naučno-tehničkih dostignuća.Naprimer,u 1960 g.u SAD bilo je proizvedeno opreme za brzo traženje informacija za svega 2-3 miliona dolara,a već u 1965 g.za 100 miliona dolara.No,i pored pojave novih metoda i sredstava obrade,traženja i diseminacije informacija,danas još uvek korisnici ne mogu brzo i efikasno da zadovolje svoje informacione potrebe baš zbog nesavršenosti ovih sistema.Oseća se kriza u masovnijoj razradi i primeni,kako novih metoda,tako i same opreme,a ovaj problem je još eklatantniji u malim zemljama.

Pre no što bi se prišlo projektovanju informacionog sistema potrebno je izvršiti klasifikaciju korisnika informacija u njemu. U svetu se korisnici informacija dele različito:u zavisnosti od naučnog stepena ili obrazovanja na grupe naučnih saradnika,mladih stručnjaka,studenata,laboranata sa srednjim i višim obrazovanjem.Ova podela uslovljena je profilom i strukturom institucije koja se bavi uskim pitanjima istraživanja,gde je podelu po karakteru rada i specijalizaciji skoro nemoguće sprovesti;po sadržini rada i tipu naučno-istraživačke institucije - saradnici naučno-istraživačkih institucija koji se bave fundamentalnim istraživanjima,saradnici istraživačkih institucija koji se bave primenjenim istraživanjima,saradnici u velikim industrijama.Analizirajući potrebe stručnjaka nemičara R.Gender predlaže podelu stručnjaka po karakteru njihove delatnosti na:hemičare istraživačkih institucija;hemičare komercijalnih firmi;hemičare-stručnjake za patente;hemičare-predavače.

Interesantan je drugi deo predložene podele stručnjaka kod Gendera prema uskoj specijalnosti:nemičari-stručnjaci za analitičku hemiju;nemičari-stručnjaci za organsku hemiju;nemičari-stručnjaci za plastične mase,itd.

Grupisanje stručnjaka koje je predložio R.Maizell na "najmanje stvaralačke,srednje i najviše stvaralačke"-interesantno je, no neprihvatljivo u realnim uslovima.

Danas se još uvek koriste tradicionalne metode i načini ispitivanja informacionih potreba korisnika-anketa,intervju,ali su neophodne analitičke i programske metode.

Informacije i u oblasti radiološke zaštite,kao i u drugim oblastima,mogu se prikupljati slučajno,stihijski i neredovno,ili sistematski,redovno i po unapred razradjenom planu.U savremenom svetu tako važna stvar kao što su informacije ne prepuštaju se stihiji i slučajnostima.

Sistem informacija u jednoj ili više oblasti je metodološki i planski organizovano prikupljanje,sredjivanje,obradjivanje i diseminacija informacija.Pri izgradnji sistema informacija javljaju se odredjeni problemi:

- tehnički problemi prenošenja informacija,
- semantički problemi-problemi sadržine informacija,
- problemi efektivnosti-kako postići da informacija koju je korisnik primio izazove promenu stanja.

Jasno je da je ova problematika veoma složena,obuhvatajući naučno-tehničke,organizacione i druge probleme,sa značajnim ekonomskim implikacijama.

Kod nas u oblasti radiološke zaštite sistem informacija ne postoji i to stvara velike teškoće onima koji se neposredno bave njenom problematikom ili im je ta oblast marginalna.Svakako da se informacije na neki način dobijaju,stvaraju i prenose i danas, ali ono što je osnovno-sistema nema.Ne ulazeći u to da sada tražimo krivca za situaciju koja već godinama traje,postavlja se pitanje koliko se zaostaje u razvoju baš zbog nedobijanja prave informacije u pravo vreme.Kod nas se još ne zna ko zadovoljava potrebu ko-

snika za informacijama(koja institucija,kakav kadar);kako zado-
ljiti potrebu(na savremen ili klasičan način,imajući u vidu da
. danas često nazivamo savremenim nešto što je kod drugih već kla-
čno);kada će potreba biti zadovoljena(rokovi) i dr.

Za problem radiološke zaštite kod nas zainteresovani su
ogi i mnogi se njome bave.Ali svi oni koji se bave istraživanjem
razvojem - naučno-istraživačke institucije,akademske i industrij-
e istraživačke ustanove,naučna i tehnička društva,državni orga-
,nadležni za nauku,tehniku,privredu i armiju - treba da prihvate
govornost za prikupljanje,obradu i prenos informacija u istoj me-
. i u istom duhu kao što prihvataju odgovornost za istraživanje i
zvoj.

U oblasti radiološke zaštite po pitanju naučno-tehničkih
formacija uspostavljena je pre četiri godine saradnja izmedju
instituta za naučno-tehničku dokumentaciju i informacije,Instituta
nuklearne nauke "Boris Kidrič" u Vinči,Uprave za civilnu zašti-
DSNO,a u tu saradnju se uključuju Institut za tehničko-medicin-
u zaštitu,Institut za inžinjerijske i zaštitne konstrukcije,Ško-
za civilnu odbranu,Industrija "Miloje Zakić"-Kruševac i dr.

Sadržina i forma ove saradnje kreću se od razmene primar-
h i sekundarnih publikacija i drugih dokumenata,preko bibliograf-
kih informacija(do sada je izradjeno oko 40 bibliografskih infor-
acija) do izrade naučno-tehničkih informacija i studija,kao najvi-
eg oblika informisanja korisnika.Od 1965 g.do danas uradjeno je
ko 30 naučno-tehničkih informacija i studija u kojima je tretira-
a problematika kontaminacije i dekontaminacije radioaktivnih voda,
ovršina,aparata,uredjaja,odeće,hrane,zatim transporta radioaktivnog
aterijala,tretmana čvrstih radioaktivnih otpadaka,zaštite od gama
račenja,ponašanja gradjevinskih objekata i urbanih celina u uslo-
ima nuklearne eksplozije,radiološke detekcije i dozimetrije.Obra-
jena su i pitanja dejstva jonizujućeg zračenja i zaštite nemijskim

sredstvima,interne kontaminacije i dekontaminacije,evakuacije st
novništva,projektovanja i izgradnje skloništa,organizacije civiln
zaštute u svetu,itd.itd.

I u 1969 g.predvidjena je izrada izvesnog broja naučno-
tehničkin informacija i studija iz problematike zaštite,ali time
ne obuhvataju mnoga interesantna područja,za čiju obradu postoji
potreba i mogućnost.

Da se stvori informacioni sistem u ovoj oblasti potrebn
je formirati jednu naučno-tehničku informacionu službu koja bi o-
buhvatila šire naučno i stručno područje radiološke zaštite i mar-
ginalne oblasti.Njeni saradnici i korisnici - osnivači bile bi or-
ganizacije koje se bave ovom problematikom.Osnivanjem takve služb
postiglo bi se organizovano i sistematsko praćenje naučno-tehničk
dostignuća,optimalni izbor informacija,organizovanje medjusobne r
mene dokumenata fondova naučne i tehničke dokumentacije,eventualn
uvodjenje menanizacije i automatizacije u deponovanju i traženju
informacija,kao i mikrofilm-tehnike,izrada studija po pojedinim p
blemima,i kao najvažnije,usmereno kretanje informacija.

Kao neka vrsta modela za ovo može da posluži primer n u
no-tehničke informacione službe NATIS - sekcija za elektrotehniku
i energetiku,čiji su osnivači Institut za naučno-tehničku dokumen
taciju i informacije,Energoprojekt,Institut "Boris Kidrič" u Vinč
nekoliko institucija iz oblasti elektrotehnike,a saradnja će se p
širiti i sa fakultetima.

Potrebno je da merodavni faktori u našoj zemlji,koji do
nas nisu uspeli da organizacioni i finansijski reše pitanje infor-
macione delatnosti,shvate da naučne i tehničke informacije predst
ljaju životni fluid napretka u jednoj zemlji,a da mi u ovom pogle
daleko zaostajemo u odnosu na druge zemlje,čak i one slične nama.

Summary

In the field of radiological protection, like in many other fields of science and technology, it is important to get timely good, exact and complete informations. Among many factors that determine the need for informations of users, the most important are: the great number of scientific-technical literature, the acceleration of the scientific-technical discoveries application, the differentiation of science, the increasing number of the scientific-technical staff, as well as the unperfectness of the information retrieval systems. The questions: who, how and when suffices the need for informations of scientists and specialists, have to be solved through the creation of a modern informational system. In this paper the information on collecting activity of the Institute of scientific-technical documentation and information in the field of radiological protection is given.

Bibliografija

1. MIHAJLOV, A.I., ČERNYJ, A.I., GILJEREVSKIJ, R.S., OSNOVY INFORMATIKI, (1968), Izd. "Nauka", Moskva
2. OŽE, P., SAVREMENE TENDENCIJE U NAUČNIM ISTRAŽIVANJIMA, (1963), UNESCO, Paris
3. COBLANS, H., SCIENCE, GOVERNMENT AND INFORMATION, Journal of Documentation, 20, 1, (1964)
4. TOMAN, I., DIE VERSCHIDENEN KATEGORIEN VON INFORMATIONVERBRAUCHERN UND IHR INFORMATIONBEDARF, Nachrichten für Dokumentation, 15, 4, 170(1964)
5. AIMS, A., SURVEY OF INFORMATION NEEDS OF PHYSICISTS AND CHEMISTS, Journal of Documentation, 21, 2, 83(1965)
6. GENDER, R., MAKE THE LITERATURE YOUR SERVANT, Chem. and Eng. News, 39, 2(1961)
7. MAIZELL, R., INFORMATION GATHERING PATTERNS CREATIVITY, American Documentation, XI, 1, 9(1960)
8. L'HERMITE, R., QUE DEMANDENT LES CHERCHEURS?, L'expansion de la recherche scientifique, 18, 14(1963)

STRUČNA SPREMA MEDICINSKOG OSOBLJA NA RADU SA DIJAGNOSTIČKIM RENDEN-APARATIMA

MAGARAŠEVIĆ M. i OJDANIĆ Z.

Rendgenološko odeljenje Gradske bolnice Beograd
Načelnik Prof.Dr.Mileta Magarašević

Autori daju podatke o broju lekara u SFRJ koji se bave pojedinim oblastima rendgendijagnostike, a nisu dopunski osposobljeni za rad sa x-zracima. Izlažu svoja opažanja i merenja najvažnijih parametara koji ulaze u kalkulacije iradijacionih doza i diskutuju o nepovoljnim reperkusijama rada lekara ne-radiologa na sve iradijacione doze. U tom kontekstu ističu značaj i nedovoljne stručne spreme srednjeg kadra.

Predlažu da se lekari, koji u okviru svojih specijalnosti primenjuju pojedine rendgendijagnostičke metode, osposobe za rad sa rendgen-aparatima u cilju sopstvene zaštite i zaštite pacijenta.

Uvod.

U razmatranju dejstva pojedinih faktora koji učestvuju u formiranju veličina iradijacionih doza, individualno primljenih /od strane bolesnika i profesionalno ozračenih/ i doza na populaciju od dijagnostičke primene rendgen-zračenja, kvalifikaciona struktura osoblja koje rukuje opremom zaslužuje pažnju posebne analize iz tri osnovna razloga:

1. Upućenost u probleme zaštite osoblja koje primenjuje rendgen-dijagnostiku i izvežbanost u rukovanju aparatima, odražava se na visinu vrednosti svih iradijacionih doza. Veličina doze zavisi od fizičkih i geometrijskih parametara koji formiraju doze, a naročito od broja i dužine ekspozicije, zapremnine tkiva uključenog u primarni zračni snop, površine ozračenog polja, intenziteta i prodornosti zrakova, primenjene tehnike i ličnih zaštitnih sredstava.

2. Kada se procenjuje rizik od zračnog oštećenja populacije treba imati u vidu da on zavisi od osoblja koje rukuje izvorom, čija je primena u strukturi dodatnog zračenja na populaciju zastupljena sa preko 4/5 ukupne doze svih veštačkih izvora.

3. Dijagnostički rendgen-aparat je najstariji i najviše

upotrebljavan član porodice veštačkih izvora ozračenja. Danas na njemu radi više od 4/5 svih zaposlenih u sferi jonizujućeg zračenja. Stalno povećavanje broja pregleda i uvodjenje novih metoda, odražava se tendencijom povećavanja vrednosti svih iradijacionih doza, bez obzira na konstrukciona usavršavanja opreme i bolju zaštitu.

Ove činjenice ističu ne samo značaj dijagnostičkog rendgen aparata već i kvalifikacije osoblja koje njime rukuje za genetski, somatski i profesionalni rizik i ukazuju na praktične mogućnosti redukcije primljenih doza na svim posmatranim nivoima.

U zaključcima iscrpnih studija Adrijanovog komiteta koji je proučavao opasnost po stanovništvo Velike Britanije od medicinske primene jonizujućeg zračenja, istaknut je radiolog, odnosno osoblje koje primenjuje zračenje, kao najvažniji faktor od koga zavisi veličina primljene doze. Naše posmatranja i iskustva u potpunosti su saglasna sa ovakvim zaključkom. Radi se o subjektu koji kao veoma varijabilan faktor menja sve parametre što ulaze u kalkulacije doza, u širokom dijapazonu od optimalnih do krajnje nepovoljnih i štetnih. Adekvatne kvalifikacije i rutinska izvežbanost osoblja smanjuju širinu mogućnih varijacija na približno konstantne i povoljne parametre, mada je subjektivni faktor i dalje prisutan.

Cilj našeg izlaganja je da pokrenemo diskusiju o ovim problemima i bolje osvetlimo nepovoljan odnos kvalifikacija osoblja i visine vrednosti iradijacionih doza, kao i da ukažemo na potrebu preduzimanja mera koje bi u krajnjoj instanci vodile ka smanjenju doza na populaciju, bolesnike i osoblje.

Diskusija.

Za ilustraciju sadašnjeg stanja kvalifikacione strukture osoblja koje rukuje dijagnostičkim rendgen-aparatima, poslužili smo se statističkim podatcima Saveznog zavoda za narodno zdravlje za 1967 godinu. U tabelama I, II i III dajemo vrstu i broj lekara specijalista, za koje se pouzdano može tvrditi da samostalno rukuju dijagnostičkim aparatima, kvalifikaciju i broj srednjeg medicinskog kadra /tehničara/ i vrstu i broj rendgen-aparata u upotrebi.

U tab. I nisu uzeti u obzir lekari na specijalizaciji. Isto tako da stomatologe treba izuzeti iz razmatranja pošto primenjuju zračenje niskih energija, sa neznatnim doprinosima dozama

iz ove oblasti. Svakako da jedan broj lekara opšte prakse i drugih specijalnosti koristi rendgen-aparat u dijagnostici, ali kako se taj broj ne može tačno da utvrdi,i ovu grupu lekara ne uzimamo u obzir, mada je sasvim mogućna pretpostavka, da se radi o broju koji premašuje 1.000.

TAB.br. I

PREGLED LEKARSKOG KADRA U SFRJ ZA 1967 GOD.

Naziv specijalnosti	ukupno
Radiologa	325
Ftiziologa	653
Ortopeda	173
Urologa	55
Neurohirurga	18
Torakalnih hirurga	11
Stomatologa	2145
Ostale specijalnosti i lekari opšte prakse	16607
SVEGA	19987

TAB.br. II

PREGLED KVALIFIKACIJA RENDGEN-TEHNIČARA U SFRJ ZA 1967 GOD.

Sa srednjom stručnom spremom	473
Sa višom stručnom spremom	193
SVEGA	666

TAB. br. III

PREGLED DIJAGNOSTIČKIH REKDEN-APARATA U UPOTREBI ZA SFRJ U 1967 GOD.

Zubarskih	793
Fluorografa i za minijaturne radiofotografije	106
Svi ostali dijagnostički aparati	2464

Prema tome, mi računamo samo sa onim specijalistima koji primenjuju rendgen-zračenje u dijagnostici, a nemaju posebnih kvalifikacija za rad sa rendgenom. Njih je bilo u 1967 godini 910 prema 325 radiologa, ili 2,8:1. Ovaj odnos neosporno predstavlja i pokazatelj rizika kojim se povećava doprinos svim iradijacionim dozama.

Tabele II i III ilustruju veliki nedostatak rendgen-tehničara. Na ukupan broj od 666 sa srednjom i višom stručnom spremom, možemo očekivati petostruko veći broj osoba koje obavljaju poslove tehničara, prema koeficijentima iz tabele I i III. Odnos upućenih u problematiku zaštite prema neupućenima, na nivou srednjeg i višeg kadra, iznosi najmanje 1:4.

Broj izvršenih pregleda u jednoj godini, kao najvažniji parametar individualno primljenih doza i doza na populaciju, osvetljava istovremeno povećanje i ostalih parametara u kalkulaciji doza zbog rada lekara ne-radiologa i nekvalifikovanih "tehničara". U tabelama IV i V prikazano je stanje u 1967 godini za radiološko-dijagnostičku i antituberkuloznu službu, prema statistici Saveznog zavoda za narodno zdravlje.

TAB. br. IV

RENDGENOLOŠKI PREGLEDI U AMBULANTNO-POLIKLINIČKIM I STACIONARNIM USTANOVAMA SFRJ U 1967 GOD.
/učinak rendgenologa/

Teritorija	Broj pregleda
Bosna i Hercegovina	161.820
Crna Gora	15.376
Hrvatska	263.591
Makedonija	298.393
Slovenija	37.278
Srbija	730.936
SFRJ - ukupno	1,507.394

TAB. br. V

RENDGENOLOŠKI PREGLEDI U ANTITUBERKULOZNIM DISPANZERIMA I STACIONARNIM USTANOVAMA SFRJ U 1967 GOD.
/ učinak ftiziologa/

Radioskopija	2,440.320
Radiografija	463.669
Fluorografija	2,118.133
Minijaturna radiofotografija /lo x lo cm/	608.710

Učinak svih ostalih specijalnosti i lekara opšte prakse nije poznat.

Važan podatak o broju izvršenih rendgenskih pregleda u celoj zemlji za godinu dana utvrdjuje se anketama i drugim kriterijumima. Očekivani broj premašuje 10,000.000 pregleda /kad se izuzme rad fluorografskih ekipa i snimanje zuba/. Ako se ima u vidu da oko 2/3 ovih pregleda spadaju u grupu "kritičnih pregleda", pri čemu su gonade i veći volumeni aktivne koštane srži uključeni u primarni zračni snop, onda se mogu sagledati loše strane naše prakse i njene reperkusije na veličine doza. Tek svaki sedmi pregled u zemlji vrši radiolog, ili je obavljen pod nadzorom radiologa; samo ftiziolozi obave dva puta više pregleda od radiologa !

U uslovima sadašnjeg stanja naše prakse, kad materijalni momenat diktira i nepovoljan odnos radiografija prema radioskopijama, teoretska upućenost i rutinska izvežbanost osoblja koje primenjuje rendgen-zračenje u dijagnostici, dobija ogroman značaj.

Veliki broj pregleda koje izvrše lekari ne-radiolozi u ukupnoj masi pregleda, sam po sebi ne bi predstavljao takvu opasnost, kada bi ne-radiolozi imali osnovna predznanja iz oblasti rendgen-fizike i-tehnike, dozimetrije i radiobiologije.

Jedna manja anketa od 5 pitanja koju smo sproveli kod 10 lekara specijalista /5 ftiziologa, 2 ortopeda, 2 urologa i 1 neurohirurga/, čiji se rezultati mogu da ekstrapoliraju na ostale specijaliste i lekare opšte prakse, pokazala je gotovo potpunu neobaveštenost o problemima zaštite od jonizujućeg zračenja. Na ukupno 50 postavljenih pitanja dobivena su samo 3 pozitivna i 2 delimično tačna odgovora, iako se radilo o osnovnim pojmovima

iz oblasti zaštite. Rezultati ove ankete isključuju potrebu komentara.

Nepovoljan odraz neadekvatnih kvalifikacija za rad sa rendgen-aparatima na iradijacione doze, osvetlili smo i merenjem parametara koji ulaze u kalkulaciju doze čija je veličina u obrnutoj proporciji sa stepenom stručnosti i rutinske izvežbanosti osoblja. U preko 90% uzetih uzoraka, merenja pokazuju odstupanja naviše od optimalnih uslova, i to 2 do 5 puta.

Za ilustraciju obradili smo situaciju rendgen-dijagnostičkog ozračivanja stanovništva opštine Brčko u 1967 godini. Podaci u tab. VI uneti za broj i vrste pregleda uzeti su na terenu: 1/ od statističke službe opštine za broj stanovnika, 2/ iz dnevnika rada dečijeg, školskog i AT-dispanzera i 3/ iz zdravstvenog centra. Smatramo da brojevi odgovaraju stvarnom stanju. Ukupan broj pregleda treba povećati za 5%, s obzirom da opština nema kompletnu zdravstvenu službu i bolesnici se upućuju u druge zdravstvene ustanove, van teritorije opštine, kao i za neke radioskopije toraksa čiji broj nije mogao biti utvrdjen. Iz tab. VI vidi se da je u toku godine svaki drugi stanovnik podvrgnut jednom od rendgenoloških pregleda /oko 35.000 pregleda/, pri čemu su kritični organi uključeni u primarni zračni snop; u grupi mladjih od 18 godina ovakvi pregledi se vrše kod svakog trećeg. U tabeli VI date doze izračunali smo za različite vrste pregleda prema vrednostima koje su izmerili priznati autori, a vreme ekspozicije kod radioskopija svakako je manje, nego što je to u stvarnosti. I po ovakvim kalkulacijama, doze su visokih vrednosti. Verujemo da će one biti potvrdjene kada se pristupi egzaktnim merenjima i izračunavanjima. Dalje, tabela daje nepovoljni odnos radioskopija prema radiografijama, što ekstremno povećava doze na koštanu srž. Preglede su vršili : 2 ftiziologa, 1 pedijatar, 1 honorarni radiolog /sa 45 radna dana u godini/, 1 rendgen-tehničar i 1 bolničar. Neosporno je da bi stalno prisustvo radiologa delovalo ne samo u smislu redukcije doza, već i u pogledu stručnog obavljanja posla, kao i odbacivanja nekritičnih indikacija.

Prema našim posmatranjima ovakva situacija je karakteristična za praksu mnogih ustanova u provinciji i većim gradovima.

Zaključak.

Masovnost primene, stalna tendencija porasta ukupnog broja rendgenskih pregleda i uvodjenje u praksu novih metoda u gotovo sve oblasti medicine, odražava se porastom iradijacionih

TABL. VI.

SITUACIJA RENDGEN - DIJAGNOSTICKOG OZRAČIVANJA STANOVNISTVA OPSTINE BRCKO U 1967. GOD.

VRSTA PREGLEDA		Ukupno 68.000 stanovnika		Svega	Minimalno očekivane doze po stanovniku za godinu		PRIMEDBA
		26.000 do 18 god.života	42.000 preko 18 godina		Na kostanu srž u mr. (zahvaćen volumen)	Na gonade u mr.	
SKOPIJE	Torakalni organi isto od sistematskih pregleda	4.230 3.000	18.914	23.144 3.000	330	1	Ekspozicija 20"
	Gastroduodenum	148	2.112	2.260	245	6	Ekspozicija 150"
	Pasaža creva	12	48	60	3	1	Ekspozicija 150"
	U K U P N O	7.390	21.074	28.464			
GRAFIJE	Torakalni organi	620	1.217	1.837			
	Kičma	1.370	570				
	Urografije		323				
	Abdomen		294		240	37	
	Holecistografija		347				
	Irigografije		156				
	Ostale grafije		3.076		230 gr.R	2	
	U K U P N O	1.990	5.983	7.973		47	
	SVEGA PREGLEDA	9.380	27.057	36.437			
Odnos skopija prema grafijama za kritične organe		9,2:1	7,2:1	7,7:1			

NAPOMENA: Podaci su sakupljeni na terenu. Nisu obuhvaćeni jedan broj sistematskih pregleda školske dece i članova radnih organizacija, pregledi stanovništva u drugim ustanovama i fluorografije. Pregledi su vršeni na aparatu "Morava", pacijentna doza nije izmerena.

doza; otuda genetski i somatski rizik postaje veći.

Stručna sprema- teoretsko obrazovanje i kvalifikovani praktični rad - ostaće uvek dominantni faktori u našim stremljenjima da ozračenje primenjeno na čoveku bude u granicama dopuštenog.

Zbog toga zaključci diskusije o ovom problemu treba da obuhvate potrebu dopunskog školovanja svih lekara i srednje-medicinskog osoblja koje danas radi na rendgen-dijagnostičkim aparatima,a nije dovoljno upućeno u zaštitu od štetnih dejstava jonizujućeg zračenja. U organizovanoj nastavi višemesečnog tečaja, potrebno je obraditi osnove rendgenske fizike i tehnike, fizičko-hemijskih i bioloških dejstava jonizujućeg zračenja i sudsko-medicinske aspekte zaštite. Za izradu nastavnog programa treba angažovati eminentne stručnjake Jugoslovenskog društva za radiološku zaštitu, Udruženja radiologa i Katedre za radiologiju na medicinskim fakultetima.

THE VOCATIONAL QUALIFICATION OF MEDICAL STAFF AT WORK WITH DIAGNOSTIC X-RAYS UNITS

SUMMARY

Authors present data about a number of physicians in Yugoslavia engaged in some fields of roentgen-diagnostics, but not qualified for the work with the x-rays. They point out their observations and measurements of the most important parameters included into calculation of irradiation doses. They also discuss unfavourable effects of all irradiation doses on those physicians who are not radiologists. Further, the authors emphasize insufficient vocational qualification of the technical staff.

Authors suggest that all the physicians, who use some roentgen-diagnostic methods in their everyday practice, should be qualified for the work with x-rays units in order to protect themselves and their patients.

BIBLIOGRAFIJA

1/ Spiers F.W. Amer.Journ.of Public Health, Vol.52, No.9, 1962
2/ Spiers F.W. Radiography, Dec. 1962 3/ Spiers F.W. Physics in Medicine and Biology, Vol. 2, Oct.1957 4/ Spiers F.W.: III. Interim Report on the determination of dose to bone marrow from radiological procedures 5/ Laughlin J.S....:Amer.J.Toentgenol. 78 /1957/ 961. 6/ Lars -Eric Larsson: Acta Radiol.46,Nov.1956 7/ Mihajlović....Radiologica Jugoslavica I/1964 8/ Zanetti E.... Annali di Ostetricia e Ginecologia, 1962, Fasc.7 9/ Recommendations of the ICRP.Britisch Institute of Radiology, Dec.1955,London. 1o/ Franzen J.:Fortschritte Röntgenstrahlen, 1o5,Heft 6 /1966/

OBUKA KADROVA U RUKOVANJU RADIOAKTIVNIM MATERIJALOM I U ZAŠTITI OD IZVORA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

DJURIĆ G. i MELOVSKI LJ.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

Rezime

U članku je opisana aktivnost Odeljenja za obuku kadrova Instituta za nuklearne nauke "Boris Kidrič". Odeljenje organizuje Bazične i specijalističke kurseve za obuku stručnjaka koji rade sa radioaktivnim izotopima i izvorima jonizujućih zračenja, ili koji su odgovorni za zaštitu od jonizujućih zračenja. Dat je pregled programa sličnih kurseva u industrijski razvijenim zemljama. Istaknuta je potreba za daljim razvojem ove aktivnosti u našoj zemlji i izneti su neki potrebni uslovi za to.

Uvod

Primena radioaktivnih izotopa i izvora jonizujućih zračenja u medicini i industriji dovodi do potrebe stalnog školovanja kadrova koji rade u ovim oblastima. Još 1952. godine Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič" u Vinči organizovao je kurseve iz radiohemije, namenjene mladim saradnicima Instituta. Kasnije sve veća potreba za specijalno obučenim kadrovima javlja se i u industriji i medicini gde su radioaktivni izotopi i izvori jonizujućih zračenja sve brže nalazili svoju primenu. Osnivanje samostalnog Odeljenja u Institutu "Boris Kidrič" koje organizuje stalne kurseve tzv. "Bazične kurseve" omogućava ovu vrstu obuke.

Rad Odeljenja za obuku kadrova Instituta "Boris Kidrič"

Bazični kursevi, sa svojim unapred utvrđenim programom teorijske i praktične nastave, obezbeđuju osnovna znanja potrebna za rad sa radioaktivnim izotopima i izvorima jonizujućih zračenja. (Kursevi traju 35 radnih dana, a namenjeni su kadrovima sa visokom i srednjom stručnom spremom - lekarima, inženjerima, tehničarima, itd.).

Teorijska i praktična nastava ovih kurseva obuhvata sledeće teme:

- osnove nuklearne fizike,
- hemijsko i biološko dejstvo zračenja,
- nuklearne reakcije i proizvodnju radioaktivnih izotopa,
- detekciju i merenje intenziteta jonizujućih zračenja,
- primenjenu statistiku,
- dozimetriju zračenja,
- radiološku zaštitu,
- dekontaminaciju,
- neke metode razdvajanja izotopa,
- primenu radioaktivnih izotopa.

Teorijsku nastavu drže saradnici Instituta "Boris Kidrič", nastavno osoblje Beogradskog univerziteta i stručnjaci iz drugih naučnih instituta širom zemlje, odabrani tako što je tema predavanja koju izlažu predmet njihovog višegodišnjeg rada.

Praktična nastava se održava u savremeno opremljenim laboratorijama Odeljenja - elektronskoj i radiohemijskoj. Radi uspešnijeg odvijanja nastave Odeljenje je izdalo udžbenik "Radioaktivni izotopi i zračenja" čiji su autori predavači na kursu. Nekoliko filmova koje slušaoci vide tokom kursa iz oblasti dozimetrije zračenja, zaštite od zračenja i dekontaminacije, dopunjuju teorijsku i praktičnu nastavu.

Po završenom kursu obavezno je polaganje ispita. Uverenje koje se dobija po položenom ispitu daje pravo na dobijanje dozvole za rad sa radioaktivnim izotopima i izvorima jonizujućih zračenja, a prema propisu izloženom u "Sl.listu SFRJ" br.31/65.

Odeljenje organizuje i druge kurseve i seminare informativnog ili specijalističkog karaktera. (1) Kao primer istaćićemo neke od kurseva koji su kao osnovnu temu imali zaštitu od zračenja.

Za lekare koji se nalaze na specijalizaciji radioterapije održava se kurs "Fizički i biološki osnovi radioterapije" sa osnovnim temama iz oblasti:

- radiološke fizike,
- radiobiologije,
- zaštite od jonizujućih zračenja,
- osnovnih principa radioterapije,
- organizacije radioterapeutske službe.

Za ovaj kurs Odeljenje je izdalo odgovarajuća skripta.

Za polukvalifikovane i kvalifikovane radnike zaposlene u ustanovama gde se radi sa izvorima jonizujućih zračenja postoji sedmodnevni seminar koji pruža osnovna znanja iz radioaktivnosti, dekontaminacije, medicinske i tehničke zaštite i dozimetrije zračenja.

Posebno mesto zauzimaju kursevi za pripadnike vatrogasne službe i sve zainteresovane za probleme zaštite od zračenja. Pored osnovnih tema iz oblasti radioaktivnosti i zračenja, posebna pažnja je posvećena temama iz oblasti dozimetrije i zaštite od zračenja. Pripadnici vatrogasne službe se upoznaju sa specifičnim merama gašenja požara (mere koje treba preduzeti pre izbijanja požara, za vreme intervencije i posle gašenja požara) na mestima gde se radi sa izvorima jonizujućih zračenja. Seminar traje 5 dana a izvodi se preko teorijske nastave i vežbi u vidu demonstracija.

Odeljenje je u mogućnosti da organizuje i kurseve iz zaštite u medicinskoj i industrijskoj primeni izvora jonizujućih zračenja, a u saradnji sa institucijama i organizacijama zaduženim za ovu vrstu zaštite. Ovi kursevi bi bili namenjeni prvenstveno licima zaduženim za zaštitu od zračenja. Program ovakvog kursa obuhvatao bi sledeće teme: osnovi nuklearne fizike, izvori jonizujućih zračenja, biološko dejstvo zračenja, osnovni principi dozimetrije i zaštite od zračenja (kolektivne i individualne), transport, čuvanje i dokumentaciju radioaktivnih izotopa i izvora jonizujućih zračenja, intervenciju u slučaju akcidenta, norme i propise o zaštiti od jonizujućih zračenja. Ovakav program u skraćenom obliku našao je već svoju primenu u jednom kratkom kursu koji je održan za lica odgovorna za zaštitu od jonizujućih zračenja u industrijskim postrojenjima.

Obuka u industrijski razvijenim zemljama

U industrijski razvijenim zemljama obuka i školovanje kadrova iz oblasti primene nuklearne energije i izvora jonizujućih zračenja vršena je u tri pravca.(2)

A. Obuka kadrova sa visokom stručnom spremom, koji se pripremaju za rad sa radioaktivnim izotopima i izvorima jonizujućih

zračenja, bilo kao stručni saradnici, bilo kao budući istraživači i eksperti. (Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires Saclay, Post Graduate Education Centre Harwell, The Oak Ridge Institute of Nuclear Studies USA, itd.). Organizacija ovakvih kurseva vrši se preko atomskih komisija, koje su u početku davale i osnovne koncepcije programa i rada kurseva. Mesto održavanja kurseva su nuklearni instituti. Saradnja nuklearnih instituta sa univerzitetima dovodi do obuke na nivou postdiplomskih i doktorskih studija.

B. Drugi vid obuke je obuka kadrova sa srednjom stručnom spremom (tehničari) koji se spremaju za rutinski posao. Programi ovih kurseva pružaju mogućnost što boljeg savladjivanja tehnike rada sa radioaktivnim materijalom.(2, 3)

C. Primena nuklearne energije i izvora jonizujućih zračenja u svim oblastima industrije i medicine traži jednu novu vrstu stručnjaka kako bi rad bio i koristan i bezbedan. To su tzv.zdravstveni fizičari. Zdravstveni fizičar je lice odgovorno za merenje i kontrolu zračenja iznad rutinskog nivoa a odgovorno je takodje i za zaštitu od zračenja(u bolnicama, industrijskim postrojenjima, istraživačkim laboratorijama, itd.).(4)
Za obuku zdravstvenih fizičara zainteresovane su naročito zdravstvene organizacije. Obuka se odvija u nuklearnim institutima u saradnji sa medicinskim fakultetima. Jednogodišnji program obuke zdravstvenih fizičara The Oak Ridge Institute of Nuclear Studies obradjuje sledeće teme:(2)

	I semestar (čas)	II semestar (čas)
Osnovi nuklearne fizike	3	3
Diferencijalne jednačine	3	-
Primenjena statistika	2	-
Osnovi biologije	-	4
Toksikologija - aerosoli	-	2
Teorijska radijaciona dozimetrija	-	4
Elektronika i instrumentacija	3	-
Seminar (organizacija, bezbednost, osoblje, norme, itd.)	1	1
	14	14

Zdravstveni fizičari koji rade u oblasti nuklearne medicine i medicinskim centrima zaduženim za zaštitu od jonizujućih zračenja mogu da budu medicinski radnici (lekari, biolozi, itd.)

koji još tokom studija dobiju osnovna znanja iz nuklearne fizike, biološkog dejstva zračenja, radijacione higijene, metoda zaštite od zračenja, primene radioaktivnih izotopa u istraživanju itd.Postoji čak i preporuka da ovaj program bude obavezan za sve studente medicine i medicinske radnike bez obzira da li će oni kasnije raditi u oblasti zdravstvene fizike ili nuklearne medicine.(5)

Posebna pažnja se posvećuje obrazovanju lekara i medicinskog osoblja koji će isključivo raditi u oblasti nuklearne medicine. Za lekare postoje jednogodišnji kursevi u vidu postdiplomskih studija. Program ovih kurseva pored osnova nuklearne fizike i merenja jonizujućih zračenja obuhvata i teorijska predavanja iz kliničke primene radioaktivnih izotopa, praktičan rad u odeljenju za primenu izotopa, i niz predavanja iz oblasti radijacione higijene.(5,6)

Zbog raznovrsnosti primene radioaktivnih izotopa i izvora jonizujućih zračenja u industriji, vrlo je teško reći koje osnovno obrazovanje treba da ima zdravstveni fizičar koji tamo odlazi. Industrija zahteva čoveka koji može da oceni moguću opasnost, koja uvek postoji tamo gde se radi sa izvorima jonizujućih zračenja, da odredi potrebnu zaštitu i da pomogne rukovodstvu pogona da uvede visoki stepen bezbednosti na najekonomičniji način. Ovakvi stručnjaci do sada su se obrazovali po završenim studijama (najčešće su to studije fizike, ili neke srodne nauke) nizom kurseva iz oblasti biologije (metabolizam ćelija i fiziologije), iz oblasti sakupljanja podataka i obrade rezultata, industrijske organizacije rada itd. Program bi trebao da uključi i osnove industrijske higijene, industrijskog zdravstva, epidemiologije i dr.

Zaključak

Potreba za školovanjem kadrova koji rade na primeni radioaktivnih izotopa i izvora jonizujućih zračenja kao i zaštiti od zračenja iz dana u dan je veća.

Ovo treba naročito istaći kada je u pitanju školovanje lekara i medicinskog osoblja koji rade u oblasti nuklearne medicine, zdravstvenih fizičara i svih lica zaduženih za organizaciju javnih službi (vatrogasna služba, transport, civilna zaštita, saobraćajna milicija, sanitarna služba, itd.) koje do sada nije sistematski vršeno. U tom smislu trebalo bi:

1. Da program obuke za sve kategorije stručnjaka (lica koja rade sa radioaktivnim izotopima i izvorima jonizujućih zračenja, zdravstvene fizičare, lica zadužena za organizaciju javnih služ bi itd.) bude jedinstven i definisan tako da pruža neophodno znanje za uspešan i bezbedan rad u oblasti primene izvora jonizujućih zračenja.
2. Saradnja izmedju univerziteta i nuklearnih instituta kao i drugih naučnih institucija je uslov za kvalitetnu obuku. Ovo je naročito važno kada se radi o specijalizaciji zdravstvenih fizičara, lekara specijalista radioterapeuta ili pak lekara koji rade u oblasti nuklearne medicine.
3. Racionalno korišćenje postojeće opreme za obuku, a naročito stručnog kadra koji ovu obuku vrši je jedan od uslova da nastava sem što je kvalitetna bude i ekonomična.

Abstract

The paper describes the activities of the Department for Training of Personnel Handling Radioactive Materials of the Boris Kidrich Institute of Nuclear Sciences which organises Basic and Speciality courses for Training of Personnel in charge of protection against ionizing radiations. A review is given of similar Training courses in some industrialy developed countries. The need for further development of this activity in our country is stressed and necessary conditions pointed out.

Bibliografija

1. Djurić G. i Ajdačić N., Odeljenje za obuku kadrova, Privredni pregled, Beograd, (1968-1969).
2. Klaus D.W., Training programs in Health Physics, Health Physics 8, 93-95 (1962).
3. Weber F., The Federal Role in Radiological Health Education and Training, Health Physics 8, 97-100 (1962).
4. Anderson E.E. et al, Education and Training in Nuclear Science and Engineering in the United States, Proc. UN Int. Conf. PUAE 1 463 (1956).
5. Eston T.E. et al, Training in Nuclear Medicine, Proc. 2nd UN Int. Conf. PUAE 1, Geneva, 321 (1958).
6. Enseignements destinés aux utilisateurs des radioéléments, l'I.N.S.T.N., Saclay.
7. Barnes E.C., Needs in industry, Health Physics, 8, 101-102 (1962).

ŠKOLOVANJE SREDNJIH MEDICINSKIH KADROVA ZA RAD U MEDICINSKIM RENTGEN KABINETIMA

ROSIĆ S., TODOROVIĆ S.
Rentgen odelenje Opšte bolnice u Tuzli

Da bi imali što više podataka za ovaj naš rad, obratili smo se svim Republičkim sekretarijatima za obrazovanje, nauku i kulturu i svim republičkim zavodima za zdravstvenu zaštitu, uključujući, i sve pokrajinske sekretarijate i zavode za zdravstvenu zaštitu. Odnosno, da bi ti podaci u okviru SR BiH bili što potpuniji obratili smo se i svim grudnim i rentgen odelenjima skoro svih bolnica u SR BiH, AT dispanzerima, Radiološkom institutu u Sarajevu, Kliničkoj bolnici za plućne bolesti i tuberkulozu u Sarajevu, Bolnici za tuberkulozu pluća u Stamboličiću i bolnici za Pneumoftiziologiju - Kasindo.

Sve navedene ustanove kojima smo se obratili, zamolili smo da nam dostave sledeće podatke:

1. Broj medicinskih škola za Rtg. tehničare, ili pri medicinskoj školi - otsek za rtg. tehničare.
2. Ukupan broj rtg. tehničara sa višom i srednjom stručnom spremom u pojedinim republikama i pokrajinama, odnosno grudnim i rtg. odelenjima,ATD - ima i specijalnim bolnicama.
3. Ukupan broj radnika koji rade na poslovima rtg. tehnike.
4. Na koji način zdravstvene ustanove regulišu pitanje školovanja ili naknadnog obrazovanja rtg. tehničara.
5. Da li uopšte imaju na svojim odelenjima i rtg. kabinetima školovane ili na drugi način u duhu podstojećih zakonskih propisa naknadno obrazovane rtg. tehničare.

Na osnovu postavljenih pitanja od velikog broja ustanova kojima smo se obratili došli smo do sledećih podataka:

1. U SFRJ postoje svega dve škole za više rtg. tehničare i to u Zagrebu i Ljubljani. Srednjih škola za rtg. tehničare nema.

Nije nam poznato kakvi su kriterijumi za školu u Ljubljani, ali nam je poznato da škola u Zagrebu prima isključivo na školovanje one kandidate, koji su završili Srednju školu za rtg. tehničare.

Medjutim, ni u jednoj Republici, prema dobijenim izvještajima ne postoji posebna škola za rtg. tehničare, niti pak otsek za rtg. tehničare pri Srednjim medicinskim školama.

Postojećim saveznim zakonima i pravilnicima koji su donešeni 1965. godine, a koji regulišu pitanje zaštite, stručnosti itd. sa radom na izvorima jonizirajućih zračenja, izričito je zabranjeno omladini do 18 godina rad sa izvorima jonizirajućih zračenja, što praktično znači da iako bi postojala srednja škola za rtg. tehničare, onda učenici sa završenom osmogodišnjom školom ne bi mogli da tu školu pohadjaju, ukoliko nisu navršili 18 godina, jer ne bi

mogli da obavljaju praktičnu nastavu. Odnosno istim zakonskim propisima je regulisano da svaki radnik i sa potrebnom stručnom spremom pre stupanja na rad sa izvorima jonizirajućih zračenja mora imati uverenje od Republičkog instituta za medicinu rada da je sposoban za rad sa izvorima jonizirajućih zračenja.

2. Možda baš ovakvo stanje govori da nije čudno što u SR Sloveniji radi 163 rtg. tehničara sa višom stručnom spremom, a samo 24 sa srednjom stručnom spremom.

Naročito podvlačimo da posebnih tečajeva, kurseva i tsl. u SR Sloveniji nema. U SR Hrvatskoj postoji najveći broj rtg. tehničara, kako sa srednjom tako i sa višom stručnom spremom.

Želimo podvući da nas je Institut za zdravstvenu zaštitu pokrajinskog zdravstvenog centra u Novom Sadu obavestio da na teritoriji AP Vojvodine radi 48 rtg. tehničara sa srednjom i 5 rtg. tehničara sa višom stručnom spremom.

Od Republičkog zavoda za zdravstvenu zaštitu SR BiH dobili smo podatke da na području SR BiH radi 58 radnika kao rtg. tehničari, ali nisu navedene njihove kvalifikacije. Medjutim, mi smo se na području SR BiH obratili mnogim zdravstvenim ustanovama, i od istih smo dobili obaveštenje da u rtg. kabinetima svih zdravstvenih ustanova te republike ne radi više od 20 radnika na poslovima rtg. tehnike, koji prema postojećim zakonskim propisima imaju odgovarajuću stručnu spremu.

Želimo da se na ovom mestu zahvalimo Prof. Dr. H. Serdarevići - upravniku kliničke bolnice za plućne bolesti i tuberkulozu Medicinskog fakulteta u Sarajevu koji nam je na našu molbu odgovorio da u njegovoj ustanovi nema radnika koji rade na poslovima rtg. tehnike, a koji imaju odgovarajuću stručnu spremu.

Mi smatramo da ako bi sve zdravstvene ustanove, koje vrše rtg. usluge, jednom saveznom forumu ili najbolje organizatoru ovog simpozijuma, a naročito iz SR BiH, SAP Kosovo, SR CG i SHM dostavili podatke koliko u svojim rtg. kabinetima imaju radnika koji rade na poslovima rtg. tehnike sa odgovarajućom stručnom spremom, s jedne, i radnika koji rade te iste poslove bez odgovarajuće stručne spreme, s druge strane, onda bi po našem mišljenju dobili podatke, koji bi bili vrlo zabrinjavajući.

Ne možemo, a da se ovom prilikom ne osvrnemo i na značajan doprinos Zavoda za stručno usavršavanje i specijalizaciju zdravstvenih radnika SRS, Nušićeva 25 iz Beograda i lično zalaganje Prof. Dr. M. Magaraševića, profesora za radiologiju iz Beograda, koji su stalno i redovno organizovali kurseve za rtg. tehničare i doprineli da se loša kvalifikaciona struktura radnika koji rade na poslovima rtg. tehnike znatno poboljša.

Želimo da postavimo pitanje šta bi se desilo u pojedinim rtg. kabinetima kada bi se odredbe zakonskih propisa striktno poštovale?!

Verujemo da bi mnogi rtg. kabineti morali da obustave rad!

3. Činjenica je, a što se bar iz izveštaja dobivenih sa teritorije SR BiH naročito vidi, da na poslovima rtg. tehnike rade izmedju ostalog i bolničari, fotografi, sanitarni tehničari itd.

4. Školovanje kadrova za poslove rtg. tehnike nije u skladu sa

zakonskim propisima, nije regulisano u okviru nastavnih programa Republičkih sekretarijata za kulturu, nauku i prosvetu, odnosno prepušteno je zdravstvenim ustanovama ili rukovodiocima rtg. kabineta da se sami dovijaju i da to pitanje bar donekle u okviru zakonskih propisa reše.

Pitanje stimulacije za školovanje za poslove rtg. tehnike i za rad na istim poslovima trebalo bi na neki način da se reguliše.

Činjenica je da opšta i lična zaštita na mnogim rtg. kabinetima nezadovoljava, da je radno vreme u pojedinim rtg. kabinetima vrlo različito, da ne postoji beneficirani radni staž, da su lični dohoci izjednačeni sa ostalim srednjim i višim medicinskim radnicima i da veliki broj školovanih rtg. tehničara u poslednje vreme odlazi na rad u inostranstvo.

Svi ovi momenti, po našem mišljenju, govore da postoje mnogobrojni razlozi zbog čega tolika disproporcija u broju rtg. tehničara po pojedinim republikama, odnosno zašto u mnogim rtg. kabinetima na poslovima rtg. tehnike radi toliki broj nestručnih lica.

Želeli bi smo da organizator ovog simpoziuma jednu od narednih svojih sednica posveti i ovom pitanju.

Zahvaljujemo se svim Republičkim i pokrajinskim ustanovama, odelenjima, klinikama i bolnicama koji su nam poslali podatke da bi bar donekle ovo pitanje mogli da osvetlimo.

ZAKLJUČAK

1. Školovanje rtg. tehničara je neregulisano i prepušteno stihiji, a ne regulisano zakonom.
2. Najveći broj mesta u rtg. kabinetima zauzimaju nestručna lica koja rade na poslovima rtg. tehnike
3. Neravnomernost rasporeda postojećih kadrova po republikama je očitan.
4. Postojeći zakonski propisi se ne poštuju.
5. Postojeće škole za više rtg. tehničare u pojedinim republikama nerado primaju kadrove iz drugih republika.
6. Zakonskim propisima potrebno je na nivou federacije regulisati školovanje kadrova za poslove rtg. tehnike.

THE PROBLEM OF QUALIFIED PERSONS (THE SCHOOLING OF QUALIFIED PERSONS FOR WORKING WITH IONIC RADIOSCOPY SOURCES IN MEDICAL X-RAY CABINETS)

ROSIĆ S., TODOROVIĆ S.
X-RAY CABINETS GENERALLY HOSPITAL TUZLA

SUMMARY

1. The schooling of X-ray tehnicians is completely unregulated und uncontroled by the law.

2. The most serving places in X-ray cabinets are occippied by.
3. Disproportion in arranging of existing qualified persons, in varius republies is obvius.
4. The existing legal instructions are not respected.
5. The existing schools for higher X-ray tehnicians unwillingly permit schooling of the candidates from other republics.
6. It is necessary to regulate the schooling of X-ray experts by federal laws.

LITERATURA

1. Osnovni zakon o zaštiti od jonizirajućih zračenja Sl.l.SFRJ 2/65.
2. Pravilnik o str. spremi osoba koje rade sa izvorima jonizirajućih zračenja i na poslovima zaštite od tih zračenja. l.l. SFRJ 31/65.
3. Merkaš Z. "et al", "Osnovi Radiologije" (1965).

Dr. Stojan Rosić
Specijalista za radiologiju

Srećko Todorović,
viši rtg. tehničar

PRIMENA VAŽEĆIH PROPISA U RENTGEN KABINETIMA

ROSIĆ S., BOŽANIĆ I.
Rentgen odjeljenje Opšte bolnice u Tuzli

Izlaskom Osnovnog zakona o zaštiti od jonizirajućih zračenja i do datnim pravilnicima po pitanju zaštite od jonizirajućih zračenja po kušano je da se pitanje te zaštite na neki način reguliše.

Medjutim, mada su ti zakonski propisi regulisali veći broj pitanj oni su samo formalno regulisali odgovornost radnih organizacija, a konkretnom slučaju medicinskih ustanova, gde se vrše pregledi ili t rapija sa izvorima jonizirajućih zračenja s jedne strane, i medicin skog i drugog osoblja koji vrši preglede ili terapiju sa izvorima j nizirajućih zračenja, s druge strane.

U svakom slučaju postojeće zakonske propise i pravilnike u vezi s zaštitom od radijacija treba primiti kao vrlo pozitivne, ali bi se mi u našem referatu osvrnuli na neke momente koji ne samo da nisu u skladu sa postojećim zakonskim propisima, nego se i svesno od stran pojedinih radnih organizacija, a takodje i od osoblja koji rade na izvorima jonizirajućih zračenja, krše.

1. Po čl. 13. stav 1 Pravilnika o korištenju rtg. aparata i o merama zaštite od rentgenskih zraka, predvidjeno je da se jedanput me sečno vrši proveravanje doza zraka koje rtg. cev za terapiju daje pod odredjenim uslovima.

Medjutim, činjenica je, da je do stručnjaka koji to proveravanje vrše vrlo teško doći, da su njihove usluge vrlo skupe i da radne organizacije izbegavaju da tu kontrolu vrše.

Istim čl. stav 3 istog Pravilnika predvidjeno je da su lekari koji vrše preglede i lečenje dužni da u zdravstvenu knjižicu pacijenta ubeležavaju vrstu izvršenog pregleda ili ukupne doze lečenja.

Ovaj zakonski propis koji je sigurno pozitivan i ima svog dubokog opravdanja, u praksi je neizvodljiv, jer prvo zdravstvena knjižica nema za to predvidjenu rubriku, a drugo ako se uzme u obzir frekvenca i broj obavljenih skopija, u pojedinim ATD-ima, broj i kvalitet osoblja koji u njima radi, onda bi na lekara specijalistu, ma koje specijalnosti, pao jedan ogroman administrativni teret, što on želi svakako da izbegne.

2. Članovima od 18-24 istog Pravilnika predvidjeni su uslovi za smeštaj rtg. aparata.

Medjutim, činjenica je da se ni jednim pravilnikom, pitanje projekata i same izgradnje pojedinih rtg. odelenja i kabineta ne reguliše a što bi trebala da bude zakonska obaveza za sve medicinske ustanove koje u svom radu nameravaju da se bave sa izvorima jonizirajućih zra čenja.

Izgradnja prostorija za smeštaj rtg. aparata i drugih aparata sa izvorima jonizirajućih zračenja ostavljena je stihijskoj volji planera u radnim organizacijama koji nemaju za to potrebnih kvalifikacija, odnosno koji ne znaju da neki zakonski propisi koji tu materiju

regulišu opšte postoje. Naime, zakonodavac bi trebalo da obaveže zdravstvene i druge ustanove da se u svojim projektima i pri izgradnji ovakvih odelenja moraju pridržavati postojećih zakonskih normi, a naročito voditi računa o smeštaju i lokaciji čekaonica, kabina za presvlačenje, prostorija za osoblje, mračnim komorama a naročito prostorija u kojima će biti smešteni aparati sa izvorima jonizirajućih zračenja.

Naročito je važno da se tačno navede koji će aparati sa izvorima jonizirajućih zračenja biti smešteni.

Tek po odobrenju organa koji vrši nadzor i organa koji faktički poznaje propise može se tek na osnovu dobijene dozvole pristupiti izgradnji.

Poznato je da zdravstvene i dr. ustanove prvo takve aparate nabavljaju, a tek zatim pristupaju raznim adaptacijama i na taj način izlažu se nepotrebnim troškovima, a naročito u onim slučajevima kada organ koji daje dozvolu za rad usled nepodobnosti prostorija takvu dozvolu neće da izda.

Bilo bi korisno kada bi i proizvodjači takvih aparata bili dužni da kupca upoznaju sa potrebnim normama oko smeštaja njihovih aparata.

3. Velikim brojem članova tj. od 25-44 istog Pravilnika predvidjena je zaštita osoblja koje radi sa izvorima jonizirajućeg zračenja.

Mi smo imali priliku da prisustvujemo većem broju pregleda naših rtg. aparata od strane za to ovlašćenih lica. Nije nam jasno zašto se ti pregledi vrše sporadično, a ne po u napred utvrdjenom planu, zašto se tim pregledima ne poklanja dovoljno pažnje i zašto takvi pregledi u najvećem broju slučajeva predstavljaju samo formalnost. Izvještaji po izvršenim pregledima dostavljaju se Republičkim sanitarnim organima i matičnim ustanovama, a nedostaci koji se tom prilikom utvrde ne otklanjaju se, jer u krajnjoj liniji ne zna se ko je odgovoran za otklanjanje evenutalnih nedostataka.

Pitanje lične zaštite osoba koje rade sa izvorima jonizirajućih zračenja, možemo slobodno reći da se vrlo slabo pa i nikako, shodno zakonskim propisima, ne sprovodi jer iz raznih razloga nerazumevanje radnih organizacija, nedostatak deviznih i dr. sredstava za nabavku opreme lične zaštite, njihov nedostatak na domaćem tržištu i velike carinske stope, onemogućuju da se zakonski propisi o ličnoj zaštiti dovoljno sprovode.

Postavlja se pitanje, šta bi bilo kada bi se radne organizacije primorale da stvarno po zakonu predvidjeni način lične zaštite osoba, koje rade sa izvorima jonizirajućih zračenja opreme i kada bi nadzor po čl. 31. Osnovnog zakona o zaštiti od jonizirajućih zračenja bio rigorozno sprovodjen. Možda bi i u istom zakonu ili u Pravilniku o korištenju rtg. aparata i o merama zaštite od rentgenskih zraka bilo potrebno uvesti novi čl. ili stav kojim se ovlašćuje odgovorno lice u kabinetu, odelenju i institutu gde postoje aparati sa izvorima jonizirajućih zračenja, da obustavi rad dok se ne nabavi zakonom predvidjena lična zaštitna oprema.

Mišljenja smo da bi bilo vrlo korisno da se svi medicinski i dr. radnici koji se u svom školovanju obučavaju za rad sa izvorima jonizirajućih zračenja upoznaju najdetaljnije sa svim zakonskim propisima.

Nama se čini da vrlo mali broj takvih medicinskih radnika poznaje postojeće zakonske propise.

Na ovom mestu moramo da citiramo Prof. Dr. F.Petrovčića koji u svom članku "Osvrt na neke zakonske propise i pravilnike u vezi sa radijacijom" u časopisu "Radiologia Iugoslavica" od 1965. godine piše: ".... da bi trebalo osigurati najužu saradnju radiologa sa svim drugim stručnjacima pri rešavanju različitih problema u vezi sa radijacijom" i dalje "da se donose novi zakoni i pravilnici bez konsultacije sa radiološkim predstavnicima".

4. Čl. 48. stav 2 Pravilnika o korištenju rtg. aparata i o merama zaštite od rtg. zračenja kaže, da je za vršenje sistematskih rtg. pregleda potrebna saglasnost nadležnog zdravstvenog centra.

Nama se čini da se ova zakonska odredba uopšte ne poštuje. Ako bi se napravila anketa koliko je i kada ovakvih dozvola traženo sigurni smo da bi taj broj bio vrlo mali.

Predlažemo organizatoru ovog simpozijuma da jednu takvu anketu sprovede.

5. Čl. 1. Pravilnika o stručnoj spremi osoba koje rade sa izvorima jonizirajućeg zračenja i na poslovima od tih zračenja, regulisano je pitanje koje osobe mogu na tim poslovima raditi.

Medjutim, ovo je širok pojam. Ako bi se napravila jedna iscrpna analiza o tome, onda bi se videlo da u velikom broju rtg. kabineta i odelenja na poslovima rtg. tehnike rade lica koja nemaju za taj rad potrebnu stručnu spremu. Republički zavod za zdravstvenu zaštitu SR BiH u 1967. godini propisao je izmedju ostalog i normative za rad u rtg. kabinetima i odelenjima.

Istim normativima predvidjeno je da na jednog lekara specijalistu radiologa dolazi jedan rtg. tehničar, odnosno da na taj tim dolazi 150 - 250 bol. postelja.

Pravilnikom o zdravstvenim pregledima i o zdravstvenim uvjetima osoba koje rade sa izvorima jonizirajućeg zračenja reguliše se pitanje zdravstvenih pregleda osoba koji rade sa izvorima jonizirajućih zračenja.

Ovaj Pravilnik je pozitivan, ali smatramo da kontrola zdravlja tih radnika jednom godišnje, u za to nadležnim ustanovama, je nedovoljna i da bi takvu kontrolu trebalo sprovoditi češće, tim pre što smo uvereni da se u rtg. kabinetima manjih zdravstvenih ustanova, a naročito u ATD-ima ta kontrola uopšte ne sprovodi.

Zakonodavac nije predvideo pitanje produžnog, prekovremenog ili honorarnog rada za pojedine profile zdravstvenih radnika, koji rade sa izvorima jonizirajućih zračenja, i nije predvideo nadležnost organa koji bi taj rad kontrolisao i dozvoljavao. Ako jedna radna organizacija obezbedi sve uslove predvidjene zak. propisima, onda mora imati puno pravo da kontroliše rad svojih radnika van redovnog radnog vremena. Mišljenja smo da bi istim Pravilnikom bilo potrebno predvideti, da lica koja obole na radnom mestu sa izvorima jonizirajućih zračenja imaju pravo, da budu tretirana kao radnici koji su oboleli od profesionalnog obolenja i da svi troškovi njihovog lečenja padaju na teret radne organizacije ukoliko ista nije obezbedila potrebna zaštitna sredstva.

Na taj način bi radne organizacije i te kako želile da zaštitna sredstva obezbede. Čl. 4. Osnovnog zakona o zaštiti od jonizirajućih zračenja stav od 1 - 10 predvidjeni su poslovi zaštite od jonizirajućih zračenja od interesa za celu zemlju. Mišljenja smo da su mnoge tačke ovog čl. prazno slovo na papiru i da se uopšte iz bilo kojih razloga ne sprovode.

Čl. 22. stav 2 Osnovnog zakona o zaštiti od jonizirajućih zračenja predvidja da se izvrši zdravstveni pregled lica, prije stupanja na rad sa izvorima jon. zračenja, odnosno prije početka obrazovanja ili osposobljavanja za rad sa izvorima jon. zračenja. Mišljenja smo da se ovaj član u najvećem broju slučajeva ne poštuje i da se na rad sa izvorima jonizirajućih zračenja primaju i osobe koje nisu prethodno pregledane i za koje se tek naknadno ustanovi da nisu sposobne za rad sa izvorima jonizirajućih zračenja.

Ni u jednom zakonskom propisu nije predvidjeno šta treba stvarno da se radi sa licima koji obole pri radu sa izvorima jonizirajućih zračenja i na kojim radnim mestima oni mogu sa takvim obolenjem da rade.

Činjenica je da se rukovodiocima rtg. odelenja od strane rukovodstva bolnice i t. sl. preporučuje da se radnici čije je zdravlje na taj način oštećeno prebacuju u administraciju ili u mračnu komoru rtg. kabineta s napomenom da će se na taj način "oporaviti i ozdraviti".

Smatramo da bi trebalo da u Osnovnom zakonu o zaštiti od jonizirajućih zračenja udje novi član koji bi predvidjao da se odelenja koja rade sa izvorima jonizirajućih zračenja smatraju integralnom celinom i da svi radnici koji u takvoj sredini rade imaju ista prava.

7. Ni u jednom od zakonskih propisa nije predvidjeno radno vreme radnika koji rade sa izvorima jonizirajućih zračenja, već je to regulisano drugim zakonskim propisima, odnosno ostavljeno je radnim organizacijama da o tome same odlučuju.

ZAKLJUČAK

1. Postojeće zakonske propise treba dopuniti u dogovoru sa Udruženjem radiologa i radioloških sekcija lekarskih društava SFRJ i Jugoslovenskog društva za radiološku zaštitu.
2. Ojačati i usavršiti kako stručnu, tako i tehničku kontrolu organa republičkih ustanova nad radom onih ustanova koje u svom sklopu imaju aparate sa izvorima jonizirajućih zračenja..
3. Utvrditi normative za rad sa izvorima jonizirajućih zračenja.
4. Zakonskim propisima omogućiti neposrednim rukovodiocima odelenja ili ustanova koje rade sa izvorima jonizirajućih zračenja da mogu odmah obustaviti rad ukoliko radna organizacija u predvidjenim rokovima nije obezbedila lična zaštitna sredstva.
5. Obezbediti i omogućiti radnim organizacijama da za dinarska sredstva i bez plaćanja carine mogu nabaviti lična zaštitna sredstva za rad sa izvorima jonizirajućih zračenja.
6. Obolenje koje je nastalo usled rada sa izvorima jonizirajućih zračenja smatrati profesionalnim obolenjem.
7. Radno vreme radnika sa izvorima jonizirajućih zračenja regulisati zakonom.
8. Utvrditi način dokumentacije za pacijente koji su bili podvrgnuti pregledu ili lečenju sa izvorima jonizirajućih zračenja. /

9. Regulisati zakonskim propisima da se lica koja će se u budućem radu baviti sa izvorima jonizirajućih zračenja moraju u toku školovanja upoznati sa svim zakonskim propisima koji regulišu rad sa izvorima jonizirajućih zračenja.

REALISING OF EXISTING PRESCRIPTIONS IN X-RAY CABINETS

ROSIĆ S., BOŽANIĆ I.
X-RAY CABINETS GENERALLY HOSPITAL TUZLA

SUMMARY

1. The existing legal instructions are to be comlemented in agreement with Radiologists. Association, radiological sections of medical compnanies in Yugoslavia, and Yugoslav Radological Protection Association.

2. Improve and strenghten both technical and professional control of republic organs in observing the work of medical services wich include the Ionic radioscopy sources.

3. To prescribe regultions for working with. Ionic radioscopy sources.

4. By legal prescriptions enable the direct directors of sections and institutions working with Ionic radioscopy sources to stop the work immediately if the working organisation has not supplied the personal protecting means on time.

5. Secure and anable the working organisation to get dutyfree and paving in dinars all personal protecting means for their work with Ionic radioscopy sources.

6. The disease caused by the work with Ionic radioscopy sources should be regarded as professional disease.

7. Working hours of persons working with Ionic radioscopy sources should de regulated legaly.

8. Ut is necessary to determine the specifikations of patients subjected to examining or curing with Ionic radioscopy sources.

9. It should de legaly prescribed.that the persons who are going to operate Ionic radioscopy sources, must, during, their schooling get acquainted with all the regulations concerning the work with previous mentioned sources.

LITERATURA

1. Osnovni zakon o zaštiti o jonizirajućih zračenja "Službeni list SFRJ", broj 12/65.

2. Pravilnik o zdravstvenim pregledima i o zdravstvenim uvjetima osoba koje rade sa izvorima jonizirajućih zračenja "Službeni list SFRJ", broj 31/65.

3. Pravilnik o dopuštenim dozama jonizirajućih zračenja kojima mogu biti izložene osobe koje rade sa izvorima jonizirajućih zračenja "Službeni list SFRJ", broj 31/65.

4. Pravilnik o stručnoj spremi osoba koje rade sa izvorima jonizirajućih zračenja i na poslovima zaštite od tih zračenja "Službeni list SFRJ", broj 31/65.

5. Pravilnik o korištenju rtg. aparata i o mjerama zaštite od rentgenskih zraka "Službeni list SFRJ", broj 36/65.

6. Gerić R. "Savremena bolnica" 109, 110, 111, (1964).

7. Spaventi Š. i Metzger B. "Zaštita i doziranje radnih mjesta kod kobaltove bombe u bolnici Dr M.Stojanović" u Zagrebu.

Anali bolnice "Dr M.Stojanović" 153-156, (1965).

8. Petrovčić F. "Osvrt na nove zakonske propise i pravilnike u vezi sa radijacijom" Radiologia Iugoslavica 144 - 146 (1965).

Dr Stojan Rosić

Dr Ivo Božanić

REZULTATI SISTEMATSKIH PREGLEDA ORGANA VIDA U OSOBA HRONIČNO IZLOŽENIH DEJSTVU X ZRAČENJA.

SAVIĆ S. i JEREMIĆ M.

INSTITUT ZA MEDICINU RADA I RADIOLOŠKU ZAŠTITU SRS " DR. DRAGOMIR KARAJOVIĆ " U BEOGRADU.

Ukupno je pregledano 183 osoba hronično izloženih dejstvu X zračenja.

Od toga broja bilo je 111 rentgen-tehničara, 25 ftiziologa,23 rentgenologa, 13 stomatologa i zubarska tehničara i 11 lekara koji povremeno rade sa rentgenom.

Prikazano je stanje organa vida u pregledanih osoba. Kod osoba gde je registrovana katarakta postavlja se pitanje da li hronično dejstvo malih doza X zračenja može da deluje kao kofaktor u nastanku katarakte.

Još od kako su otkriveni X zraci, pa do donašnjih dana oni su našli svoju mnogostruku primenu u mnogim oblastima ljudske delatnosti, medju kojima, svakako, na prvo mesto dolazi njihova primena u rentgen dijagnostici i rentgen terapiji pojedinih oboljenja. Ovaj veliki progres otkrio je, medjutim, i jedno novo poglavlje ljudske patologije.

Kratko vreme posle početka primene X zrakova zapaženi su i njihovi štetni efekti na pojedine organe i tkiva. Medju prvim oštećenjima koja su nastala kao posledica dejtva X zračenja, zapažena su oštećenja na organu vida. Prvi koji je

2

sistematski počeo da ispituje eksperimentalno štetno dejstvo na organ vida bio je minhenski oftalmolog ROHRSCHNEIDER /1/ i njemu imamo da zahvalimo na prvim saznanjima iz ova oblasti. Zapaženo je da oštećenja mogu nastati na svim delovima očnog aparata, ali da postoje i pojedini delovi oka koji su naročito osetljivi na zračenje, kao što je na primer sočivo.

Katarakta izazvana rentgenskim zračenjem opisana je od više autora / HOEVE /2/, JESS /3/, ROHRSCHNEIDER /4/ i drugi/. Klinička slika se karakteriše zamućenjima u zadnjem polu sočiva, koja se šire kako u zadnjem tako i u prednjem subkapsularnom sloju kao vakuole sa čestim prelivanjem boja. Kao pomoć u postavljanju dijagnoze da se radi o katarakti izazvanoj X zračenjem su veoma često izmenjeni krvni sudovi vežnjače, koji imaju oblik niske perli sa suženjima i proširenjima / JAENSCH /5/ /.

Karakteristično je za kataraktu izazvanu X zračenjem da su zamućenja isto kao i kod stakloduvača u predelu pupile i to u zadnjem polu sočiva / BIRCH- HIRSCHFELD/6/ /.

Katarakta se javlja tek kao kasna pojava posle ozračivanja. Razvitak katarakte je opisan posle 5 do 10 godina / KLAUBER /7/ /.

Valja imati na umu da doza zračenja igra veliku ulogu u nastajanju oštećenja, kao i činjenica da se pojedinačne doze kumulitaju, pri čemu se, usled frakcionisanja, povišava prag nadražaja.

U tabeli koju je dao KROKOWSKI /8/, prikazana su zamućenja sočiva u zavisnosti od primljene doze X zračenja, izražene u rentgenima / MERTE /9/ /.

mladje osobe	odjednom ili frakcionisano	200 r
odrasli	odjednom	200 r
	frakcionisano do 3 meseca	300 r
	frakcionisano preko 3 mes.	500 r
	frakcionisano preko 3 god.	800 r

U eksperimentu na zečevima najniža doza koja je davala kliničke i histološke promene u sočivu bila je 62,5 r. Smatra se da svaka doza krije u sebi potencijalnu sposobnost povrede sočiva, da za sočivo nema bezopasne doze. Kataraktogeno dejstvo X zračenja ublažava se frakcionisanim načinom zračenja, ali se ne može smatrati bezopasnim /LITRIČIN /10/. ROHRSCHNEIDER /4/ je na zečevima pokazao da postoji kumulacija vremenski rasporedjenih doza zračenja na efekte promena na očnom sočivu.

Rezultati novijih ispitivanja / HOCKWIN i OKAMOTO /11/ /pokazuju da pojedini uzročnici koji sami u malim količinama ne mogu da dovedu do stvaranja katarakte, mogu u zajednici sa drugim noksama da pruzrokuju zamućenje sočiva.

Pored toga treba napomenuti da je radiosenzibilnost sočiva velika ako se za merilo uzme trajnost promena, koja je uslovljena gradjom sočiva. Povredjene epitelne ćelije ostaju doživotno u sočivu, zatvorene u njegovoj

kapsuli / LITRIČIN /10/ /.

CILJ našeg rada je bio da prikažemo rezultate sitematskih pregleda organa vida u osoba profesionalno izloženih dejstvu X zračenja.

Metod rada:

Zbog mogućnosti oštećenja očnog aparata, u prvom redu mogućnosti nastajanja katarakte, u Institutu za medicinu rada i radiološku zaštitu SRS " Dr. Dragomir Karajović " u Beogradu vrše se od 1962 godine obavezne oftalmološke kontrole svih lica koja rade u zoni jonizujućeg zračenja.

Posebna je pažnja obračena na kongenitalne ili druge anomalije pri prvom pregledu pre zaposlenja, u onim slučajevima gde je to bilo moguće, kako se ova oštećenja docnije ne bi, eventualno, pripisala dejstvu jonizujućeg zračenja.

Pregled u midrijazi vršen je samo kod onih osoba gde je bila umanjena oštrina vida ili gde su postojali neki znaci zamućenja očnog sočiva.

Rezultati:

Oftalmološki je ukupno pregledano 183 osoba koje su hronično izližene dejstvu X zračenja. Od toga broja bilo je 111 rentgen tehničara, 25 ftiziologa, 23 rentgenologa, 13 stomatologa i zubarskih tehničara koji rade sa rentgenom i 11 lekara koji povremeno rade sa rentgenom.

Od promena na organu vida za nas su od najvećeg interesa kataraktę koje su nadjene u 1,6% / 3 slučaja /. Kod svih su registrovane monokularne katarakte. Dve su

zapažene u ftiziologa i jedna u jednog rentgenologa koja je nastala kao posledica povrede.

Pored registrovanih katarkti od interesa za ispitivanje bili su conjuntivitis-i i blepharitis-i koji su registrovani u 6,5% ispitivanih osoba.

Prosečna starost ispitivanih osoba iznosila je $\bar{x}$: 38,5 god. a prosečni eksponirani radni staž $\bar{x}$: 9,5 god.

Diskusija:

Osobe kod kojih je registrovana katarakta postavile su sa pravom pitanje, da li se radi o profesionalnoj katarakti izazvanoj X zračenjem ?-

Kod rentgenologa gde je anamnestički ustanovljena trauma, odgovor na postavljeno pitanje je bio jasan. Medjutim, kod ftiziologa 60 godina starog koji 15 godina radi sa rentgenom gde je zapažena cataracta nuclearis et corticalis o.dex. a po gotovu kod ftiziologa 44 godina starog koji 13 godina radi sa rentgenom, gde se u roku od 1,5 godine od zadnje kortikalne katarakte razvila katarakta matura, odgovor na to pitanje zadaje prilične teškoće. Iz toga smo razloga postavili sebi pitanje, da li X zračenje može da učestvuje u stvaranju katarakte kao kofaktor?-

Poznata su mišljenja NORDMANA /12/, KOCH-a /13/ i drugih autora, koji su opisali poremećaj u biohemizmu sočiva posle ozračivanja. Ako uzmemo u obzir eksperimentalne rezultate HOCKWIN-a i OKAMOTA /11/ može da se stvori predpostavka da X zračenje igra ulogu kao kofaktor u stvaranju presenilne katarakte.

Na osnovu svega može se postaviti pitanje da li treba presenilnu kataraktu kod osoba izloženih / hronično/ X zračenju, koja ne ide sa tipičnom slikom rentgen katarakte priznati kao profesionalnu?- Da li ćemo veću grešku napraviti ako tvrdimo da jeste ili da nije?-

Broj katarakti koje smo našli i broj ispitivanih osoba nikako ne bi mogli da nam posluže za egzaktnu statističku obradu. Iz toga će se razloga i dalje nastaviti ispitivanja oštećenih osoba i tek bi na osnovu dužih ispitivanja mogao da se da tačniji odgovor.

Posebno se postavlja pitanje da li doze koje primaju ispitivane osobe koje ne prelaze 1 rem godišnje, mogu posle dugogodišnjeekspozicije da deluju kao kofaktor u nastajanju presenilne katarakte.

RESULTS OF SYSTEMATIC EXAMINATIONS OF THE EYE OF PERSONS CHRONICALLY EXPOSED TO X-RADIATION

SAVIĆ S. and JEREMIĆ M.

A whole of 183 persons has been examined exposed chronically to X-ray irradiation.

Of this number there were 111 Roentgen technicians, 25 phthisiologists, 23 roentgenologists, 13 stomatologists and dental technicians, and 11 physicians periodically working with X-ray apparatuses.

The condition of the eye of the persons examined has been presented. With people where cataract has been ascertained the question is beeng posed whether a chronical exposition to small doses of X radioation may act as cofactor in the development of cataract.

Bibliografija:

1. ROHRSCHNEIDER,W.: cit. MERTE /9/
2. HOEVE,J.: cit. JAENSCH/5/
3. JESS,A.: cit. JAENSCH/5/
4. ROHRSCHNEIDER,W.: cit. JAENSCH/5/
5. JAENSCH,P.A.: Augenschädigungen in Industrie und Gewerbe, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft M.B.H. Stutthart, 1958.
6. BIRCH-HIRSCHFELD,A.: cit. JAENSCH/5/
7. KLAUBER,E.: Klin.Mbl. Augenhk.97 /1936/,522
8. KROKOWSKI : cit. MERTE /9/
9. MERTE,H.J.: Münchner Medizinische Wochenschrift, 109.10, /1967/,501-504.
10. LITRIČIN,O.: Dejstvo jonizujućeg zračenja na oko, Doktorska disertacija,Medicinski fakultet, Beograd, 1958.
11. HOCKWIN,O. und OKAMOTO,T.: Neue Wege zur Erzeugung von experimentellen Linsentrübungen und deren klinische Bedeutung.Niederrh.Ges.f.Natur-u. Heilkunde zu Bonn, Abt. Medizin am 15.6 1966.
12. NORDMANN,J. and MANDEL,P.: Amer.J.Phthal.,40,/1955/, 871-876.
13. KOCH,H.R.: Untursuchungen über den einfluss von Röntgenstrahlen auf die Enzymaktivitäten in unterschiedlich alten Rinder- und Kaninchenlinsen, Inaugural-Dissertation,Medizinisches Falutät, Universität-Bonn , 1966.

OBAVEZE I ZADACI ZDRAVSTVENE I SANITETSKE SLUŽBE NA SPROVODJENJU MERA MEDICINSKE RADIOLOŠKE ZAŠTITE U VANREDNIM USLOVIMA

PEJUŠKOVIĆ dr BOŽIDAR
HIGIJENSKI ZAVOD VOJNOMEDICINSKE AKADEMIJE

U vanrednim (ratnim) situacijama pri primeni nuklearnih borbenih sredstava, veliki deo obaveza iz radiološke zaštite pada na teret zdravstvene i sanitetske službe. Zajedničke obaveze ovih službi ostvaruju se kroz integralnu saradnju na detekciji i identifikaciji radioloških agenasa u sredinama (voda, hrana), zatim korišćenjem jedinstvenih normi, standardizovane i unificirane opreme, jedinstvenih metoda u dozimetriji i laboratorijskom radu, jedinstveni stavovi u zbrinjavanju radijacionih oštećenja i dr. Za uklanjanje posledica radiološke opasnosti, neophodna je saradnja i sa drugim organima i službama (civilna zaštita, ABHO, veterinarska služba, poljoprivredne organizacije i dr.).

Ograničenje u testiranju nuklearnih eksplozija, nastavljanje lokalnih oružanih sukoba i pravih ratova na raznim tačkama zemlje bez upotrebe nuklearnih sredstava, ne znači i prestanak opasnosti od ovog oružja i posledica koje ono sobom nosi. Postojanje nuklearnog oružja u oružanim snagama najjačim na svetu, predstavlja uvek latentnu opasnost od posledica njegove primene.

Obzirom na geografski položaj naše zemlje, postoji mogućnost kontaminacije većeg dela teritorije i bez direktnog učešća naše zemlje u ratnom sukobu. Ta potencijalna opasnost nameće niz problema, posebno zdravstvenoj i sanitetskoj službi, koje u takvim

stanjima, pod daleko težim uslovima od mirnodopskih treba da odgovore mnogostruko povećanim obavezama u zaštiti stanovništva. Ne ulazeći u druge posledice koje sobom nosi nuklearna eksplozija (razaranja, požari), dovoljna je samo radiološka opasnost da maksimalno angažuje pa i blokira rad zdravstvene i sanitetske službe.

Pokušaćemo da iznesemo neke probleme iz medicinske radiološke zaštite koje treba zajedno da rešavaju zdravstvena i sanitetska služba, no ne retko sa njima zajeno i druge službe i organizacije.

Kao prvo nameće se pitanje d e t e k c i j e radioaktivnosti u sredinama koje inače kontroliše zdravstvena služba, odnosno njeni preventivnomedicinski organi. Otkrivanje radioaktivne kontaminacije je polazna tačka u preduzimanju drugih mera medicinske radiološke zaštite i zaštite uopšte.

Naporedo sa ovim problemima otkrivanja, postavlja se i pitanje i d e n t i f i k a c i j e nekih radionuklida u vodi, hrani i drugim sredinama, tj. onih najtoksičnijih koji ulaze u biološki ciklus čoveka (Sr-90, Cs-137, J-131 i dr.). Ovo se pitanje postavlja naročito u situacijama kada nije poznato vreme eksplozije odnosno kontaminacije.

Radiološka opasnost nameće pitanje procene radiološke kontaminiranosti i upotrebljivosti hrane, vode i drugih predmeta opšte upotrebe, a što je u obavezi zdravstvene službe. Za davanje te procene tj. izvršenje e k s p e r t i z e potrebni su podaci o izvidjanju teritorije i detekciji zračenja, kao i rezultati identifikacije odnosno, radiometrijskih i radiohemijskih merenja i ispitivanja u raznim uzorcima. U rešavanju ovog zadatka potrebna je saradnja i sa drugim službama i organizacijama, kao što su civilna zaštita, ABHO, teritorijalna odbrana i dr. Polazna tačka u izvršavanju ovog zadatka

je postojanje usvojenih normi dozvoljenih nivoa kontaminacije sredina koje se ispituju (voda, hrana, površine) u ratnim uslovima. Dalje, neophodne su jedinstvene metode detekcije, identifikacije, standardizovane opreme i laboratorija, kao i jedinstven stav u evaluaciji dobijenih rezultata analize pri proceni i davanju mišljenja. Ovde treba istaći značajnu obavezu i stručnu odgovornost kadrova - eksperata, koji procenjuju upotrebljivost kontaminirane (dekontaminirane)hrane u ratnim situacijama, pošto su ratna stanja redovno praćena nestašicom hrane i gladju kod stanovništva. Ne može se sa desetak instrumenata različitih karakteristika dati jednaka ocena o stepenu kontaminacije neke sredine. Takvo stanje može dovesti do poremećaja i neusaglašenosti u provodjenju daljih mera medicinske radiološke zaštite. Oprema za radiološka merenja i analize koja se koristi, treba da bude portabilna, lako prenosna i da ima vlastite izvore napajanja, kako bi se mogla koristiti u svim uslovima. Metode treba da budu brze i približno tačne, kako bi odgovorile trenutnoj situaciji.

Nameće se potreba razrade stavova zdravstvene službe u gradaciji radijacionih oštećenja i mera koje se u datim okolnostima preduzimaju. Treba da se naprave ralike u težini oštećenja, naročito onih, koje imaju neposredan uticaj na radnu i borbenu sposobnost. Izvesna iskustva, da se domen efikasnih terapijskih i drugih postupaka kreću unutar odredjenih doza zračenja - iznad tih doza napori su uzaludni i neracionalni, a ispod tih granica su nepotrebni, treba koristiti u praktičnom radu na zbrinjavanju ozračenih.

Z a š t i t a od zračenja i kontaminacije je jedna od najvažnijih mera radiološke zaštite, jer sprečava ili oslabljuje efekte dejstva jonizujućih zračenja. Izrada sredstava zaštite, uskladjivanje sa fiziološkim i higijenskim normativima, propisivanje režima korišćenja sredstava i drugo zahteva stalnu saradnju

izmedju ABHO, civilne zaštite,zdravstvene i sanitetske službe. Pri gradnji skloništa i drugih objekata zaštite za ratne uslove, saradnja se proširuje na inžinjerijsku i gradjevinsku službu. U okviru rešavanja ovih kompleksnih pitanja posebna pažnja se mora pokloniti higijenskim zahtevima skloništa za sve uzraste, naročito za decu, stare, povredjene i obolele, kao i opremi i uslovima medicinskog rada u ovim objektima. Setimo se činjenice, koliko su ovakva skloništa u partizanskom ratovanju značila za smeštaj i lečenje povredjenih i obolelih.

Sve profilaktičke mere usmerene na smanjenje radijacionih oštećenja kod ljudi su korisne i predstavljaju značajnu karikу u sistemu radiološke zaštite. U literaturi se poodavno citiraju radioprotektori kao korisna sredstva zaštite izloženog ljudstva, a u opremi nacionalnih odbrana nekih zemalja se isti koriste za slabljenje radijacionih ucinaka na živu silu. Primena radiohemijskog protektora čini da njime zaštićeni čovek reaguje na ozračenje kao da nije primio stvarnu dozu kojoj je bio izložen, već kao da je bio izložen dozi umanjenoj za koeficijent dozne redukcije. Svakako da i ovaj problem treba da bude u centru pažnje našeg društva, kako bi se i na ovaj način uticalo na poboljšanje zaštite stanovništva u ratnim uslovima.

Naš II simpozijum, održan u Mostaru 1965. godine, imao je za glavnu temu: "Problemi radiološke dekontaminacije". Niz referata i diskusija ukazali su na ozbiljnost i veličinu ovog problema, naročito u vanrednim situacijama. Obzirom da je to samo jedan od problema radiološke zaštite, možemo sebi predstaviti koliki je ogroman zbir svih ovih pitanja koje svrstavamo u medicinsku radiološku, odnosno, radiološku zaštitu. Dogovorili smo se o mnogim pitanjima koje treba i koje smo dužni da uradimo. Pokušajmo da sagledamo ostvarene rezultate tog dogovora, tj. da vidimo koliko smo praktično sposobni za

brzo i efikasno rešavanja problema dekontaminacije povredjenih, obolelih i sanitetskih sredstava, tj. onih mera koje rešava zdravstvena i sanitetska služba sa svojim kadrovima i sredstvima. Ovo naglašava zbog toga što zdravstvena služba treba da bude sposobna da rešava o pitanja u ratnim situacijama. Iskustva koja su u dosadašnjem radu s tena u vojsci, mogu se koristiti radi bržeg, jednostavnijeg rešenja ovog problema. Neka rešena pitanja (izbor opreme, obuka) u okviru ABHO i sanitetske službe mogu poslužiti kao okosnica za dalju razra du pitanja dekontaminacije.

Maksimalnu saradnju treba ostvariti izmedju zdravstvene sanitetske službe na pitanju zbrinjavanja povredjenih od radijacije Saradnja počinje od prve pomoći, evakuacije, lečenja pa sve do reha bilitacije, kako bi se u što većem stepenu sačuvala radna i borbena sposobnost ozračenog ljudstva. I ovde se moraju postići jedinstveni stavovi o kategorizaciji povreda, trijaži, lečenju i dužini hospita lizacije. Obzirom na strukturu JNA i njenih zadataka u opštenarodno odbrambenom ratu, sanitetska služba je u nemogućnosti da duže zadrž va i leči povredjene i obolele unutar svojih sanitetskih jedinica i ustanova. Teret u zbrinjavanju povredjenih lica, treba posle kraćeg vremena da predje u kompetenciju zdravstvene službe. To znači, da s zbrinjavanje treba sprovoditi po jedinstvenim merilima, načinu leče nja, tj. po "jedinstvenoj ratno-medicinskoj doktrini". Ona obavezuj sve zdravstvene radnike, pa time i nas koji radimo po medicinskoj r diološkoj zaštiti, da usvajamo jedinstvene kriterijume i postupke u organizaciji, profilaksi i zaštiti povredjenih od radijacije. Ovo je moguće sprovesti racionalnim korišćenjem raspoloživih kadrova i sre stava koji se nalaze u okviru zdravstvene i sanitetske službe, funk cionalno objedinjenih u svrsishodan mehanizam zemlje, odnosno odred ne teritorije, pri čemu svaka služba zadržava svoju organizaciju i izvršava svoje specifične zadatke.

Postavlja se pitanje koliko je zdravstvena služba razradila ova pitanja, osposobila svoj kadar, usvojila normative, opremu, tj. da li je ona danas sposobna za izvršavanje svih ovih zadataka? Koliko je naše zakonodavstvo razradilo ove probleme i obaveze, kako bi se zadaci iz radiološke zaštite izvršavali bez većih teškoća u radu. Odgovor nije lako dati, tim više što se ne možemo pohvaliti sa spremnošću zdravstvene službe (u organizacionom, kadrovskom i materijalnom pogledu) za rešavanje pitanja medicinske radiološke zaštite u ratnim situacijama. Naši zakoni, posebno o zaštiti od jonizujućeg zračenja i Zakon o narodnoj odbrani, propisali su niz zadataka iz oblasti zaštite. Oni su ujedno označili i nosioce pojedinih zadataka. No, danas smo u situaciji, da ni jedan naš centralni organ (saveznog značaja), nema dovoljan uvid u tome, koliko se i kako ispunjavaju obaveze na polju radiološke zaštite od strane zdravstvenih ustanova i organizacija.

Na ovom mestu osvrnuli smo se samo na domen rada zdravstvene službe. Ta služba u ratnim uslovima obavlja samo deo rada iz oblasti radiološke zaštite. Na ovom poslu angažovane su i druge organizacije (civilna zaštita, ABHO, veterinarska služba, poljoprivreda i dr.), zadužene za borbu sa svim nedaćama koje sobom nosi radiološka opasnost. Zdravstvena služba nije u stanju, niti ima za to snaga i potrebe, da sanira sve posledice radiološke opasnosti, nego se preko dobro organizovanih štabova, odnosno zaduženih organa na nivou federacije, republike i regiona ostvaruje integralna akcija svih faktora odgovornih za sprovodjenje protivradiološke zaštite. Ovo nameće potrebu da se u mirnodopskim uslovima izvrše potrebne pripreme na organizaciji mera protivradiološke opasnosti u vanrednim stanjima.

Pokretanjem ovih pitanja na Simpozijumu hteli smo da na neki način više i intenzivnije angažujemo stručne snage i organizacije na rešavanju ovih pitanja značajnih za narodnu odbranu.

USLOVI RADA, EKSPOZICIJA ZRAČENJU I ZDRAVSTVENO STANJE LICA KOJA RADE NA RENDGEN APARATIMA

PEJUŠKOVIĆ, B., POLJAK B., NIKOLIĆ O., ZLATIĆ V.

HIGIJENSKI ZAVOD VOJNOMEDICINSKE AKADEMIJE

U toku pet godina (1964 - 1968. g.) praćeni su uslovi ra u rendgen kabinetima jedne vojnosanitetske ustanove. Vršena su mere nja rendgen zračenja i efektivna dnevna ekspozicija zračenju izlož nog ljudstva, zatim filmdozimetrija i kontrolisano zdravstveno sta nje 57 lica kroz godišnje periodične preglede.

Rezultati ispitivanja su pokazali da se prosečne godišn. doze zračenja kreću ispod maksimalno dozvoljenih (120 - 550 mR) i nema prekoračenja godišnje doze. Srednja dnevna efektivna ekspozic ja zračenju iznosi za rendgenologe 24 min., hirurge 10 min., rendg tehničare 2,05 min. i bolničare 61 min. Zaštita na radu i uslovi r su dobri. Rutinske metode kontrole zdravstvenog stanja (klinički i laboratorijski pregledi) nisu kod izloženih lica pokazali odstupa nja od normalnih vrednosti, niti je bilo vidljivih oštećenja.

Male doze zračenja kojima su u svakodnevnom radu izlože na lica koja rade na rendgen uredjajima su uvek sporne da li ili n izazivaju reakcije u organizmu u vidu jasno definisanog oboljenja. Doze, kojima su ta lica izložena, obično su ispod maksimalno tolerantnih (1, 3, 5), te se pod njihovim uticajem ne manifestuju pore mećaji opšteg stanja u smislu radijacione bolesti. Medjutim, ove m le doze mogu kroz dugi niz godina da oštete organizam, kao posledi ca stalnog izlaganja slabim dozama zračenja u vidu kasnih efekata zračenja.

Imajući to u vidu, pokušali smo da pratimo zdravstveno stanje izloženog ljudstva (26 muških i 31 žena) rendgen zračenju, koji rade u jednoj sanitetskoj ustanovi, kroz period od pet godina (1964 - 1968. g.). Naporedo sa praćenjem zdravstvenog stanja ovi lica posmatrani su uslovi rada u rendgen kabinetima, vremenska ekspozicija zračenju, filmdozimetrija i stanje zaštite.

Cilj ovog rada je bio da se pomoću rutinskih, kliničkih i laboratorijskih metoda, koje su uredbama i Zakonom propisane, orijentišemo o eventualnim promenama, tj. oštećenjima kod lica koja rade na ovim kabinetima.

Materijal i metode

Jedanput godišnje vršeno je merenje doze zračenja na rendgen aparatima, na radnom mestu lekara i ostalog pomoćnog osoblja pr pregledima bolesnika u stojećem i ležećem stavu. Merenja su vršena na sledećim radnim mestima: 1 - u visini ekrana, 2 - ispod ekrana na olovnoj gumi, 3 - u visini kolena lekara iza zaštitnog paravana i 4 - na 1 m iza lekara gde stoji bolničar. Za ležeći položaj pacijenta kontrolisana je izloženost: 1 - u visini glave lekara na 25 cm iznad ekrana; 2 - kod trbuha lekara oko 20 cm pored ekrana i 3 - kod nogu lekara na 50 cm iznad poda. Merenja su vršena: rendgenometrom EKCO - No 555, pištolj-dozimetrom PD-2 i radiometrom FH-4 TLS, pri maksimalnim radnim uslovima.

Sva lica, čije smo zdravstveno stanje kontrolisali, podvrgnuta su filmdozimetrijskoj kontroli. Merenje i očitavanje filmova vršeno je jedanput godišnje.

Hronometražom je praćena stvarna ekspozicija lekara i ostalog osoblja rendgen zračenju za vreme redovnog radnog vremena kod svih vrsta rada. Ovo je obavljeno na taj način, što je medicinski tehničar pratio rad i registrovao stvarnu ekspoziciju zračenju za sve vrste rada koji se obavljaju u kabinetima. Pri

tome su registrovani broj i vrste pregleda i uporedjeni sa dnevnikom rada.

Za procenu uslova rada koristili smo se i mikroklimatskim merenjem radne sredine u rendgen kabinetima (temperatura, vlažnost, strujanje vazduha) i merenjem ventilacije i buke.

Zaštita na radu sagledavala se kroz opšte stanje zaštićenosti izvora zračenja, stanja prostorija, kao i postojanje i korišćenje ličnih sredstava zaštite.

Zdravstveno stanje zaposlenih, praćeno je kroz periodične zdravstvene preglede jedanput godišnje. Pri pregledima uzimana je lična i radna anamneza, registrovane subjektivne žalbe i vršeni klinički pregledi od strane lekara specijalista, zatim laboratorijski pregledi krvi i mokraće, tj. sva ispitivanja koja su naznačena naši pozitivnim zakonodavstvom, za ovu grupu lica izloženih dejstvu joni zujućih zračenja.

Praćena muška grupa imala je prosečnu starost 42 godine (35 - 56 g.), sa prosečnim radnim stažom od 10 godina. Srednja starost žena iznosi 37,6 godina (27 - 46 godina), sa prosečnim radnim stažom od 9 godina. Kontrolnu grupu nismo imali.

Rezultati

U tabeli 1. iznesene su srednje godišnje ekspozicione doze rendgen zračenja putem filmdozimetrije:

TAB. br.

Prosečne godišnje doze za pojedine grupe osoblja koje rade na rendgen uredjajima

Osoblje	Broj kontrolisanih	1964.	1965.	1966.	1967.	1968.
Lekari-rendgenolozi	19	218	276	351	217	142
Tehničari	20	274	140	547	327	302
Bolničari	18	208	218	291	364	182

Nije se pojavio ni jedan slučaj prekoračenja dozvoljene odišnje doze od 5 R. Prekoračenje mesečne MDD, i to gotovo uvek a odredjenim radnim mestima, gde priroda posla zahteva stajanje neposrednoj blizini rendgen cevi, bilo je u pet slučajeva kod endgen tehničara pri pridržavanju pacijenta za vreme grafija ili bog kvara na automatskom uredjaju aparata.

Rezultati merenja rendgenskog zračenja na radnim mestima ekara i pomoćnog osoblja izneti su u tabeli 2.

TAB. br. 2

Rezultati merenja rendgen zračenja

Mesto merenja	mR/h
) Za stojeći položaj pacijenta:	
1. u visini ekrana	1,00 - 5,00
2. ispod ekrana na olovnoj gumi	0,25 - 1,00
3. u visini kolena, iza paravana	0,00 - 0,00
4. 1 m iza lekara	0,50 - 2,00
) Za ležeći položaj pacijenta:	
1. kod glave lekara, 25 cm iznad ekrana	0,00 - 0,80
2. kod trbuha lekara, 20 cm pored ekrana	2,00 - 3,00
3. kod nogu lekara, 50 cm iznad kolena	0,00 - 0,00
4. iza zaštitnog paravana i kod komandnog stola	0,10 - 0,25

TAB. br. 3

Prosečna dnevna efektivna izloženost zračenju

Zvanje	Efektivna dnevna izloženost	Prosečan broj intervencija
Rendgenolog	24 min.	34
Hirurg	10 min.	1 - 2
Ftiziolog	1 min.	2 - 3
endg n tehničar	2 min.	60
Bolničar	61 min.	68

Napomena: Bolničari ne rukuju rendgen uredjajima, ali se nalaze prostoriji za čitavo vreme rada, dok se lekari u toku rada smenjuju.

Prosečna dnevna izloženost zračenju, izneta u tabeli ustanovljena je hronometražom, tj. praćenjem dnevne aktivnosti funkciji efektivne dnevne izloženosti zračenju.

Treba napomenuti da su pri popodnevnom radu rendgenol eksponirani isto, pa čak i više (28 min.), no u radno vreme, do tehničari i bolničari upola manje.

Mikroklimatska merenja radne sredine i merenja ventil je pokazali su da su uslovi rada dobri. Srednja temperatura izn 24°C, relativna vlaga 30%, efektivna temperatura 20,5°C. Ventil ja sa urednom mrežom potisnih i usisnih vazduhovoda uvedena je 1965. godine. Sveži vazduh predhodno se zagrejava preko kalorif Buka se kreće od 66 do 77 decibela, tj. nalazi se na gornjoj gr ci dozvoljenog. Svojim intenzitetom i neprekidnim radom utiče n psihičko stanje i koncentraciju pri radu, otežavajući sporazume nje lekara sa pacijentom za vreme pregleda.

Zaštita na radu je dobra. 1967. godine postavljene su govarajuće olovne obloge na pregradnim zidovima i vratima. Izme vrata i hodnika gde se nalaze pacijenti, postavljeni su zaštitn ravani. Pri radu se koriste lična zaštitna sredstva: kecelje, r ce i drugi pribor.

Periodični zdravstveni pregledi, kako je rečeno, vrše jedanput godišnje. Subjektivne tegobe koje su ispitanici iznosi prilikom pregleda, prikazane su u tabeli 4.

TAB. br. 4

Subjektivne žalbe kod pregledanih lica

Pregledana lica	Glavobolja		Umor		Pospanost		Probadi u predelu srca		Poremećaji menstrual. ciklusa	
	1964.	1968.	1964.	1968.	1964.	1968.	1964.	1968.	1964.	1968.
Muški	3	4	-	2	1	3	1	1	-	-
Žene	3	5	2	3	1	1	1	1	1	3

Osim ovih, redje su se javljali tromost, vrtoglavica i dr.

Klinički pregledi, u pogledu opšteg zdravstvenog stanja izloženih lica, nisu nam ukazali na neke promene i odstupanja. Nalazi specijaliste za medicinu rada, dermatologa, okuliste i neurologa bili su uglavnom negativni. Rezultati laboratorijskih pregleda iznesenі su u tabeli 5.

TAB. br. 5

Srednje vrednosti nekih elemenata krvne slike

Elementi krvne slike	Srednje vrednosti sa standard. devijacijom			
	m u š k i		ž e n e	
	1964.	1968.	1964.	1968.
Eritrociti u hiljamada	4,225 ± 0,364	4,459 ± 0,157	3,770 ± 0,240	3,730 ± 0,197
Hemoglobin %	83,0 ± 6,6	88,3 ± 3,5	74,4 ± 5,1	74,4 ± 3,3
Leukociti	5.900 ± 1,305	6.085 ± 1,400	5.350 ± 0,950	5.420 ± 1,090
Tromociti u hiljadama	205 ± 28	204 ± 22	200 ± 20	203 ± 25

Leukocitarna formula i drugi nalazi bili su u granicama normale.

Diskusija

Svrha merenja rendgen zračenja je da se orijentišemo o ste-

penu izloženosti lica koja rade na rendgen aparatima, o količini zračenja, kao i o radnim mestima koja su najviše izložena zračenju. Rezultati merenja pokazali su da maksimalna ekspoziciona doza zračenja iznosi 1 do 5 mR/h i da je u tolerantnim granicama. Iako je čitavo telo lekara i osoblja izloženo zračenju, izmerene doze su ispod maksimalno dozvoljenih. Do sličnih nalaza je došao i PETROVČIĆ (1), pri proučavanju izloženosti rendgenologa i osoblja.

Filmdozimetrijska kontrola ljudstva izloženog zračenju, i pored izvesnih nedostataka, predstavlja danas najpogodniju metodu za kontrolu primljenih doza (2, 3). Rezultati filmdozimetrije nam ističu malu srednju godišnju dozu, koja se kreće od 120 do 550 mR. Ovo je potvrda rezultata merenja zračenja na rendgen aparatima.

Prosečna dnevna efektivna eksponiranost, dobijena hronometražom, pokazala je relativno kratku vremensku izloženost osoblja rendgen zračenju. Ovde su sabrani vremenski intervali kada su rendgen aparati bili uključeni i pri tome se vršile grafije, skopije i druge intervencije. Pripremne i ostale radnje nisu registrovane.

Pri ocenjivanju zdravstvenog stanja lica uzimali smo u obzir subjektivne tegobe, koje su se javljale u vidu glavobolje, umora, pospanosti i dr. One su se javljale kod 35% pregledanih, slično kao što je našla GUSKOVA (5), dok K. N. KLAJČINA (4) nalazi i veći procenat subjektivnih smetnji. Ove žalbe nisu naravno,specifične za dejstvo rendgen zračenja.

Opšte medicinsko stanje nije pokazivalo odstupanje od normale. Krvni pritisak je iznosio u proseku kod muških 129/84, a kod žena 124/87, tj. u granicama normale, kao i puls (kod muških 70/min. a žena 73/min.). Sovjetski autori (4, 5) nalaze jače izraženu hipotoniju i elektrokardijalne promene na srcu kod profesionalno izloženih zračenju. Pokazatelji periferne krvi su u granicama normale, što potvrdjuju i drugi autori (4, 5, 10).

Relativno mala i nehomogena grupa od 57 izloženih lica zračenju, bez kontrolne grupe, koja bi poslužila za uporedjenje nekih parametara, ne dozvoljava nam da stvaramo stroge zaključke o promenama, naročito ne onim koje mogu nastati kasnije, kao posledica hroničnog ozračenja.

Zaključak

Ekspozicija rendgen zračenju lekara i osoblja koje radi na rendgen aparatima, praćena je u toku 5 godina. Na osnovu merenja rendgen zračenja, filmdozimetrije, merenja efektivne izloženosti zračenju, može se zaključiti da se primljena doza ozračenja kreće u granicama nižim od maksimalno dozvoljenih. Zaštita na radu i režim rada doprinose opštoj zaštićenosti izloženih lica.

Zdravstveno stanje izloženih lica, praćeno kroz godišnje periodične preglede, pokazalo je da nema somatskih oštećenja niti promena u perifernoj krvi, koje se mogu dokazati propisanim rutinskim, kliničkim i laboratorijskim pregledima.

L I T E R A T U R A

1. PETROVČIĆ F., Arhiv za hig. rada i toksikol., 11, 117,(1960)
2. CEROVAC H., Arhiv za hig. rada i toksikol., 19, 315, (1968)
3. MIHAILOVIĆ M. et al., Acta medica iugoslavica, 16, 149 (1962)
4. KLAJČINA N. K. et al., Gig. truda i prof. zabolj. 8, 9 (1964)
5. GUSKOVA A. K., et al., Gig. truda i prof. zabolj. 10, 5 (1966)
6. RADOTIĆ M., Radijaciona povreda čoveka, 1966. IVMD, Beograd
7. GUSKOVA A. K., Medicinskaja radiologija, 8, 3, (1963)
8. ABRAHAMS A., Environmental Health, 5, 473, (1962)
9. DJURIČIĆ I., et al. Medicina rada, 595 (1958), Medicinska knjiga Beograd - Zagreb
10. SOKOLOV V., et al., Gig. truda i prof. zabolj., 10, 11, (1966)

RADIOLOŠKA ZAŠČITA PRI REAKTORJU TRIGA MARK II

GABROVŠEK Z., KRISTAN J., MIHELČIČ B.

Nuklearni institut "Jožef Stefan", Ljubljana

ABSTRAKT

V referatu je opisan sistem radiološke zaščite pri reaktorju TRIGA Mark II. Poleg vsakodnevnih in tedenskih rutinskih pregledov doz sevanja in kontaminacije površin je glavna naloga radiološke zaščite, da nadzoruje izvajanje varnostnih mer pri delu na eksperimentalnih napravah reaktorja. Opisani so zaščitni ukrepi pri nekaterih tipičnih eksperimentih na reaktorju.

UVOD

Za zaščito pred ionizirajočim sevanjem pri reaktorju TRIGA Mark II skrbi Samostojni odsek za zaščito na Nuklearnem institutu "Jožef Stefan". Glavne naloge radiološke zaščite pri reaktorju so:

1. Osebna kontrola prejetih doz sevanja operatorjev reaktorja, eksperimentatorjev pri reaktorju in obiskovalcev.

2. Kolektivna zaščita v prostorih reaktorja

3. Radiološka kontrola okolice

4. Merjenje doz in zaščita pri delu na odprtih horizontalnih eksperimentalnih kanalih in v eksperimentalnem bazenu reaktorja.

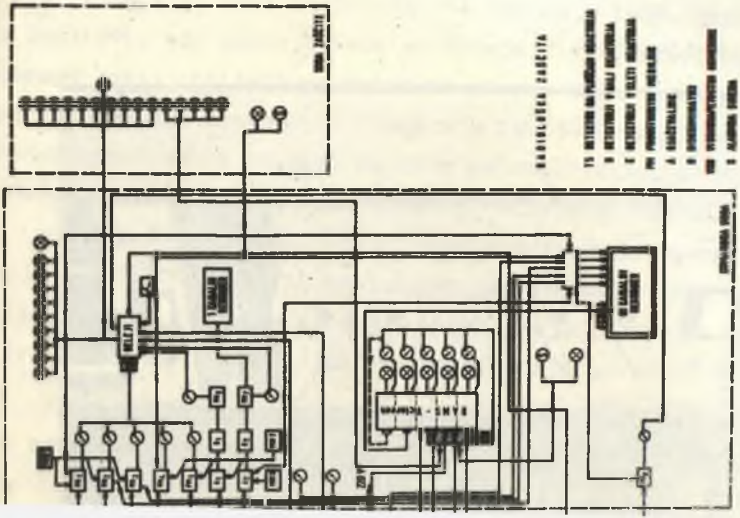
5. Radiološka kontrola v vrtiljaku in v pnevmatski pošti obsevanih vzorcev in priprava obsevancev za transport.

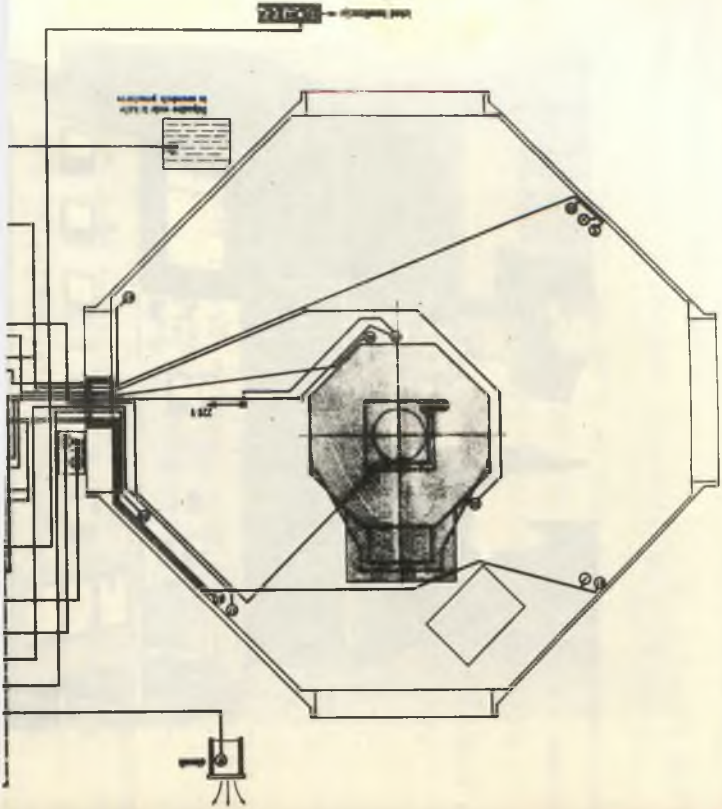
V članku je na kratko opisano delo radiološke zaščite pri reaktorju TRIGA po posameznih nalogah.

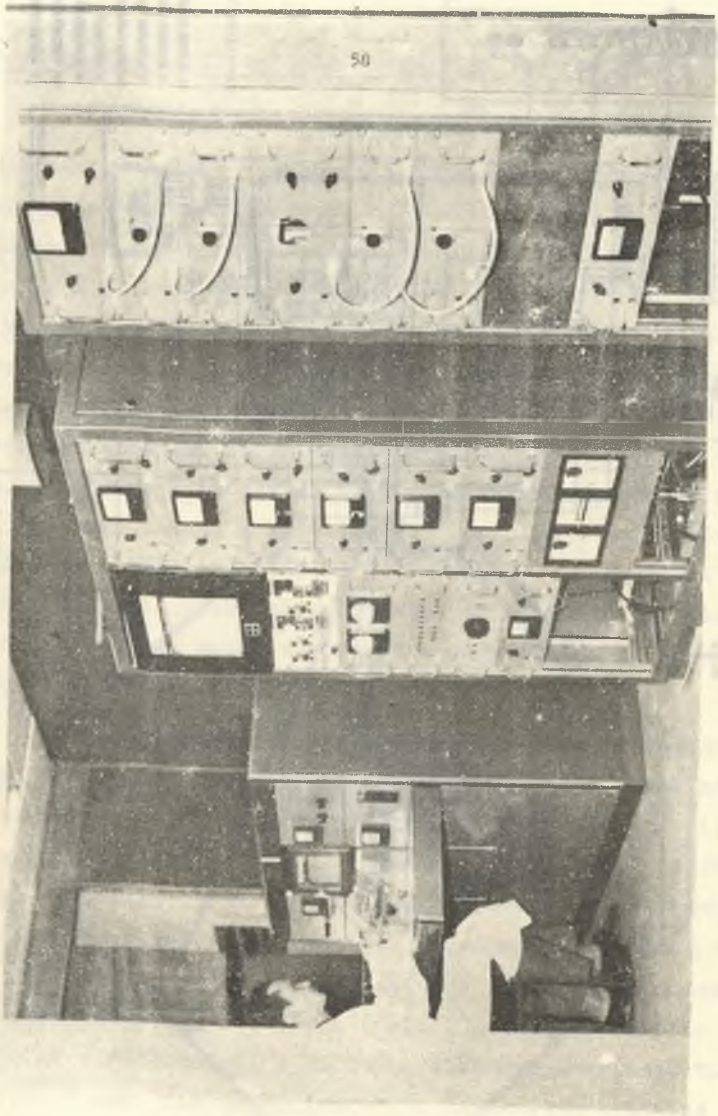
DELO IN ORGANIZACIJA RADIOLOŠKE ZAŠČITE PRI REAKTORJU

Vsi operatorji in eksperimentatorji pri reaktorju obvezno nosijo pri delu v reaktorskih prostorih filmske dozimetre in žepne dozimetre za neposredno odčitavanje prejetih doz. S filmskimi dozimetri se enkrat mesečno ugotavlja akumulirana doza žarkovja gama, hitrih in termičnih nevtronov. Pri delu na eksperimentalnih kanalih se merijo doze na izpostavljenih delih telesa. V ta namen se opremijo raziskovalci s prstan dozimetri oziroma se jim pritrdijo filmi na tiste dele telesa, ki lahko med delom pridejo v nevtronski curek. Od pričetka obratovanja reaktorja, to je od 1.VI.1966, niso bile nikoli presežene tolerančne doze, predpisane v Osnovnem zakonu o zaščiti pred ionizirajočimi zračenji (Uradni list SFRJ 12, 1965 od 24.III.1965). Obiskovalci reaktorja dobijo žepne dozimetre na neposredno odčitavanje doze in so med ogledom reaktorja vedno v spremstvu odgovornega sodelavca grupe za obratovanje reaktorja.

V reaktorski dvorani, kleti reaktorja, klimatskih napravah, v dimniku, v bazenu za odpadne vode in v kanalizaciji se na 15 mestih stalno meri doza radioaktivnega sevanja (1). Razpored detektorjev sevanja (ionizacijske celice, geigerski števci, scintilacijski števec in BF_3 števec) je prikazan na sl. 1. Vsi merilni instrumenti so nameščeni v komandni sobi, tako da ima dežurni operator reaktorja pregled nad dozami sevanja v vseh prostorih reaktorja (sl. 2). Doze na desetih važnejših mestih se stalno beležijo na lo kanalnem registrirnem instrumentu. Pri večini merilnih instrumentov je nastavljen alarm na 2o mr/h. V kolikor preseže doza sevanje na posameznem merilnem mestu to vrednost se sproži zvočni in svetlobni signal za evakuacijo prostorov. V takem primeru se postopa v skladu z določili členov 24 - 32 "Pravilnika o varstvu pri delu v prostorih reaktorja",






50

katerega je sprejel Svet Instituta dne 24. maja 1966. Reaktor se takoj zaustavi, vse osebe katere se nahajajo v reaktorskih prostorih morajo takoj odhiteti na določeno zborno mesto pred reaktorsko zgradbo. Vodja izmene pri reaktorju izključi ventilacijo reaktorske dvorane in vključi napravo za recirkulacijo zraka preko absolutnih filtrov. Nato dežurni radiološke zaščite in vodja izmene pri reaktorju, opremljena s prenosnimi monitorji za merjenje doz žarkov gama in nevtronov, ugotovita vzrok alarma ter ukreneta vse potrebno, da se zopet vzpostavijo pogoji za redno delo pri reaktorju (eventuelna dekontaminacija površin itd.).

Dnevno se preverja delovanje stalnih merilnih postaj. Ostale rutinske meritve in pregledi se vršijo enkrat tedensko. To so:

a) Pregled in preizkušanje alarmnih naprav

b) Kontrola kontaminacije z brisi, kateri se vzamejo na sledečih izpostavljenih mestih:

- na ploščadi reaktorja (2 brisa)
- na ploščadi pred komandno sobo (1 bris)
- ob zaščitnem ohišju nevtronskega spektrometra na čas preleta (2 brisa)
- na stopnicah v klet reaktorja (1 bris)
- pri čistilnih napravah primarne vode (1 bris)

c) Merjenje koncentracije radioaktivnih aerosolov v zraku reaktorske dvorane.

Dozimetrijske meritve zraka in vode pri reaktorju TRIGA so opisane v posebnem referatu na tem simpoziju pod naslovom: Merjenje radioaktivnosti vode in zraka pri reaktorju TRIGA.

Za merjenje koncentracije radioaktivnih snovi v okolici reaktorja je 2oo m zahodno od reaktorske stavbe filtrirna postaja. Zrak se črpa neprekinjeno, filtri se merijo vsakih 24 ur. Ni opaziti povišanja aktivnosti atmosfere med delovanjem reaktorja. Na istem mestu se zbirajo atmosferske usedline ter meri njihova

totalna beta aktivnost. Nismo opazili nihanja aktivnosti med obratovanjem reaktorja in pri večdnevnih zaustavitvah reaktorja.

Enkrat tedensko se jemljejo vzorci iz reke Save in to pred in za izlivom odpadnih vod iz reaktorja v Savo. Vzorce vode iz Save analizira tudi Republiški zavod za zaščito pred ionizirajočim sevanjem. Doslej nismo opazili povišanja aktivnosti vode v Savi vsled izliva odpadnih vod iz reaktorja.

Poostreni radiološki nadzor je nujen pri delu na horizontalnih eksperimentalnih kanalih reaktorja in v eksperimentalnem bazenu. Glavno nevarnost predstavlja razmeroma visok fluks hitrih in termičnih nevtronov na ustju eksperimentalnih kanalov. Tako je med obratovanjem reaktorja na polni moči 25o kW na ustju radialnega kanala št. 1 fluks hitrih nevtronov $3.1o^8 n/cm^2 sek.$, fluks termičnih nevtronov pa $4.6.1o^8 n/cm^2 sek.$ Med obratovanjem reaktorja na večjih močeh se odprti eksperimentalni kanali zaščitijo z lovilci nevtronskega snopa, vodnimi stenami in plastmi svinčenih ter boriranih parafinskih kock.

Reaktor TRIGA Mark II ima poleg eksperimentalnih naprav tudi naprave za obsevanje vzorcev. V vrtiljaku in pnevmatični pošti se je v prvih dveh in pol letih obratovanja reaktorja obsevalo okoli 95o vzorcev za raziskovalce na Institutu in zunanje naročnike. Obsevane vzorce prevažamo iz reaktorja na Institut v lastnih prevoznih sredstvih s spremljevalcem. Vzorci aktivnosti nekaj uCi se vstavljajo v zaščitne kontejnerje iz svinca z debelino 2 cm, vzorci aktivnosti nekaj mCi pa v svinčene kontejnerje z debelino sten 5 cm. Še bolje je treba zaščititi vzorce večjih aktivnosti, pri čemer velja pravilo, da doze na površini zaščitnih kontejnerjev niso večje od 5o mr/h. Naročniki izven Instituta lahko sami prevzamejo obsevane vzorce pri reaktorju, oziroma jim jih primerno zavarovane dostavljamo z lastnimi ali javnimi prevoznimi sredstvi.

Dozimetrijska kontrola je izredno pomembna tudi pri vseh vzdrževalnih delih in popravilih reaktorja, kot so to zamenjava

aktivne smole v demineralizatorju, prenašanje vročih gorivnih elementov iz reaktorja v shrambo gorivnih elementov, popravilo in čiščenje vrtiljaka itd.

ZAKLJUČEK

Raziskovalni reaktor je vir močnega sevanja žarkov gama, termičnih in hitrih nevtronov. V reaktorju obsevani vzorci so beta in gama aktivni. Vsled tega je nujno potrebna stalna radiološka kontrola osebja, prostorov reaktorja in okolice. To delo uspešno opravlja osebje radiološke zaščite, kar ugotavlja tudi Republiški sanitarni inspektorat ob rednih vsakoletnih pregledih reaktorja TRIGA Mark II.

THE RADIATION PROTECTION AT THE NUCLEAR REACTOR TRIGA

In the paper the radiological protection system at the TRIGA Mark II is described. Besides the routine radiological surveys, which are performed on daily or weekly basis, the main task of radiological protection service is to supervise safety measures during the work on experimental facilities. Some typical examples of such work are described.

LITERATURA

1. Hanžel S. and al., Radiation Monitoring and Protection System for the Reactor TRIGA Mark II at the Nuclear Institute "J.Stefan" Ljubljana, NIJS Report - 494, December 1966.

DOZE ZRAČENJA I ZAŠTITA PACIJENATA PRI GRAFIJI ZUBA

TOMAŠEVIĆ MIROSLAV, DIPL.FIZIČAR

Institut za medicinu rada i radiološku
zaštitu "Dr Dragomir Karajović"-Beograd

R e z i m e:

U ovome radu su prikazani rezultati merenja doza zračenja, kojima se izlažu pacijenti prilikom grafije zuba i to u predelu glave, sternuma i genitalnih organa. Sem toga, izvršena su merenja širine ozračenog polja pri kontaktnom snimanju.

Merenja doza zračenja dobijena su sa 100, a merenja širine ozračenog polja sa 50 rendgen aparata različitih tipova i porekla, na teritoriji SR Srbije, a posebna pažnja je posvećena aparatima tipa DENT /Elektronska industrija - Niš/.

Na kraju rada, dat je osvrt na zaštitu pacijenata od zračenja, koja je, po mišljenju autora nedovoljna, a inače neophodna.

U v o d:

Merenje doza zračenja kojima se izlažu pacijenti pri grafiji zuba, sprovedeno je na 100 rendgen aparata u skoro isto toliko ustanova na teritoriji SR Srbije. Iz podataka o dnevnom proseku snimanja proizilazi da se u ovoj republici dnevno izvrši oko 1500 grafija zuba, što znači da se u toku jedne godine podvrgne snimanju blizu 500.000 pacijenata. Samo u tri veće ustanove u Beogradu, broj grafija zuba u toku jednog dana iznosi oko 400. U toku jedne godine bude dakle ozračeno oko 150.000 lica ili svaki šesti gradjanin.

Pod istim uslovima kao i odraslima, snimaju se zubi velikom broju dece, a nije redak slučaj da se snimanju izlažu i gravidne žene. Izvesnom broju pacijenata radi se i ceo status za koji je potrebno šest,sedam pa i više ekspozicija.

Pored ovih pacijenata različite starosti, pri grafiji zuba zračenju se izlaže i osoblje koje snima najčešće bez zaštitnih paravana.

Prikaz rendgen aparata za grafiju zuba

Na teritoriji SR Srbije, pod kontrolom Odseka za dozimetriju jonizujućeg zračenja, prema podacima iz 1967 i 1968 godine, nalazi se nešto preko 100 rendgen aparata za grafiju zuba.

Struktura ispitivanih aparata je sledeća:

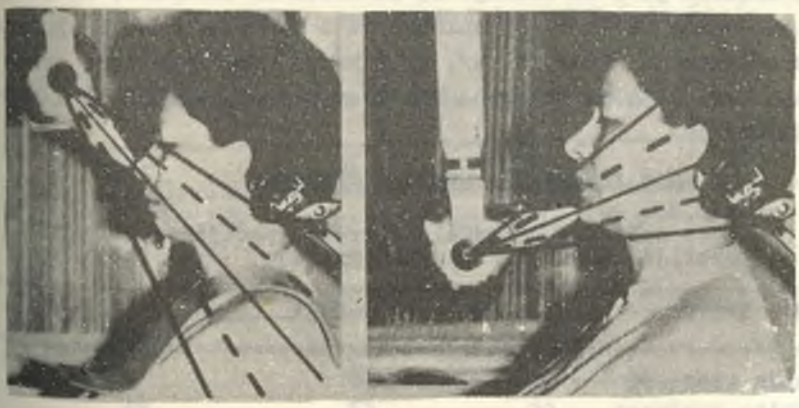
TAB.BR. 1

Rendgen aparati koji se koriste za grafiju zuba

NAZIV	%	NAZIV	%	NAZIV	%
Dent	60	Perles lab.	8	Meta Vinopal	3
Moravica	9	TuR	2	Chirana	4
Neretva	2	Siemens	4	Ostali	8
				UKUPNO:	100

Doze zračenja kojima se izlaže telo pacijenata pri grafiji zuba

Prilikom snimanja zuba dolazi do ozračivanja pacijenta. Ozračeno je ne samo ono mesto uz koje je prislonjen tubus zračnika, već je celo telo izloženo izvesnim manjim dozama zračenja u zavisnosti od položaja zračnika.



Sl. 1

Položaj zračnika i ozračeno polje pri snimanju zuba

Pri snimanju gornjih sekutića, nagibni ugao iznosi 55° i direktan snop zračenja zahvata skoro ceo sternum i manji deo glave. Pri snimanju molara gornje vilice tubus pod uglom od -35° do

-45° usmerava snop zračenja na gornji deo sternuma i veći deo glave. U slučaju da se snimaju zubi donje vilice, zračnik je okrenut naviše u suprotnom smeru od predhodnog i to pod uglom od -20° za sekutiće do -5° i -10° za očnjake i molare. Tada je direktnim snopom zračenja zahvaćena cela glava pacijenta. Ovaj je položaj povoljniji ukoliko posmatramo doze zračenja u predelu sternuma pcijenta, ali je zato glava zahvaćena direktnim snopom, pri čemu su oči pacijenta izložene velikim dozama zračenja.

Ovaj je rad imao za cilj da odredi doze račenja kojima je pacijent izložen prilikom grafije zuba.Merenja su vršena u predelu glave,sternuma i genitalnih organa a obavljena su za vreme normalnog rada osoblja pri snimanju zuba sa elementima koje su oni sami odabirali /položaj pacijenta i zračnika kao i vreme ekspozicije/.

a/ Doze zračenja u predelu glave

Merenje doza zračenja u predelu glave pacijenta obavljeno je jonizacionom komorom Victoreen model No.228 od 5R, na mestu kontakta, na preko 100 tendgen aparata i utvrdjeno je da se one nezavisno od tipa aparata kreću izmedju 400mR i 3500mR, obračunato na vreme snimanja od 1s. Za rendgen aparat EI NIŠ DENT vrednosti se kreću od 550 mR do 3000mR. Sa najnižom dozom zračenja od 1000mR snimano je u 6% slučajeva, sa dozom do 2R u 20%, do 3R u 25% a sa dozama većim od 3R snimano je u 45% posmatranih slučajeva /obračunato na vreme od 1s/. Ukoliko se uzme u obzir i vreme snimanja tada najniža izmerena vrednost iznosi 600mR/1.5s a najveća 3000mR/3s.

b/ Doze zračenja u predelu sternuma

TAB.BR. 2
Doze zračenja u predelu sternuma pacijenta pri grafiji zuba u mR za jednu grafiju

GORNJA VILICA	molari leve strane	sekutići	molari desne strane
Minimalna vrednost	10	16	9
Maksimalna vrednost	60	63	22
Srednja vrednost	15	45	15
DONJA VILICA			
Minimalna vrednost	10	18	13
Maksimalna vrednost	64	70	52
Srednja vrednost	32	37	26

Ove doze su odredjene Adox Dosis Doppelfilm-om sa Em.Nr. 30H525. Doze su merene pri snimanju oko 300 pacijenata aparatom Dent, a pri različitim položajima zračnika.

Kako se iz tabele vidi, doze zračenja su najveće u predelu sternuma za vreme snimanja sekutića gornje vilice, jer je tada zračnik usmeren direktno na sternum. One su niže pri snimanju molara gornje vilice a pri snimanju zuba donje vilice u izvesnim slučajevima dobijene su i veće vrednosti, istina ne često i uglav nom kao posledica položaja zračnika.

c/ Doze zračenja u predelu genitalija pacijenata

Vrednosti do kojih se došlo za predeo genitalnih organa pri čemu je takodje korišćen Adox Dosis film, iznosile su pri snimanju gornjih sekutića 1,5 mR. One se ne mogu u potpunosti prihvatiti jer je metoda filmdozimetrije, koja je u ovom slučaju korišćena, nesigurna za ovako male vrednosti.

Na ovako velike razlike izmedju najmanje i najveće doze zračenja, koja je nadjena pri grafiji zuba, utiču pre svega sama konstrukcija aparata kao i izabrano vreme snimanja. To vreme odabiraju lica koja vrše snimanje. Ono se odredjuje proizvoljno i u najvećem broju slučajeva je duže no što je preporučeno od strane proizvodjača aparata. Na primer, EI Niš za svoj aparat Dent daje vreme snimanja od 0,5 do 1s, u zavisnosti od zuba koji treba snimiti, dok je u praksi ono uvek duže /od 0,6 do 6s./.

TAB. BR. 3

Vreme sa kojim se vrše snimanja zuba

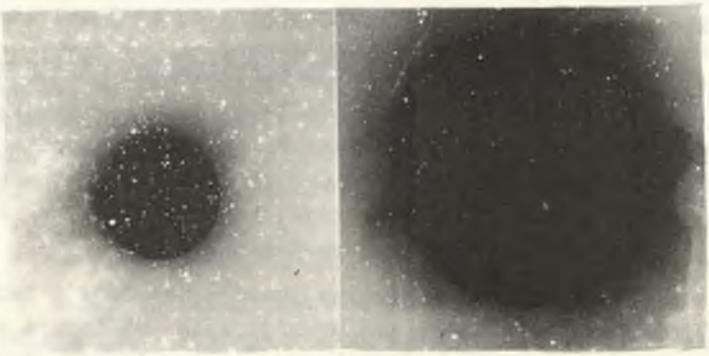
VREME	%	VREME	%
Ispod 1 sekunde	12	od 2s do 2,5 s	19
od 1s do 1,5 s	17	od 2,5 s do 3 s	12
od 1,5s do 2s	30	preko 3 sekunde	10

Širina ozračenog polja

Na dozu zračenja kojoj će za vreme grafije biti izložen pacijent, utiče još jedna karakteristika, koja je uslovljena samom konstrukcijom aparata, a to je širina ozračenog polja tj. površina koju na mestu kontakta tubusa sa kožom pacijenta zahvata

direktan snop zračenja. Ovo ozračeno polje odredjivano je tako što je ozračivan film formata 18x24 cm AGFA GEVAERT i to na oko 50 rendgen aparata različitih tipova. Razvijeni filmovi su fotometrirani radi odredjivanja doza zračenja. Snimanje je u svim slučajevima obavljeno sa 2 sekunde.

Polje koje zahvata direktan snop zračenja na mestu kontakta ima pravilan kružni oblik sa jasno ocrtanim ivicama.



Sl. 2

Ozračeno polje pri kontaktu/polje prečnika 6 i 11,8 sm/

Doza zračenja unutar ovoga polja je homogena što se zaključuje prema zacrnjenju ovoga dela filma. U zavisnosti od vrste aparata doza zračenja u ovom delu kretala se izmedju 800 mR i 6000 mR. Izvan ovog jasno ocrtanog dela, nastaje zona zahvaćena manjim dozama izmedju 420 mR i 100 mR. na samoj granici centralnog polja i 12-60 mR na rastojanju 8 sm od centra.

TAB.BR. 4

Prečnik i površina ozračenog polja pri kontaktnom snimanju

APARAT	Prečnik polja	Površina polja
DENT	60 - 90 mm	28,26 - 70,84 cm^2
ostali	56 - 118 mm	24,62 - 109,30 cm^2

U većini slučajeva ozračeno polje je pravilnog oblika ali u nekim slučajevima dobijene su i deformisane slike polja što je bila posledica neispravnosti aparata /kod starih/.

Pri kontaktnom snimku, od aparata DENT, širinu polja izmedju 60 mm i 65 mm ima 90% aparata a prečnik veći od 65 mm samo 10%. Naročito kod stranih, a i kod nekih domaćih aparata, prečnik polja do 60 mm ima samo 33% aparata dok ostalih 67% imaju veći.

Razlika u površini ozračenog polja mala je kod aparata Dent u odnosu na druge aparate i to samo zato što ovaj aparat ispred tubusa u kućištu zračnika ima ostavljen mali otvor koji na neki način ograničava snop zračenja - njegovu širinu. Po pravilu u tubusu rendgen aparata za grafiju zuba treba da se nalazi prsten od olova koji bi ograničavao širinu ozračenog polja ali na njega nailazimo vrlo retko /ili nije ugradjen ili je izvadjen da bi se lakše centriralo zračenje u odnosu na film/. Na širinu snopa zračenja utiče takodje i dužina tubusa koja kod Dent aparata iznosi oko 7,5 cm a kod nekih stranih iznosi i preko 15 cm.

To znači ako jednom pacijentu snimamo zub na aparatu kod koga je širina ozračenog polja na kontaktu 60 mm ozračena površina na glavi pacijenta je mala i usaglašena sa postojećim zakonskim propisima. Medjutim, ako se pod istim uslovima obavi snimanje sa aparatom kod koga je širina ovog polja veća /u našem najgorem slučaju 11,8 cm/ tada je direktnim snopom zračenja zahvaćena cela glava i deo sternuma.

Zaštita pacijenata pri snimanju zuba

Doze zračenja kojima se izlažu pacijenti pri snimanju zuba, u proseku pri svakoj grafiji, iznose oko 4000 mR u predelu glave, 17 do 45 mR u predelu sternuma i oko 1 do 2mR /pri snimanju sekutića gornje vilice/ u predelu genitalnih organa.

Pravilnik o korišćenju rendgen aparata i o merama zaštite od rendgenskih zraka /Sl.list SFRJ br.36/65 i čl. 45 i 46/ obavezuje ustanove da nabave zaštitna sredstva za pacijenta i da se ista koriste pri izlaganju pacijenta zračenju.

Medjutim, prema podacima Odseka za dozimetriju jonizujućih zračenja, zaštitna sredstva na teritoriji SR Srbije ne koriste se ni u jednoj zdravstvenoj ustanovi. Tačnije, samo dve ustanove poseduju ova sredstva, dok je nekoliko u tu svrhu nabavilo zaštitne olovne kecelje. Ali ni u jednoj od ovih ustanova ova se sredstva ne koriste.

U cilju zaštite pacijenata pri grafiji zuba od uticaja jonizujućeg zračenja nije dovoljno samo da se zaštitna sredstva nabave, već i da se ista neizostavno svakodnevno koriste. Sem toga potrebno je da lica koja vrše snimanje odabiraju najkraće moguće vreme snimanja jer se na taj način najuspešnije smanjuje i doza zračenja kojoj se izlaže pacijent. Takodje ne treba snimati sve i po svaku cenu već samo onda kada je to neophodno potrebno.

Slično je i sa osobljem koje vrši snimanje, jer u 66% ustanova osoblje obavlja snimanje zuba bez zaštitnih paravana.

Z a k l j u č a k:

Doze zračenja, kojima se izlažu pacijenti, nisu u svim posmatranim slučajevima bile iste. One su se menjale ne samo u zavisnoti od tipa rendgen aparata, već takodje i u zavisnosti od vremena i geometrije snimanja. Obzirom da se ova dva elementa odabiraju proizvoljno, dešava se da lica, koja vrše snimanja, usled svoje nestručnosti i neodgovornosti, odabiraju duže vreme ekspozicije uglavnom da bi se skratilo vreme razvijanja filmova. Pri tome se pacijent izlaže većim dozama zračenja nego što je potrebno.

Za ovo stanje, glavnu odgovornost snose ustanove tolerišući upotrebu nepodešenih tipova aparata, zatim lica koja vrše snimanje nemajući odgovarajuću stručnu spremu i na kraju ustanove koje obavljaju radiološku zaštitu kao i Republički sanitarni inspektorat.

Pravilnikom o stručnoj spremi lica koja rade sa izvorima jonizujućeg zračenja ..... /Sl.list SFRJ 31/65/ je u članu 2 predvidjena kvalifikaciona struktura kadra koji se bavi radom sa rendgen aparatima, ali se tih propisa ustanove ne pridržavaju a kontrola je nedovoljno efikasna. Zbog toga je neophodno svim licima koja vrše snimanja omogućiti dokvalifikaciju i težiti da se rigorozno sprovode propisi o upotrebi zaštitnih sredstava uz stalno nastojanje da se ona učine prikladnijim i lakšim za upotrebu.

Kontrolu preko Republičkog sanitarnog inspektorata treba pooštriti jer postoji čitav niz ustanova koje koriste rendgen aparate bez potrebnog odobrenja.

Summary

THE MEASUREMENT OF QUANTITY OF RADIATION AND THE PROTECTION OF PATIENTS DURING THE X-RAYING OF TEETH

TOMAŠEVIĆ M.

This work presents the results achieved during the measurements of quantity of radiation which the patients are exposed to during the radiography of teeth in the region of head, sternum and genitals. Beside that, the measurement of the radiated field during the contact radiography have also been carried out.

The radiation quantity measurements have been obtained od 100, and the radiated field measurements on 50 X-Ray apparatuses of various types and origin on the teritory of the Socialist Republic of Serbia. Particular attention has been devoted to the apparatus of the DENT /EI - NIŠ/ type.

At the and of this work, a short reference has been made on the protection of patients during the radiation, which, in the opinion of the author, is today rether insufficient, although it is so indispensible.

Literatura

1. Von Seelentag W., Der Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik.

2. Bubenik J., Decreased hazard in work with X-Ray apparatus in stomatology.

3. Bubenik J., Protection and safety measures for work with dental X-Ray aparatus.

RADIOPROTEKTIVNA SVOJSTVA NEKIH ORGANSKIH POLIMERA KOJI SLUŽE KAO OMOTAČI ZA PREHRAMBENE PROIZVODE

STANKOVIĆ S. - VELJKOVIĆ S.

INEP, Zemun; PMF, Beograd

Rezime

U ovom radu prikazana su adsorptivna svojstva celuloznih membrana za biološki značajne radionuklide Sr-85,89, Cs-137 i Ce-144.

Posebna pažnja posvećena je mogućnosti smanjenja adsorpcije pomenutih radionuklida u uslovima kompleksiranja njihovih jona sa dinatrijumovom soli EDTA i ostalim organskim kiselinama (limunska, mlečna). Pri adsorpciji jona na membranama koje su impregnirane ovim kompleksnim jedinjenjima, autori su zapazili izvesne pravilnosti koje se mogu objasniti hemijskom prirodom ispitivanih jona.

Zadatak proučavanja i referata je da ukaže na mogućnosti praktične primene rezultata.

Uvod

U okviru proučavanja radiološke kontaminacije biosfere veoma je važan problem zaštite životnih namirnica.

Namirnice animalnog porekla koje se koriste u svežem stanju (meso, mesni proizvodi, jaja, mleko, mlečni proizvodi) pakuju se u odgovarajuće omote od polietilena, polivinila, celuloze, naturina i drugih materijala, a koji imaju osobine sintetičkih membrana. Da bi se utvrdila zaštitna svojstva ovih membrana vršena su preliminarna eksperimentalna ispitivanja njihove propustljivosti za jone $^{85,89}Sr$, ^{137}Cs i ^{144}Ce. Dobiveni rezultati pokazuju da joni stroncijuma i cezijuma penetriraju kroz celofanske membrane, dok to nije slučaj za jone cerijuma. Specifične aktivnosti rastvora ispitivanih jona iznosile su $1,2 \times 10^{-4}$ mCi/ml. Prema tome, ovakvi omotači ne mogu pružiti efikasnu zaštitu namirnica od kontaminacije (1).

Radi potpunijeg sagledavanja problema zaštite vršena su ispitivanja adsorpcije ovih radionuklida na pomenutim membranama.

Pored adsorpcije slobodnih jona ispitivana je i adsorpcija jona koji su kompleksirani sa organskim kiselinama (dinatrijumova so etilendiamintetrasirćetne kiseline, limunska i mlečna). Pri kompleksiranju jona dobijaju se molekuli sa promenjenim osobinama za adsorpciju, što znači da bi adsorpcija u ovim uslovima trebalo da se izmeni, tj. da se smanji u odnosu na adsorpciju slobodnih jona. Efikasnost zaštite proizvoda koji se nalazi u omotu, na ovaj način, bila bi povećana.

Materijal i tehnika rada

Iz grupe celuloznih membrana odabrali smo za ispitivanja celofan Nalo oznake " Kalle Actiengesellshaft". Njegova debljina iznosi 0,5 mm. Propustljiv je za vazduh i ta propustljivost je manja od 0,01 $g/m^2/h$. Pri promenama temperature ispod 100°C celofan je postojan. Iznad ove temperature može doći do razaranja celuloze. Razaranje se postiže na 180°C. Nepromočiv je, može se vruć lepiti, lakiran je i bezbojan (2).

Radioelementi, čija je adsorpcija ispitivana, korišćeni su u obliku vodenih rastvora njihovih soli i to: $^{85,89}Sr$ (bez nosača) koji je dobijen iz Odelenja za proizvodnju radioizotopa Instituta "Boris Kidrič" u obliku $^{85,89}Sr(NO_3)_2$; ^{137}Cs i ^{144}Ce (oba bez nosača), koji su nabavljeni iz radiohemijskog centra Amersham (Velika Britanija) u obliku $^{137}CsCL$ i $^{144}CeCl_3$.

Koncentracije primenjenih organskih kiselina su sledeće: dinatrijumova so EDTA - 0,025N, limunska kiselina 0,1N i mlečna kiselina 0,2N.

Uzorci celuloznih membrana, geometrijske površine 6,25 cm^2, uronjavani su u rastvore radionuklida čije su koncentracije iznosile od 0,05 do 0,1 μCi i koji su imali pH vrednost 5. Uzorci su ostavljani u rastvoru, uz povremeno mešanje, do 1 časa, jer je toliko vremena bilo potrebno da se uspostavi ravnoteža procesa. Posle ovog vremena trake su vađene iz rastvora, ispirane blagim mlazom vode, sušene na vazduhu i merene na brojaču "Ekco Electronics" sa celokupne površine uzorka zbog povoljne geometrije brojačkog uredaja. Standardna greška u merenju intenziteta radioaktivnosti iznosila je 1 %.

Kompleksiranje jona organskim kiselinama vršeno je na dva načina. Kompleksirajuća sredstva su dodavana u rastvor ispitivanog radionuklida (Na so EDTA), ili su poslužila kao sredstva za

impregnaciju membrana (Na so EDTA, limunska i mlečna kiselina). Impregnacija je vršena tako što su u rastvor određene kiseline potapane membrane i pri temperaturi od 22 do 25°C ostajale 8 časova. Nakon isteka vremena trake su vađene iz rastvora, ispirane vodom i sušene na vazduhu. Trake su, dalje, stavljane u rastvor odgovarajućih radionuklida da bi se ispitala njihova adsorpcija na površinama membrana.

Rezultati merenja

Primenjujući prethodne postupke, pri ispitivanju kinetike adsorpcionih procesa, radiometrijskim merenjima je utvrđeno da je adsorpcija svih radionuklida na celofanskim membranama veoma smanjena posle kompleksiranja njihovih jona sa pomenutim organskim kiselinama.

Specifične aktivnosti rastvora radionuklida su sledeće:

$^{85,89}Sr(NO_3)_2$	1 μCi/ml
$^{137}CsCl$	0,1 μCi/ml
$^{144}CeCl_3$	0,05 μCi/ml .

Specifična aktivnost rastvora $^{144}CeCl_3$ je najmanja, jer je adsorpcija cerijumovog jona na celofanu Nalo, u poređenju sa adsorpcijom ostalih radionuklida, najveća (3).

Kinetika adsorpcije svih jona praćena je na teperaturi od 25°C i iz rastvora koji su imali pH = 5. Kinetika ^{144}Ce ispitivana je i pri temperaturi rastvora od 35°C i pH = 3. Rezultati adsorpcije, kao srednje vrednosti merenja šest uzoraka, prikazani su u tabelama 1 i 2, a grafički na slici 1.

TAB. br. 1.

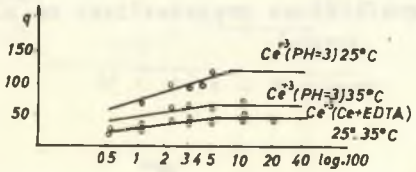
Kinetika adsorpcije ^{144}Ce adsorbovanog iz rastvora koji ima pH = 3

t (min)	0,5	1	2	3	4	5	10	20	40
25°A(imp/min)	57	69	96	96	98	117	120	120	120
35°A(imp/min)	41	48	59	62	62	68	67	65	65

TAB. br. 2.

Kinetika adsorpcije ^{144}Ce koji je adsorbovan iz rastvora u kojem je jon cerijuma kompleksiran sa Na-soli EDTA

t (min)	0,5	1	2	3	4	5	10	20	40
25°A(imp/min)	22	33	39	41	45	39	46	46	46
35°A(imp/min)	23	33	39	42	45	46	47	45	46



Slika 1.- Kinetika adsorpcije ^{144}Ce adsorbovanog iz rastvora u kojem je jon cerijuma kompleksiran sa Na-soli EDTA i iz rastvora koji ima pH = 3

Na osnovu dobijenih rezultata sledi da se za kinetiku adsorpcije jona cerijuma može primeniti jednačina Eloviča, koja ima sledeći oblik (4):

$$q = \frac{2,303}{\alpha} \log (t + k) - \frac{2,303}{\alpha} \log t_o$$

$$t_o = \frac{1}{\alpha} t , \qquad k = t_o e$$

q je adsorbovana količina adsorbenta u vremenu t, α parametar brzine reakcije, koji se obično smanjuje sa vremenom, k je konstanta koja se povećava sa temperaturom.

Iz gornje jednačine očigledno je da je q = f (t). Ovakva logaritamska zavisnost adsorbovane količine jona (radioaktivnosti) dobijena je i pri ispitivanju kinetike adsorpcije ^{137}Cs i $^{85,89}Sr$.

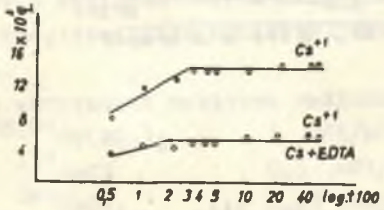
U tabeli 3 prikazani su rezultati adsorpcije ^{137}Cs.

TAB. br. 3.

Kinetika adsorpcije ^{137}Cs adsorbovanog iz rastvora koji ima pH = 5 i iz rastvora u kojem je jon cezijuma kompleksiran sa Na-soli EDTA

t (min)	0,5	1	2	3	4	5	10	20	40
A(imp/min) Cs^{+1}	7995	17137	13112	14245	14357	14064	14377	15066	15000
A(imp/min) Cs^{+1}+EDTA	3593	4503	4250	5044	5036	5167	5493	6175	6463

Ovi rezultati grafički su predstavljeni na slici 2.



Slika 2.- Kinetika adsorpcije ^{137}Cs adsorbovanog iz rastvora koji ima pH = 5 i u kojem je jon cezijuma kompleksiran sa Na-soli EDTA

U tabeli 4 dati su rezultati za kinetiku adsorpcije $^{85,89}Sr$.

TAB. br. 4.

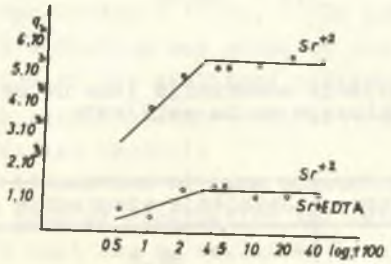
Kinetika adsorpcije $^{85,89}Sr$ adsorbovanog iz rastvora koji ima pH = 5 i iz rastvora u kojem je jon stroncijuma kompleksiran sa Na-soli EDTA

t (min)	0,5	1	2	3	4	5	10	20	40
Sr^{+2}A(imp/min)	2826	3842	4826	5511	5193	5197	5391	5600	5500
Sr^{+2}+EDTA, pH=5 A(imp/min)	2336	3268	4355	4588	4100	4577	5060	5000	5000
Sr^{+2}+EDTA, pH=9 A(imp/min)	729	492	1334	1374	1459	1497	1235	1329	1318

Zapaža se da je efikasnost kompleksiranja veća u alkalnoj

nego u kiseloj sredini, jer je veća lakoća građenja kompleksa Sr^{+2} sa EDTA u sredinama viših pH vrednosti (5).

Na slici 3 rezultati su prikazani grafički.



Slika 3.- Kinetika adsorpcije $^{85,89}Sr$ adsorbovanog iz rastvora koji ima pH = 5 i u kojem je jon stroncijuma kompleksiran sa Na-soli EDTA

Izrazito smanjenje adsorpcije jona svih ispitivanih radioelemenata može se objasniti mogućnošću građenja kompleksnog jedinjenja između ispitivanih jona i EDTA. Postojanje ovih jedinjenja nije analitički dokazano, ali nas na ovaj zaključak navodi znatno smanjenje adsorpcije jona. U literaturi (6) navode se podaci o postojanju polinuklearnog kompleksa između cerijuma i Na-soli EDTA. Takođe, je prikazan i odnos koncentracija metalnog jona i kompleksirajućeg sredtva, koji smo i mi koristili u našem radu.

Efikasnost kompleksiranja određena je konstantom stabilnosti nagrađenog kompleksa. Ukoliko je ova konstanta veća, nastali kompleks je stabilniji. U tabeli 5 date su konstante stabilnosti jona ispitivanih radionuklida sa EDTA (7;8).

TAB. br. 5.

Konstante stabilnosti jona metala sa EDTA

Elemenat	PK_s
Ce^{+3}	16,6
Sr^{+2}	8,63
Cs^{+1}	1,66

PK_s je negativan logaritam konstante stabilnosti.

Pri impregnaciji celofana sa ovim kompleksnim jedinjenjem takode je postignuto smanjenje adsorpcije jona, što je prikazano u tabeli 6.

TAB. br. 6.

Procenat smanjenja adsorpcije jona na celofanu Nalo, impregniranim sa Na-soli EDTA

Vrsta izotopa	Smanjenje adsorpcije (%)
$^{144}Ce^{+3}$	86,2
$^{85,89}Sr^{+2}$	30,4
$^{137}Cs^{+1}$	11,8

Rezultati smanjenja adsorpcije jona na celofanskoj membrani impregniranoj mlečnom kiselinom prikazani su u tabeli 7.

TAB. br. 7.

Procenat smanjenja adsorpcije jona na celofanu Nalo, impregniranim mlečnom kiselinom

Vrsta izotopa	Smanjenje adsorpcije (%)
$^{144}Ce^{+3}$	75,4
$^{85,89}Sr^{+2}$	-
$^{137}Cs^{+1}$	21,5

Rezultati prikazani u gornjim tabelama ukazuju na veće smanjenje adsorpcije viševalentnih jona, što je u saglasnosti sa vrednostima konstanti stabilnosti jedinjenja koja se grade izmedu ispitivanih jona i organskih kiselina (7; 8; 9). Ovaj zaključak proveren je i ispitivanjem adsorpcije jona svih radioelemenata na celofanskoj membrani koja je prethodno tretirana limunskom kiselinom. Smanjenje adsorpcije $^{144}Ce^{+3}$ iznosi 82,0 %, dok se jon cezijuma adsorbuje istim intenzitetom kao i na membrani koja nije impregnirana navedenom kiselinom.

Summary

In this work the authors present the adsorptive characteristics of certain cellulose membrane for the biologically signi ficant radionucleides $^{85,89}Sr$, ^{137}Cs and ^{144}Ce.

Special attention was given to the possibility of reducing the adsorption of the mentioned radionucleides by complexing the ir ions with ethylendiaminetetra-acetic-acid, and other organic acids (citric and lactic).

In the adsorption of ions on membranes which are impregnated by this complex combination the authors have noticed certain regularities that can be explained by chemical origin of the exa mined ions.

The purpose of the studies and this paper is to point out the possibility of a practical application of the results.

Literatura

1. Godišnji izveštaj Instituta za primenu nuklearne energije u poljoprivredi, veterinarstvu i šumarstvu, Zemun, (1966).
2. Kalle Actiengesellschaft - "Cellophan"- Directions for Use.
3. STANKOVIĆ S., magistarski rad "Selektivna adsorpcija jona na sintetičkim membranama organskih polimera", PMF, (1968), Beograd.
4. LOW D.J.M., Chemical Review, 60, 267, (1960).
5. DELEVAUX E.L., Journal de Pharm. de Belgique, 7, 505, (1952).
6. SONESSON A., Acta Chemica Scandinavica, 12, 165-181, (1958).
7. SCHWARZENBACH G.,(et) al., Helvet. Chim. Acta, Pars I, 31, 1037, (1948).
8. ŽILIGOVSKAJA N.N., (et) al., Himija kompleksnih soedinenij, 202, (1966), Moskva.
9. Stability constants, Special publications, N° 17, The Chemical Society, (1965), London.

IZRAČUNAVANJE IONIZIRAJOČEGA SEVANJA IN POTREBNE ZAŠČITE PRED IONIZIRAJOČIM SEVANJEM BETATRONOV

Grgič M., Kristan J.
Nuklearni institut "Jožef Stefan"

Abstrakt

V referatu je podano izračunavanje ionizirajočega sevanja betatronov na osnovi poznavanja: (i) energije pospešenih elektronov, (ii) toka (časovno povprečje) pospešenih elektronov in (iii) razporeditve materialov v odnosu na pospeševalno cev.

Z upoštevanjem zakona o ohranitvi energije je najprej ocenjena integralna rast doze (kg.rad/s). Z upoštevanjem zakonov širjenja in pretvarjanja ionizirajočega sevanja pri prehodu skozi snov, pa je ocenjena prostorska porazdelitev rasti doze za posamezne oblike ionizirajočega sevanja.

Zaradi ilustracije je izračunavanje uporabljeno za betatron NIJS zato, da smo lhako primerjali rezultate izračunavanja z dejanskimi razmerami pri betatronu. Mislimo, da je takšno izračunavanje pomembno za razumevanje potreb zaščite pri betatronih in za projektiranje zaščite pri gradnji novih betatronov.

1. Uvod

Glavni namen referata je, da bi prispeval k boljšemu razumevanju izvajanja in projektiranja zaščite pred ionizirajočim sevanjem betatrona.

Nekaj podatkov o ionizirajočem sevanju in o potrebah zaščite pred ionizirajočim sevanjem pri betatronih lahko najdemo v priročniku radiacijske higiene (1). Rezultati izračunavanja sevanja se v grobem ujemajo z rezultati primerjalnih meritev za več evropskih betatronov, ki so jih opravili von Kretscho i.dr. leta 1960 (2).

Omenjene primerjalne meritve (2) so pokazale, da je bila prvotno pri zaščiti pred sevanjem betatronov zanemarjena zaščita pred nevtroni, kar je prihajalo najbolj do izraza pri svin-

čenih vratih betatronskih prostorov.

2. Osnovne značilnosti betatrona

Betatron je v bistvu transformator, pri katerem je sekundarno navitje zamenjano z evakuirano toroidno cevjo z vgrajenim izvorom elektronov (tiratronski injektor), ki v ustreznem trenutku injektira na krožno pot (v trangencialni smeri) močan fokusiran pljusek elektronov, ki traja nekaj us. Elektroni krožijo po krožnem tiru znotraj toroidne cevi, če so izpolnjeni sledeči pogoji: (i) Magnetno polje "transformatorja" mora biti krožno-simetrično, koncentrično s toroidno cevjo in pravokotno na ravnino toroidne cevi; (ii) Gostota magnetnega pretoka na krožnem tiru (B_t) mora biti dvakrat manjša kot povprečna gostota magnetnega pretoka (B_i) znotraj krožnega tira; (iii) Magnetno polje na krožnem tiru mora biti vzbočeno (nehomogeno).

Navedeni trije pogoji zadoščajo, da krožijo v trenutku pred ejekcijo (ekspanzijo) vsi elektroni po istem tiru polmera R in imajo enako gobalno količino (p) in zato tudi enako energijo, ki jo lahko izračunamo po enačbi:

$$eV_{el} = \sqrt{(cp)^2 + (mc^2)^2} - mc^2 \text{ , kjer je } p = e.R.B_t$$

Pri energijah elektronov, ki so večje kot 5 MeV lahko zanemarimo mirovno energijo elektrona mc^2 pod korenom in dobimo za energijo (napetost) izraženo v (V) izraz:

$$V_{el} = c.R.B_t - 5{,}1.10^5 \text{ V}$$

Če vzamemo R = o,25 m in B_t = o,4 Vs/m^2 ter c = 3.10^8 m/s, dobimo V_{el} = 3o,o MeV, kar približno ustreza nominalni energiji elektronov betatrona NIJS (B-B-C, 31 MeV).

3. Ionizirajoče sevanje betatrona

3.1. Pretvorba žarka elektronov v žarek zavornega sevanja

Pri betatronu NIJS (31 MeV), ki dela z žarkom zavornega sevanja je v toroidno cev (na obod) vgrajena platinska tarča debeline 1,5 mm, oziroma 3 g/cm^2. Brez upoštevanja sevalnih izgub energije izgubijo elektroni energije 1o - 3o MeV pri preho-

du skozi platino (3) približno 1,5 MeV/g/cm^2. Razmerje med sevalno izgubo energije in trkovno izgubo energije (4) pa je približno enako ZE/16oo mc^2 (kjer je Z atomsko število snovi tarče, E energija elektrona in mc^2 mirovna energija elektrona). Za platinasto tarčo (Z = 78) in energijo 23 MeV (srednja vrednost v tarči) je razmerje enako 2,3. Izguba energije bo torej (1 + 2,3). 1,5 MeV/ /g/cm^2 = 5,o MeV/g/cm^2 = $\frac{15 \text{ MeV}}{3 \text{ g/cm}^2}$.

Žarek elektronov preda torej v tarči debeline 3 g/cm^2 samo približno polovico svoje energije, nadalnje zaviranje pa ni zaželjeno, ker daje samo zavorno sevanje nizkih energij. Povprečno preda elektron zavornemu sevanju 1o MeV. Ostala energija se potroši približno 6 MeV za segrevanje tarče, ostalih 15 MeV pa se absorbira v stenah cevi, v kolimatorju in ostalih materialih.

3.2. Moč žarka zavornega sevanja za betatron NIJS

Prost žarek zavornega sevanja (brez kolimacije in filtracije) daje v razdalji 1 m od tarče rast doze 6o rad./min , ali 1 rad/s (v fantomu iz pleksija na globini 6 cm). Efektivni doseg energije fotonov tako visokih energij je približno 4o g/cm^2 za lahke materiale kot je pleksi (1). Izračunati je treba še efektivni prostorski kot žarka. Po podatkih iz literature (1) pade intenziteta žarka na polovico pri kotu $\vartheta_{1/2} = 4\ mc^2/E$ radianov, kjer je E energija elektronov. Če predpostavimo, da pojema intenziteta žarka v odvisnosti od kota po Gaussovi funkciji (3) dobimo:

$$\Omega_{ef} = \frac{\pi}{\ln 2} \cdot \vartheta^2_{1/2} = 72 \left(\frac{mc^2}{E}\right)^2$$

Moč zavornega žarka je torej velikostnega reda 1,o rad/ /s .(1oo cm)^2 72 (mc^2/E) . 4o g/cm^2 = 8 kg.rad/s = o,o8 W $\approx$ o,1 W. Torej je moč elektronskega žarka velikostnega reda o,3 W. Iz tega sledi: I = o,o1 μA/1,6.1o^{-13}. el/μAs = 6.1o^{1o} el/s. Približno toliko je tudi zavornih fotonov na sekundo.

3.3. Fotonsko sevanje zunaj žarka

Fotonsko sevanje zunaj žarka betatrona tvorijo predvsem: anihilacijsko sevanje, ki je posledica tvorbe parov; komptonsko sipani fotoni; zavorno sevanje, ki ga povzročajo pari in

komptonski elektroni ter fotonsko sevanje, ki ga povzroča zaviranje primarnih elektronov izven platinske tarče (tistih, ki pridejo skozi tarčo). Inducirano radioaktivnost pa bomo obravnavali posebej. Energija fotonov v smereh, ki so več kot 60° odklonjene od smeri žarka je manjša kot 1 MeV (komptonsko sipanje in anihilacijsko sevanje). Težko je natančno oceniti jakost fotonskega sevanja zunaj žarka, vendar je dovolj konservativno oziroma pesimistično, če vzamemo, da dobimo na vsak primarni foton (oziroma na vsak pospešeni elektron) po 5 fotonov energije o,5 MeV v prostorski kot 4π. Imamo torej približno 3.10^{11} fotonov na sekundo zunaj žarka s povprečno energijo o,5 MeV. To bi ustrezalo za točkast izvor rasti doze do 5 rad/h v razdalji 1 m od izvora.

Pri tej oceni nismo upoštevali niti, da se velik del tega sevanja absorbira v materialih, v katerih nastane in ne prispeva k rasti doze v zraku betatronske sobe. V razdalji 5 m lahko zato pričakujemo zunaj žarka rast doze fotonskega sevanja približno 2o mR/h (namesto 2oo mR/h po konservativni oceni), kar ustreza meritvam pri betatronu NIJS (približno toliko sevanje daje 1 Ci Cs-137).

3.4. Elektronsko sevanje zunaj žarka

Elektronsko sevanje zunaj žarka moramo upoštevati predvsem v bližini žarka iz katerega izhaja pretežno v smeri naprej, (komptonski elektroni in fotoelektroni) ter deloma tudi v prečne smeri in nazaj (tvorba parov). Pri slabi kolimaciji pa lahko dobimo v bližini žarka tudi primarne elektrone. Zaradi teh elektronov je rast doze v bližini žarka precej velika. V razdalji 1 m od žarka je rast doze lahko velikostnega reda 1% vrednosti na osi žarka (betatron NIJS), vendar je to sevanje zelo mehko (neprodorno).

3.5. Nevtronsko sevanje betatrona

Nevtroni nastajajo pri betatronih kot posledica reakcij (γ n). Opravka imamo s t.zv. "resonancami velikankami" (giant resonances), ki nastopajo praktično za skoraj vse materiale v energijskem intervalu 1o - 3o MeV. Odvisnost preseka od energije predstavljajo zvonaste krivulje. Koliko nevtronov bo nastalo je

Tvorba fotonevtronov (γ n) pri betatronih (4)

1	2	3	4	5	6	7	8
	Energija praga	Energija vrha	Max. presek (γ n)	Integr. presek (γ n)	Presek vseh reakcij	Efek. šir. resonanc	Razmerje 6. in 4. stolpca
	MeV	MeV	$\frac{\text{barni}}{\text{atom}}$	$\frac{\text{barni.MeV}}{\text{atom}}$	$\frac{\text{barni}}{\text{atom}}$	MeV	
C^{12}	18,6	22,9	o,o13o	o,o46	o,3o7	4,3	3o
N^{14}	16,5	24,2	o,oo28	o,o3o	o,379	1o,o	1oo ?
O^{16}	15,6	24,2	o,o11o	o,o62	o,461	6,o	4o
Cu^{63}	1o,9	18,1	o,1ooo	o,66o	3,56o	6,6	35
Cu^{65}	99,8	18,6	o,15oo	1,11o	3,58o	7,5	23
$Pb_{(nar.)}$	7,9	13,7	o,81oo	4,8oo	18,8oo	6,o	22

odvisno od tega, koliko sevanja gama se bo absorbiralo v danem materialu v energijskem intervalu zvonaste krivulje (resonanc) za dani material ter od razmenrja presekov reakcije (γ n) proti vsoti vseh presekov skupaj.

Če je absorbcija sevanja gama na celem intervalu resonance (γ n) v danem materialu približno konstantna, lahko uporabimo pojem efektivne širine resonance (v enotah /MeV/), ki naj pomeni razmerje površine pod zvonasto krivuljo (v enotah /$\frac{\text{barn.MeV}}{\text{atom}}$/) in maksimalno vrednostjo preseka (v enotah / $\frac{\text{barn}}{\text{atom}}$ /).

Da bi mogli oceniti kolikšen delež fotonov, ki se absorbira v danem materialu v energijskem intervalu resonance daje reakcijo (γ n) moramo poznati predvsem še preseke za tvorbo parov in komptonsko sipanje na istem intervalu. Preseke ostalih reakcij lahko pri tem zanemarimo. V priloženi tabeli so podani podatki za nekatere materiale (4).

Če ne vemo s katerim materialom imamo opravka lahko grobo ocenimo tvorbo nevtronov na osnovi sledečih predpostavk, ki jih opravičujejo podatki v priloženi tabeli.

/1/ Vrh resonance ..... 2o MeV

/2/ Efektivna širina resonance ..... 6 MeV

/3/ Razmerje preseka reakcije (γ n) proti vsoti vseh presekov na energijskem intervalu 17 MeV $< E <$ 23 MeV 1/3o

/4/ Samo približno 1/5 (2o%) energije pospešenih elektronov se po degradaciji energije sevanja pojavi v obliki resonančnih fotonov, ki lahko povzročijo tvorbo nevtronov.

Iz teh predpostavk sledi, da je za tvorbo enega nevtrona potrebna absorbcija približno 2o.3o.5 MeV = 3ooo MeV energije primarnih elektronov, če je njihova energija znatno iznad resonančnega območja (približno 3o MeV ali več). Literatura (1) navaja vrednost 25oo MeV/nevtron. Iz gornje relacije sledi, da dobimo približno $2.1o^8$ nevtronov/Ws oziroma da dobimo pri moči primarnega žarka elektronov o,3 W približno $6.1o^8$ nevtronov/s (betatrona NIJS).

Za svinec, ki ima resonančni vrh pri 14 MeV in razmerje presekov 2o, dobimo približno dvakrat toliko nevtronov ($1,2.$ $.1o^9$ nevtrona/s).

3.6. Inducirana radioaktivnost

Radionuklidi nastajajo pri reakcijah (γ n) in pri zajetju nevtronov. Ker je zajetje nevtronov razpršeno na veliko maso, nas aktivnost, ki pri tem nastaja ne zanima. Pač pa je treba nekaj pozornosti posvetiti aktivnosti, ki nastaja z reakcijo (γ n).

V ravnovesju razpade toliko jeder, kolikor nastane nevtronov, oziroma približno 10^9 razpadov/sekundo = 27 mCi, vendar pa ima velik del te aktivnosti razpolovno dobo manj kot nekaj minut, zato ta aktivnost ne more biti nevarna. Treba pa jo je upoštevati pri prijemanju izravnalnih filtrov in kolimatorjev neposredno po obsevanju.

4. Projektiranje zaščite pred ionizirajočim sevanjem

Za zaščito sosednjih prostorov pred ionizirajočim sevanjem betatronov je najbolje uporabiti navaden beton, ki predstavlja istočasno dober ščit pred nevtroni in pred sevanjem gama. Svinčena vrata ne ustrezajo zahtevam zaščite pred nevtroni. Težje materiale (baritni beton) se lahko uporabi za absorbcijo žarka zavornega sevanja. Debeline betonske stene, ki zmanjšajo rast doze sevanja za faktor 10 so (1): za žarek zavornega sevanja 40 cm; za fotonsko sevanje zunaj žarka 25 cm ter za nevtrone 30 cm.

Za absorbcijo žarka ($1,4.10^3$ mrad/h v razdalji 5 m) je potrebno 200 cm navadnega betona.

Za absorbcijo nevtronov (400 n/cm.s v razdalji 5 m) je potrebno 60 cm betona.

Za absorbcijo fotonskega sevanja zunaj žarka (200 mrad/h v razdalji 5 m) je potrebno manj kot 60 cm betona.

Te ocene ustrezajo omejitvi rasti doze 2,5 mrem/h, zato je zaželjeno, da te rasti doz zmanjšamo še za faktor 10 v smereh stalnih delovnih mest. To dosežemo tako, da vzamemo za sevanje zunaj žarka 90 cm debelo zaščitno steno iz navadnega betona.

Vse te računske ocene se dobro ujemajo z rezultati omenjenih meritev (2). Pri nevtronih znotraj betatronskega prostora je treba upoštevati odboj nevtronov od zaščitnih sten, kar precej poveča rast nevtronskih doz (50 mrad/h oziroma 500 mrem/h

v razdalji nekaj metrov).

Betatron NIJS je imel v času omenjenih meritev (2) že dodana parafinska vrata. S parafinom pa je bila obložena (in je še vedno obložena) tudi cela stena med betatronsko in komandno sobo, čeprav je to nepotrebno, ker je betatronska stena dovolj debela (9o cm). Takšna rešitev je vsekakor neracionalna in parafinska obloga ob tako debeli steni samo po nepotrebnem zmanjšuje razpoložljiv prostor betatronske sobe. To potrjujejo meritve rasti nevtronske doze na dvoriščni strani, kjer je samo 45 cm debela betonska stena do oken na višini 2,5 m.

Abstrakt

The given calculations are based on the knovledge of (i) the energy of the accelerated electrons, (ii) the curent of accelerated electrons (time average) and (iii) the distribution of materials around the acceleration tube and the field of the primary beam.

Taking into account the conservatin of energy the integrated dose rate (kg.rad/s) may be estimated by converting the standard power units into integrated dose rate units. The spatial distributin of different ionizing radiation fields and dose rates are estimated taking into account the knovledge of different interactions of radiation with matter.

To ilustrate the application of the calculations we have applied them to the NIJS betatron (B-B-C, 31 MeV). A comparisson is made of the estimated results with the actual conditions at the concerned betatron. We believe that such calculation are very useful for understanding of the shielding and other health protection measures for betatrons and also for designing of shielding for the future betatrons.

Literatura:

1. Blatz H., Radiation Hygiene Handbook, 1959
2. Von Kretscho J., Vergleichsmessungen an verschieden europäischen Betatronstationen (Max Planck Institute für Biophysik), 1961
3. Aglinzew K.K., Dosimetrie ionisireder Strahlung, 1961
4. Hine - Brownell, Radiation Dosimetry, 1956

OZRAČENJE GONADA KOD TERAPIJE BOLESNIKA NA TELEKOBALT UREDJAJU

Dr.Konstantinović M., Dr.Voskresensky I., Bistrović M.
ZAVOD ZA KLINIČKU ONKOLOGIJU I RADIOTERAPIJU
MEDICINSKOG FAKULTETA SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Zračenjem pojedinih dijelova tijela kod bolesnika koji su podvrgnuti TC terapiji, dolazi u većoj ili manjoj mjeri do sekundarnog zračenja i na gonade. Doza zračenja koju dobivaju spolni organi ovisi o udaljenosti i veličini polja zračenja, kao i o drugim parametrima tehnike zračenja. Gonadna doza se kod telekobalt terapije vrlo dobro poklapa s odgovarajućim gonadnim dozama u Rtg terapiji. Problem je aktuelan kod bolesnika, koji bi nakon izlječenja željeli imati potomstvo.U većini slučajeva ove doze nisu znatno veće od dopuštenih doza kod profesionalno izloženog osoblja.

Na ovaj rad ponukalo nas je pitanje bolesnika liječenih na telekobalt uredjaju, da li bi smjeli imati djece i koliku su dozu zračenja primili na gonade u toku terapije. Ovakvih pitanja ima i bit će ih sve više, jer je i broj pacijenata sve veći, a i broj aparata za TC terapiju stalno raste. Iskustva o mutagenom utjecaju ionizantnog zračenja na ljudsku vrstu vrlo su nepotpuna i kreću se bar što se tiče doze u granicama od 1 - 2 redova veličine. Medjutim brojni pokusi na životinjama nesumnjivo potvrdjuju da je zračenje induktor mutacija kod svih vrsta, pa čak i kod virusa. Da bi se na neki način mogao mjeriti mutageni utjecaj zračenja uveden je pojam "doubling dose" , doze koja udvostručuje redovne mutacije uzrokovane kosmičkim zračenjem, zračenjem okoline te spontanom mutagenezom.Navodi raznih autora za ovu dozu kreću se u širokim granicama od 3 r - 1oo r . Pokusi na kulturama tkiva upućuju na nekih 3o r za "doubling dose" (u daljnjem tekstu dd) kod čovjeka, dok iskustva iz Hirošime i Nagasaki na 1o r (1). Za kontinuirano zračene

pretpostavlja se da je dd od prilike loo r (1). Ruski autori navode lo r (2), bez obzira na trajanje (4).

Pacijenti koji prodju radioterapijski tretman na TCT uredjaju prime u vremenu od 1 - 2 mjeseca ekspozicione doze od preko lo ooo r na jedno ili više odredjenih područja. Kod toga dijelovi tijela neizvrgnuti direktnom snopu prime znatne količine raspršnog zračenja reda veličine lo r. Tako i gonade, organi u kojima se stvaraju muške i ženske humane gamete, primaju doze u gornjem redu veličine. Stoga je gonadna doza naših pacijenata reda veličine dd.

No ne uzimajući sada u obzir ova nesigurna iskustva nameće se potreba procjene gonadne doze kod pacijenata liječenih na TCT uredjajima. Bolje poznavanje radiosenzibilnosti genetske supstance u budućnosti, moglo bi da da odgovor na pitanje, kolika genetska oštećenja možemo očekivati kod doza koje mi sada pokušavamo procijeniti.

METODE MJERENJA I TCT UREDJAJI

Mjerenja smo vršili uz pomoć kondiometra sa Sievertovim komoricama na TCT uredjaju Siemens Gammatron I instaliranom na Universitats Strahlenklinik u Heidelbergu, te na TCT uredjaju Barazzetti JUPITER JUNIOR V. na Zavodu za kliničku onkologiju i radioterapiju u Zagrebu pomoću ličnih penkala dozimetra i to na pacijentima u toku zračenja ili na rižnom fantomu.

Već kod pristupanja mjerenju očekivali smo varijabilnost naših mjerenih rezultata i za 2o%, što se naknadno i potvrdilo. Stoga, neka se naši rezultati shvate upravo u tom smislu. Oni su zamišljeni kao veličine na srednjem nivou tačnosti: izmedju procjene u granici jednog reda veličine i jednoznamenkaste tačnosti. To znači da je moguća devijacija $\pm \sqrt{Io} / 100 = \pm 32\%$

REZULTATI MJERENJA

Kod muškaraca smo dozimetre postavljali kraj testisa, a kod žena na mjesto projekcije ovarija na abdomen i pokrivali sa slojem riže imitirajući na taj način kožu i potkožno masno tkivo. U rižnom fantomu dozimetre smo postavljali na anatomski analogna mjesta.

Prema anatomsko - geometrijskom rasporedu naše slučajeve možemo razvrstati prema zračenim poljima

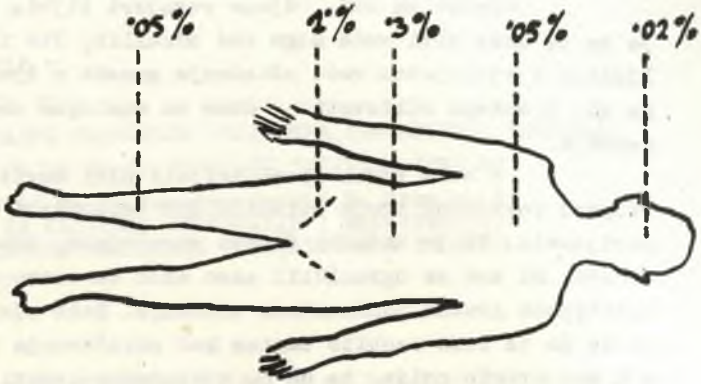
1. glava i vrat
2. thoraks
3. abdomen
4. ingvinum
5. noge

Rezultati na naša dva TCT uredjaja nisu se puno razlikovala, a i podaci dobiveni na fantomu dobro se uklapaju u rezultate mjerene na pacijentu. Mjerenja na TCT uredjaju JUPITER JUNIOR su k tome pokazala da doza ne ovisi bitno od dubine mjerne tačke u pacijentu, pa se pomoći sloj riže kod ženskih pacijenata pokazao nepotrebnim. Isto se tako vidjelo da nema nekih većih razlika u gonadnoj dozi na muškim i ženskim osobama.

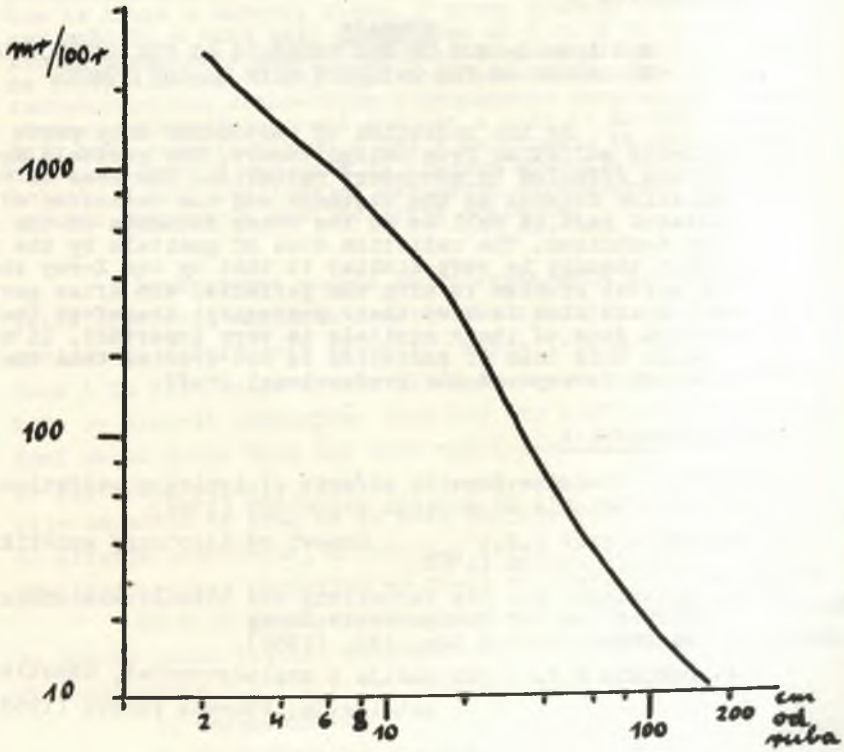
Skupni rezultati prikazani su na sl. 1 , gdje je naznačena gonadna doza prema pet grubo odabranih polja na pacijentu. Kod svih pacijenata veličina polja na koži kretala se u granicama od 5o cm^2 - 2oo cm^2.Pošto je gonadna doza bitno ovisila o udaljenosti od ruba polja, prikazali smo na sl. 2 ovu ovisnost.

Z A K L J U Č A K

U principu gonadna doza na nekom TCT uredjaju ovisi od nekoliko faktora. Tu se mogu nabrojati : veličina polja, FKD, dimenzije pacijenta. S druge strane ona od uredjaja do uredjaja može da ovisi od sistema kolimacije snopa. Ako za prosječnu situaciju prihvatimo onu u kojoj je gonada 5o cm daleko od ruba polja (gornje područje toraksa), onda je srednja doza 45 mr/loo r. Za ekspozicionu dozu od lo ooo r to iznosi 4,5 r na gonade. Koliko naše usporedbe dviju veoma različitih TCT uredjaja pokazuju razlike u kolimatoru te FKD nisu odlučujući faktori za gonadnu dozu. Odlučujući faktor je HORIZONTALNA UDALJENOST GONADA OD RUBA POLJA. Prema tome danas opće prihvaćeni sistem Jonesove kolimacije, koja se provodi uglavnom olovnim ili volframskim pločama, ne dopušta velika odstupanja od bombe do bombe. Mjerenja koja su provedena na rtg uredjajima pokazuju da se odgovarajući rezultati (3 r na gonade kod lo ooo r na toraks)



Sl 1



Sl 2

dobro podudaraju s našim (3)

Pošto su kod djece razmjeri tijela manji očito je da će doze biti veće nego kod odraslih, što ima za posljedicu i vjerojatno veće oštećenje gonada u dječjoj dobi. Sa sl. 2 možemo očitavati doze za analogne smanjene dimenzije.

S ovim radom nismo željeli niti mogli ustanoviti stupanj povećanog broja mutacija kod terapijski ozračenih pacijenata. To je zadatak drugih stručnjaka, biologa genetičara. Mi smo se ograničili samo nato da ustanovimo znatnu izloženost gonada ionizantnom zračenju. Naša mjerenja pokazuju da su te doze osobito znatne kod ozračavanja ingvinuma ą i kod drugih polja, te da će vjerojatno igrati značajnu ulogu u povećanoj učestalosti mutacija kod zračenih idividua. To nas upućuje na oprez kada dajemo odgovor pacijentima liječenim zračenjem, na njihovo pitanje da li bi smjeli imati potomstvo.

SUMMARY

THE IRRADIATION OF THE GENITALS AT THE TELECOBALT RADIATION ON THE PATIENTS WITH MALIGN TUMORS

By the radiation of particular boby parts of the patients suffering from malign tumors, the genitals are more or less offected by secondary radiation. The dose of this radiation depends on the distance and the extension of the radiated part,as well as on the other elements of the radiation technique. The radiation dose of genitals by the telecobalt therapy is very similar to that by the X-ray therapy. The actual problem is with the patients, who after getting well again wish to have their posterity; therefore the radiation dose of their genitals is very important. In most cases this dose of radiation is not greater than the dose to which is exposed the professional staff.

BIBLIOGRAFIJA

1. H.B. Newcombe:Genetic effects of ionizing radiations ENCYCLOPEDIA OF MEDICAL RADIOLOGY (1966)
2. Gabrilovič I.M.: Osnovi radijacionoj genetiki Zvornik radova (1968)
3. Hellriegel W.: Die Verteilung der Streustrahelendosis im Korper bie der Rontgenbestrahlung Strahlentherapie loo, 153, (1956)
4. Dubinin N.P. : Radijacija i nasledstvenost, Genetika i patologija, Zbornik radova (1968)

INTEGRALNO OZRAČENJE PACIJENTA PODVRGNUTOG TELEGAMA TERAPIJI NA Co-6o UREDJAJU "JUPITER JUNIOR"

Bistrović M. Dr.Konstantinović M. Kranjec M.
ZAVOD ZA KLINIČKU ONKOLOGIJU I RADIOTERAPIJU
MEDICINSKOG FAKULTETA SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Na temelju slijedeće klasifikacije ozračenih subjekata

1. nezračeni
2. profesionalno ozračeni
3. ozračeni u toku terapije
4. ozračeni u nepredvidjenom udesu

pokušavamo usporediti naš subjekt iz treće klase sa subjektom iz druge i četvrte klase. U prvom slučaju usporedjujemo naš subjekt s onim koji primi dozu od 3 r. u 12 tjedana, što bi odgovaralo gornjoj granici doze za povremeno ozračene profesionalce. U toj usporedbi pokušavamo eliminirati radioterapijsku dozno-volumnu komponentu ozračenja.S druge strane, usporedjujemo naš subjekt s onim iz četvrte klase, koju sada reprezentiramo s loo r po čitavom tijelu, s najnižom dozom koja već može da izazove akutniju radijacijsku bolest. U ovoj posljednjoj usporedbi obračunavamo i dozno volumnu komponentu radijacijskog postupka.

Prvenstvena zadaća radioterapijskih institucija jeste liječenje malignih bolesti iradijacijom. Velik broj pacijenata podvrgnutih terapiji, nakon liječenja odlaz kućama i tu živi dalje u više ili manje normalnim prilikama. Neka se dopusti usporedba: isto kao što profesionalno ozračeni nakon posla živi kod kuće neizložen zračenju.Prirodno se postavlja pitanje, koliko su naši pacijenti tokom terapije ozračeni te kako se to može registrirati.Želimo da na to pitanje odgovorimo, u interesu naših bolesnika koji su prošli i prolaze terapijom na Co-6o uredjaju JUPITER JUNIOR

Kada je riječ o zaštiti od zračenja, oštećene subjekte možemo prema razlici njihovog odnosa prema zračenju klasificirati ovako:

1. nezračeni
2. profesionalno zračeni

3. podvrgnuti terapiji zračenjem
4. prezračeni uslijed incidenta

U redoslijedu kako su navedeni, svaka iduća klasa prima za red i više redova veličine veću dozu od prethodne.

Naš cilj je da usporedimo našeg pacijenta s profesionalno ozračenim subjektom i s ozračenim u incidentu. Medjutim da bismo ove usporedbe sproveli, moramo početi s postavljanjem nekoliko premisa.

I. Komparacije ćemo vršiti u integralnoj dozi, koju izražavamo u g.r ili kg. r.

Objašnjenje. Integralna doza je najmjerodavnija za usporedbe, pošto je doza u subjektu vrlo nehomogeno rasporedjena, a gradjenti polja veliki.

II. Komparirajući našeg pacijenta s profesionalno ozračenim, iz sveukupne integralne doze moramo eliminirati terapijsku komponentu zračenja. Tako izdvajamo integralnu dozu raspršnog zračenja. S druge strane komparaciju s ozračenim u incidentu provodimo uzimajući sveukupnu integralnu dozu u obzir.

Objašnjenje. Pacijenta moramo doista gledati na dvojaki način. U jednu je ruku on ozračen po čitavom tijelu raspršnim zračenjem i ovo ozračenje u prvom redu usporedivo s ozračenjem profesionalca. Snop je dobro lokaliziran i ograničen, te je momenat ozračenja čitavog tijela često važniji od velikih doza u neku manju regiju. S druge strane veliko polje se već svojim djelovanjem znatno uključuje u oštećenja koja bi pacijent mogao da pretrpi. Delikatno je i teško pitanje, kako da se eliminira terapijska komponenta zračenja. Izvršiti eliminaciju možemo samo artificijelnim postavljanjem granice izmedju terapijskog i neterapijskog. Naše terapijske doze po jednoj seansi nisu nikada premašile 2o r . S druge strane na podatak od 2o r svakodnevno kroz mjesec dana moglo bi se zaključiti iz Strandquistovih krivulja prolongacije (1), a na temelju jednokratnih 6oo r (1), eritemske doze za veliko polje.Stoga se usudjujemo pretpostaviti da 5 r dnevno kroz mjesec dana na neko ograničeno područje, nikako više nemože da bude terapijska doza.

III. Naša sva tri subjekta su 72 kg teški 172 cm visoki, a njihove ostale proporcije te raspored njihove mase duž tijela neka bude kao na sl. 1

Objašnjenje. Ovu grubu aproksimaciju uzimamo radi što lakšeg izračunavanja integralnih doza.

IV. Sva tri naša subjekta zrače se mjesec dana. Profesionalac primi 3 r, što odgovara integralnoj dozi od 25o kg.r. Ozračeni u incidentu primio je u mjesec dana 25o r na čitavo tijelo, a to je 18 ooo kg.r Ova se doza može smatrati donjom granicom doza koje izazivaju teškoće radijacijske bolesti. Terapija našeg pacijenta traje mjesec dana i kroz to je vrijeme on eksponiran dozom od lo.ooo r Mjera usporedbe bit će nam

f = integralna raspršna doza / 25o kg.r

F = sveukupna integralna doza / 18 ooo kg.r

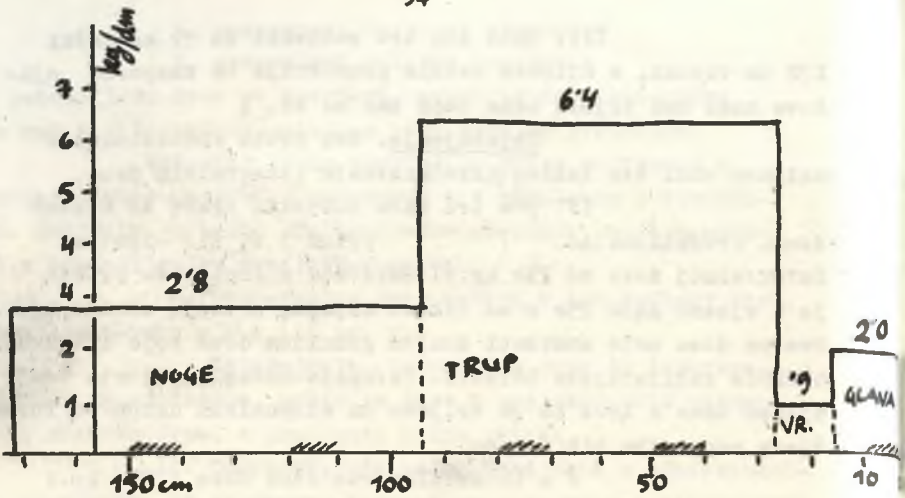
Objašnjenje. Ako naša tri subjekta želimo usporediti moramo ih postaviti u jednake uvjete trajanja zračenja loo r jednokratno po čitavom tijelu može se smatrati donjom graničnom dozom koja uzrokuje izrazite sindrome radijacijske bolesti (2,3). Nemamo podataka o tome smije li se ova doza ekstrapolirati na mjesec dana pomoću Strandquistovih krivulja (1), no učini li se to ipak dobiva se 25o r u mjesec dana. S druge strane kod povremeno ozračenih profesionalaca doza koju preporučuje UNSCEAR ne smije biti veća od 3 r u 12 tjedana (2).

Mjerenja smo vršili u horizontalnoj ravnini 6o cm udaljenoj od izvora i u njenom gornjem i donjem susjedstvu. Naša naime radna distanca kod terapije iznosi FKD = 6o cm.

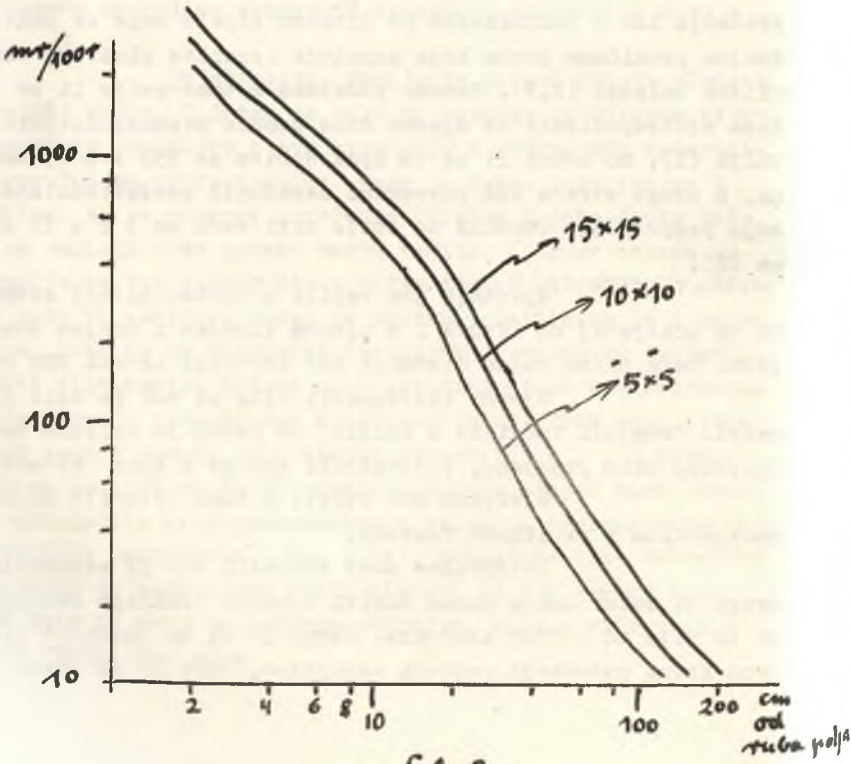
Mjerni instrumenti bile su nam penkala dozimetri. Nemajući tačnijih i boljih, te pošto je priroda naših mjerenja bila procjena, zadovoljili smo se s onim što smo imali.

Mjerenja smo vršili u toku terapije na našim pacijentima i na rižnom fantomu.

Integralne doze računali smo po segmentima. Drugi bi autor možda mogao dobiti i nešto drukčije rezultate, no to nije od bitnog značenja. Važno je da se jedanput prihvaćena shema računanja provodi dosljedno, tako da za razna polja


kg/dm
7
6
5
4
4
2
1
2'8
6'4
2'0
NOGE
TRUP
'9
GLAVA
VR.
150 cm
100
50
10

Sl 1


mt/100t
1000
100
10
15×15
10×10
5×5
2
4
6
8
10
100
200
cm od tuba polja

Sl 2

dobivamo komparabilne rezultate.

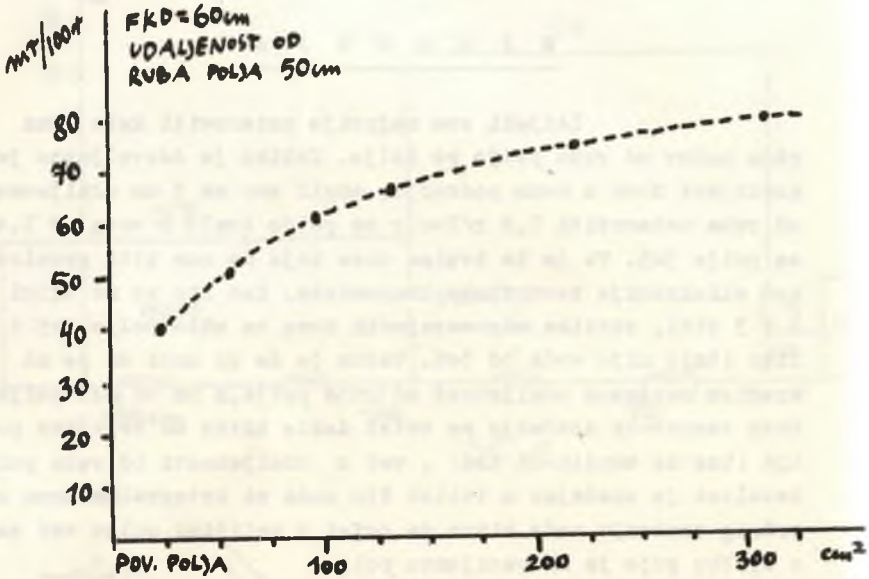
M J E R E N J A

Željeli smo najprije ustanoviti kako doza pada počev od ruba polja pa dalje. Koliko je dozvoljavao jaki gradijent doze u ovom području, mogli smo na 3 cm udaljenosti od ruba ustanoviti 1,8 r/loo r za polje loxlo i veća, a 1,4r/loor za polje 5x5. To je ta brzina doze koja će nam biti granica kod eliminacije terapijske komponente. Kao što se na slici 2 i 3 vidi, razlika odgovarajućih doza za malo polje 5x5 i veliko 15x15 nije veća od 3o%. Važno je da se uoči da je na apscisu nanesena udaljenost od ruba polja,a ne od osi polja. Doza raspršnog zračenja ne ovisi dakle bitno od veličine polja (bar ne manjih od 5x5) , već o udaljenosti od ruba polja. Rezultat je značajan u toliko što onda ni integralna doza raspršnog zračenja neće bitno da ovisi o veličini polja već samo o mjestu gdje je na pacijentu polje.

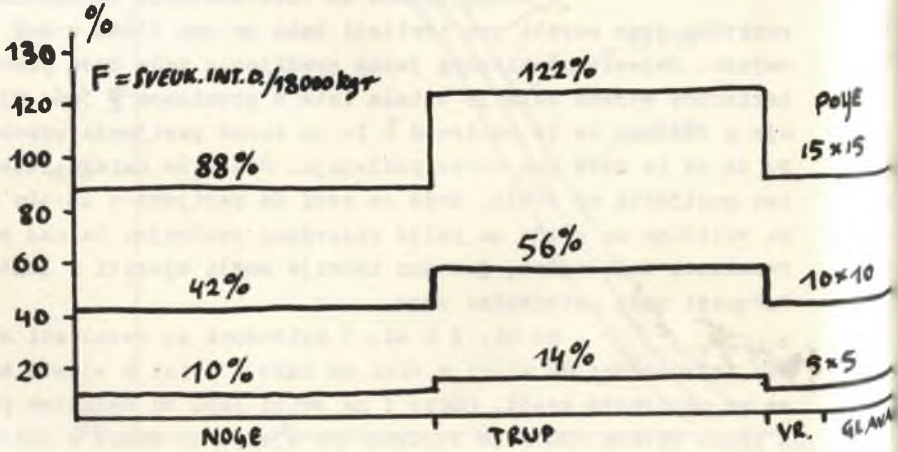
Ova donekle zgodna okolnost da ne terapijsko ozračenje (raspršno zračenje) ne ovisi bitno o elementima (veličina polja) kojima se odredjuje terapija, sada i fizikalne strane potkrepljuje našu premisu o potrebi eliminacije terapijske komponente zračenja.

S druge strane za izračunavanje integralne raspršne doze morali smo ispitati kako se ona vlada u A-P smjeru. Umjesto očekivanog jakog gradijenta pada doze prema posteriornoj strani doza je ostala ista u granicama ± 3o%. Mjerenja u fantomu te lo cm iznad i lo cm ispod pacijenta pokazala su da se te doze sve dobro poklapaju. Štaviše ostaju iste i bez pacijenta na stolu. Može se reći da pacijent u smislu reda veličine ne utiče na polje raspršnog zračenja. Za nas su ovi rezultati bili važni, jer smo tačnije mogli mjeriti i lakše izračunati naše integralne doze.

Na sl. 4 i sl. 5 prikazani su rezultati mjerenja i proračuna.Na slici 4 vidi se kako f ovisi o mjestu koje se na pacijentu zrači. Očito f ne ovisi jako od veličine polja. S druge strane kod F je obratno; ne mjenja se mnogo s mjestom koje se zrači, ali se zato drastično mjenja s povećanjem polja.


mT/100m
FKD=60cm
UDALJENOST OD
RUBA POLJA 50cm
80
70
60
50
40
30
20
10
POV. POLJA
100
200
300
cm²

Sl. 3


%
130
120
100
80
60
40
20
F = SVEUK. INT. O./18000 kgr
122%
88%
56%
42%
14%
10%
POLJE
15×15
10×10
5×5
NOGE
TRUP
VR.
GLAVA

Sl 5

Z A K L J U Č C I

1. Raspršno ozračenje ne ovisi bitno od aperture kolimatora na Co-6o uredjaju JUPITER JUNIOR, za polja ne manja od 5x5.

2. Raspršno ozračenje ovisi bitno od mjesta na kojem se pacijent zrači.

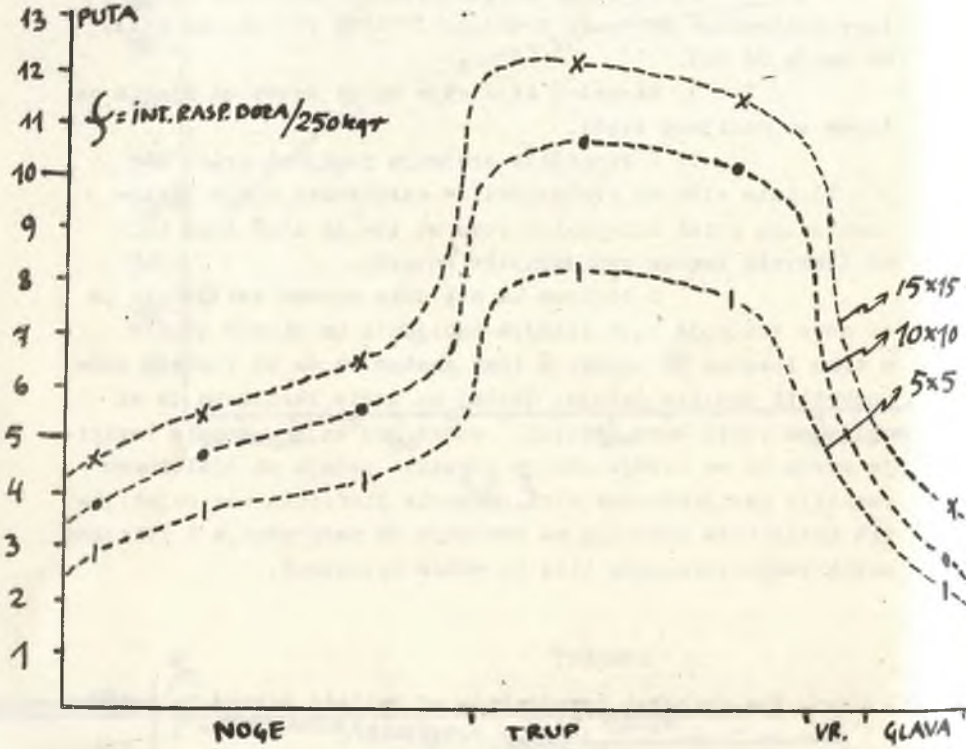
3. U raspršnom zračenju pacijent primi od 3 - 13 puta više od profesionalno ozračenog, dok u direktnom snopu primi integralnu dozu od 1o% do 12o% doze koja bi izazvala tegobe radijacijske bolesti.

S obzirom na ove doze možemo zaključiti da su doze zračenja koje primaju pacijenti na cijelo tijelo u toku lokalne TC terapije ipak znatne te da bi trebalo ovom posvetiti osobitu pažnju. Običaj na našim klinikama da se uglavnom prati samo lokalni efekt zračenja u smislu terapije morao bi se promjeniti te obratiti pažnju na cjelokupnu reakciju pacijenta. Redovita kontrola limfocita kao osjetljivih indikatora reakcije na zračenje je neophodna, a i primjena nekih radioprotektora bila bi možda opravdana.

SUMMARY

The integral Irradiation of Patient during Telegammatherapy on Co-6o Unit Jupiter Junior

On the assumtion of the following classificatin of irradiated subject: 1. unirradiated, 2. proffessionally irradiated, 3. irradiated during radiation therapy, 4. irradiated in an accident event; we try to do a comparation of our subject belonging to the 3-th class with the subject belonging to the 2-th and 4-th class. In the first case we compare our subject to the one irradiated with 3 r in 12 weeks, corresponding to the upper admissible limit dose of periodically irradiated. In this comparation we try to eliminate the dose/volume components of radiotherapeutical treatment. An other comparation of our subject is done to this one in the 4-th class, which is represented now with 25o r hole body dose, in 4 weeks, equivalent to the lowest dose limit causing irradiation desease. In this last comparation the therapeutical dosis /volume componets are taken into account too.



Sl 4

BIBLIOGRAFIJA

1. Strandquist M.: Studien über die kumulative Wirkung der Röntgenstrahlen bei Fraktionierung,Acta radiol. Suppl. 55 (1944)
2. Rugh R.: Techniques in radiobiology,Encycl.med.radiol.(1966)
3. Gabrilovič I.M.: Dejstvije radijaciji na organizm čeloveka.Zbornik radova(1966)

HIGIENO TEHNIČKI RADNI USLOVI U ZONI X ZRAČENJA I ZDRAVSTVENO STANJE OSOBLJA SR MAKEDONIJI

G.Teodosievski,P.Zafirov,Z.Kalendarov,B.Petreski

REPUBLIČKI ZAVOD ZA ZDRAVSTVENU ZAŠTITU - SKOPJE

Od brojnih mogućih mirnodopskih primena X zračenja, njegovo korišćenje u medicini /dijagnostici i terapiji/ još uvek zauzima dominirajuće mesto. Na osnovu višegodišnjeg rada na kontroli X zračenja u radnoj sredini, iznosimo podatke o nadjenom stanju higieno-tehničkih uslova njegove primene u medicini, stepen izloženosti zračenju radnog osoblja i mere zaštite koje se preduzimaju. Isto tako iznosimo i zdravstveno stanje osoblja koje radi u zoni X zračenja na bazi kontrolnih medicinskih pregleda.

Od prvih početaka upotrebe radioaktivnog zračenja i izotopa u medicini i za naučno istraživačke svrhe, njihova primena proširena je kasnije veoma mnogo tako da se danas u veliko koriste i u rutinskoj praksi kako u medicini tako i u tehnici, industriji, privredi i drugim oblastima.

Primena izvora zračenja u rutinski rad u pojedinim delatnostima vezana je sa svoje strane sa mogućnostima oštećenja zdravlja radnika u radnoj okolini. Te mogućnosti za oštećenjem zdravlja, osobito kod nedovoljno kongrolisanog i zaštićenog rada su često mnogo veće od drugih izvora opasnosti u radnoj sredini čije se prisustvo i opasnosti od njih može zapaziti i od samoga osoblja.

U našem radu imali smo cilj da prikažemo raširenost upotrebe izvora zračenja u pojedinim delatnostima u SR Makedoniji, hihigeno tehničke uslove rada u zoni X zračenja kao i zdravstveno stanje radnika na tim poslovima.

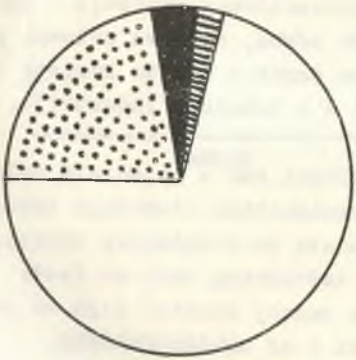
Naš rad i rezultati

Za ostvarivanje našeg zadatka koristili smo podatke od poseta radnim organizacijama koje koriste u svom radu izvore zračenja.

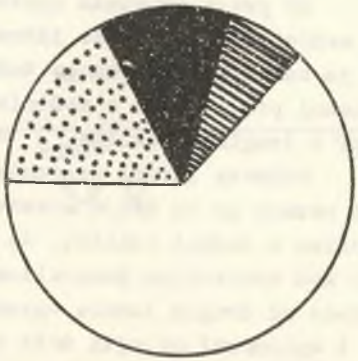
Na tim posetama dobivan je uvid o vrstama izvora zračenja koje se koriste, način njihove upotrebe kao i stanja higieno tehničkih uslova rada u zoni zračenja. Ovi podatci upotpunjavani su rezultatima dozimetriskih merenja i drugim podatcima koja se vrše u skladu sa našim pravilnikom o kontroli izvora i rada sa jonizujućim zračenjem. Isto tako koristili smo podatke o zdravstvenom stanju radnika čija je zdravstvena kontrola zakonom predvidjena sobzirom na rad u zoni zračenja.

Brojnost upotrebe raznih vrsta izvora X zračenja u SR Makedoniji izneta je na diagramu 1. Na njemu se vidi da pretežni deo izvora zračenja u upotrebi kod nas dolazi na Ro-medicinske diagnostičke aparate za skopiju i grafiju i koji zajedno prestavljaju oko 70% od ukupnih izvora zračenja, koji iznose 174. Zatim dolaze Ro-aparati sa upotrebom u stomatologiji i koji su zastupljeni sa oko 22% od ukupnog broja, a najmanji deo oko 7% otpada na terapeutske Ro-aparate i radioaktivne izotope sa primenom u medicini i industriji. U ovom procentu pomenute vrste izvora dele približno jednako mesto.

Diag. 1
Vrsta izvora X zračenja u SRM



Diag. 2
Osoblje u radu kod raznih izvora X zračenja u SRM



Brojnost osoblja u radu kod pojedinih izvora zračenja u SR Makedoniji je data na diagramu 2. Najveći deo personala od

ukupnog broja na tim poslovima koji iznosi 305, radi u zoni X zračenja kod upotrebe medicinskih diagnostičkih Ro-aparata što iznosi oko 62%, u medicinskim izotopnim laboratorijama na radu je oko 17% od ukupnog broja lica od kojih je 65% osoblja na radu i na aplikaciji radioizotopa u terapeutske svrhe, u zoni X zračenja od stomatoloških Ro aparata nalazi se na radu oko 12,5% i u radu sa industriskim radioizotopima i na radiografiji oko 8% od ukupnog broja lica koja rade u zoni zračenja.

Od izloženih podataka i diagrama može da se vidi da je daleko veća upotreba izvora zračenja u medicini za diagnostičko terapeutske svrhe od svih ostalih upotreba izvora X zračenja. Sa osobljem koje radi u zoni X zračenja vidi se sličan položaj, t.j. da je najveći broj nlica angažiran na radu kod medicinskih Ro aparata, mada je usled prirode posla prosečno po jednom izvoru zračenja zaposljeno vise lica na ostalim vrstama izvora zračenja.

U radioaktivne izvore navedene na diagramima i u tekstu sa ukupnim učešćem od oko 3% od ukupnog broja izvora, spadaju 3 izotopne laboratorije sa upotrebom u industriji i 2 takve medicinske izotopne laboratorije.

Industriske izotopne laboratorije upotrebljavaju samo zatvorene izvore zračenja. Kao izvore sa najvećom aktivnošću koriste Cs-137, Ir-192 i Co-60 sa ukupnom aktivnošcu do 15 Ci. Izvore koriste kako na samom radnom mestu - laboratoriji, tako i van radnih organizacija budući da su izvori pogodni za transportovanje. Pored radioaktivnih izotopa ove radne organizacije koriste i nepokretne radioaktivne izvore za industrisku radiografiju. Dosadašnjom kontrolom upotrebe ovih izvora naši podatci pokazuju zadovoljavajuće stanje higieno tehničkih uslova rada i ne prekoračivanje dozvoljenog ozračivanja osoblja u radnom prostoru oko izvora.

Od druge 2 radioizotopne laboratorije koje su u upotrebi u medicini jedna koristi otvorene izvore zračenja a druga izvore zatvorenog tipa. Namena prve laboratorije je da koristi radioaktivne izotope za dijagnostičke i terapeutske svrhe kao i za naučno-istraživački rad u medicini. U upotrebi ove laboratorije su kratkoživeći izotopi sa ukupnom aktivnošću od 1 Ci i aplikacijama istih u traserskoj koncentraciji. U laboratoriji su obezbednjeni uslovi za čuvanje izotopa kao i rad sa njima. Odpadak radioaktivnih rastvora čuva se isto tako na osiguranom zasebnom mestu do opadanja radioaktivnosti i prema dosadašnjim kontrolama nije zabeleženo prekomerno ozračivanja osoblja niti slučaj kontaminacije.

Druga radioizotopna medicinska laboratorija koristi zatvorene radioaktivne izvore za terapeutske svrhe. U upotrebi su ra-

dioaktivni kobalt za telekobalto terapiju sa aktivnošću od 2 k Ci i izotopi Ra-226 i Co-60 za aplikaciju u vidu igla, tuba i perli. Njihova ukupna aktivnost iznosi 1,5 Ci. Izvor za telekobaltot terapiju sa velikom aktivnošću instaliran je sa predvidjenim merama zaštite tako da pri kontrolisanom radu pruža bezbednost osoblju u radnom prostoru. Sem pojedinačnih slučajeva našim kontrolama nisu zabeležana prekoračenja ozračivanja osoblja kod upotrebe izvora za telekobalto terapiju niti kod rada i manipulacija sa izvorima za aplikaciju.

Svi ostali izvori zračenja u upotrebi u ovoj republici prestavljaju rentgen kabineti za dijagnostičke svrhe - skopia i grafije.

Za ocenu higieno tehničkih uslova na radu u okolini medicinskih Ro-aparata, poslužio nam je uvid i podatci merenja kod poseta i obavljanja kontrola u odnosnim radnim organizacijama i ustanovama. Pri tome su beleženi podatci o vrstama upootrebljavanih aparata, instalacije i predvidjeno obezbedjenje za zaštitu, način upotrebe aparata, zatim podatci izvršenih dozimetriskih merenja i dr.

Pojedini slučajevi većih neispravnosti i nedostataka kod ovih izvora zračenja ili nedostataka u zaštićenosti od zračenja ovde neće biti izneti, sobzirom da su takvi aparati usled neusaglašenosti sa zakonstim normama kod nas zabranjeni za dalju upotrebu od organa sanitarne inspekcije.

Od dijagnostičkih Ro-aparata u upotrebu za skopije, na tabeli 1 dajemo podatke merenih brzina doza na radnom mestu kod ekrana. Podatci se odnose kod rada aparata sa otvorenom blendom i kod suženja iste.

Tab. 1

Brzine doza kod ekrana Ro-dijagnostičkih aparata

Upotreba aparata	Područja brzine doza u mR/h								
	Iznad ekrana			Kroz ekran			Pored ekrana		
Ro-aparat	0-100	100-1000	Preko 1000	0-25	26-50	51-100	0-100	101-1000	Preko 1000
Otvorena blenda	69,6%	22,2%	8,1%	86,7%	4,4%	9,1%	7,7%	84,5%	7,7%
Ro-aparat Sužena blenda	97,0%	3,0%	-	100%	-	-	54,5%	45,5%	-

Iz podataka na tabeli možemo da vidimo da su pri oba načina upotrebe Ro-aparata brzine doza na pojedina mesta kod ekrana

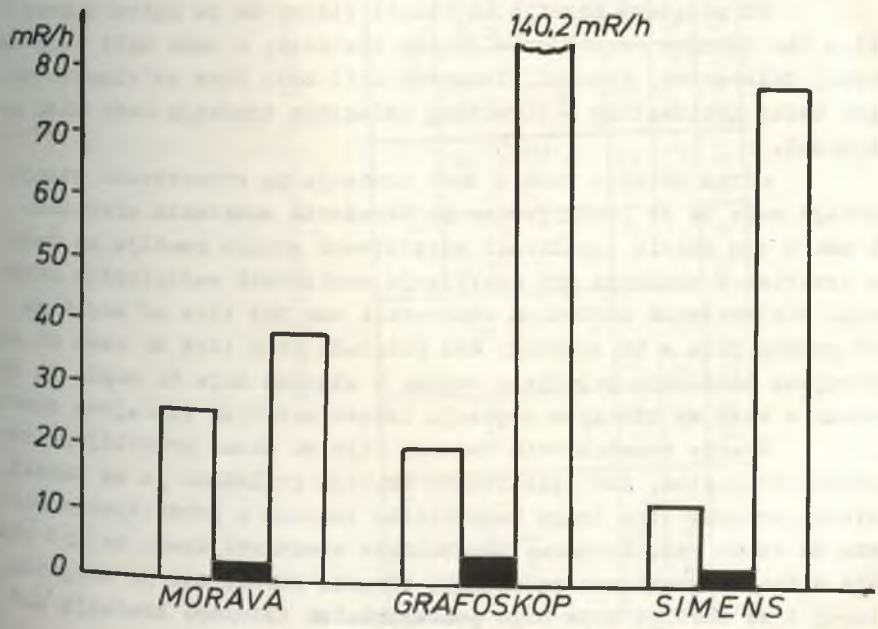
veoma različite. One su najveće na mestima pored i iznad ekrana gde su uglavnom izložene zračenju samo ruke rukovaoca aparata-rentgenologa. Uzimajući u obzir prosečan broj od 20 pregleda dnevno i u potrebu ličnih zaštitnih sredstava, računamo da i na ovim mestima ekrana ne može doći do prekoračivanja predvidjenih doza ozračenja za pojedine delove tela koji se u tom radu izlažu.

Doze zračenja merene po prolazu kroz ekran aparata i kojima se izlaže telo rentgenologa su značajno manje od doza oko ekrana. U odnosu na način upotrebe aparata ove se doze isto tako razlikuju i manje su kada se blenda aparata sužava. Prema tome stepen ozračivanja rentgenologa zavisiće od upotrebe i ograničavanja blende kao i od vremena koje im je potrebno za obavljanje jednog pregleda.

Da bi videli da li na veličine brzine doza kod ekrana utiče tip upotrebljenog aparata uporedili smo raspoložive podatke po prosečnim vrednostima. To je prikazano na dijagramu 3.

Diag. 3

Brzine doza oko ekrana kod raznih tipova diagnostičkih Ro-aparata



Po podatcima na dijagramu vidimo da se najviše vrednosti brzine doza dobijaju iznad ekrana kod upotrebe grafoskopa, zatim kod Simens-aparata, a najmanje kod tipa Morava. Isto tako više vrednosti brzine doza javljaju se kod grafoskopa od ostalih tipova aparata kada se koristi sužena blenda u radu.

Povećanim vrednostima brzine doza kod upotrebe grafoskopa računamo da je uzrok u tome što je za postizanje odgovarajuće vidlivosti na ekranu kod ovog tipa aparata potrebno upotrebiti više našone.

Eksponiranost lica zračenju u radu kod svih izvora zračenja pratili smo i film dozimetriskom kontrolom. Ovi podatci su izneti na tabeli 2.

Tab. 2

Eksponiranost lica zračenju prema film dozimetriskoj kontroli

Film dozimetriska kontrola	Broj lica	Mesečne doze u mR			
		0-50	51-100	101-200	201-400
	305	83%	14%	2,5%	0,5%

Od podataka iznetih na tabeli vidimo da je najveći broj lica bio izlagan dozvoljenim dozama zračenja, a samo mali broj na gornoj tolerantnoj granici. Izuzetno mali broj lica sa visokim dozama usled incidentnog - direktnog izlaganja zračenja ovde nisu uključeni.

Odraz uticaja rada u zoni zračenja na zdravstveno stanje osobija može da se prati jedino po izraženim somatskim efektima. Mi smo u tom smislu ispitivali zdravstveno stanje osoblja na radu sa izvorima X zračenja pri obavljanju kontrolnih medicinskih pregleda. Sistematskom kontrolom obuhvatili smo 303 lica od kojih su 237 muškog pola a 66 ženskog. Kod pregleda ovih lica do sada ni su utvrđjena oštećenja pojedinih organa i sistema koja bi mogli da dovedemo u vezu sa uticajem zračenja izuzev nekoliko slučajeva anemia.

Stanje hematoloških indeksa čije su norme predvidjene zakonskim propisima, kod ispitivanog osoblja priloženo je na tabeli 3. Najveći procent lica imaju hematološke indekse u predvidjenim normama za takav rad. Prosečne hematološke vrednosti kreću se kod oba pola u donjim granicama za zdravje odrasle osobe, što je medjutim slučaj i za osoblje koje nije profesionalno izloženo zračenju kod nas.

Tab. 3

Hematološke vrednosti lica na radu u zoni zračenja 1967-1968

Pregledani	Broj	%	Er.		Index		Leukociti		Trombociti		Polimorfonukl.		Limfociti		Vreme krvavenje	
			3,8 /3,5/ do 5 mil	pod 3,8 /3,5/	0,9 do 1,1 nad 1,1	pod 0,9 i	4000 do 9000	pod 4000	Nad 150 hilj.	pod 150 hilj	40 do 75	Nad 75%	20 do 40%	Pod 20%	do 6 m.	Nad 6 m.
Muški	237	78,2	95,8	4,2	99,1	0,9	99,2	0,8	100	-	100	-	97,9	2,1	100	-
Ženski	66	21,8	75,7	24,3	98,5	1,5	98,5	1,5	100	-	100	-	98,5	1,5	100	-
UKUPNO:	303	100	91,4	8,6	99,3	0,7	99,0	1,0	100	-	100	-	98,1	1,9	100	-

THE CONTROL OF WORKING CONDITION AND HEALTH OF THE STAFF (WORKERS) EXPOSED ON X-RAY

As it is well known X-RAY radiation has many practical aplication, but its use in medicine as a therapeutic and diagnostic tool is still dominated.

We have control for a period of many years the hygiene ondition and the health of the staff worked in medical institutions exposed on Y-ray radiotion, and also the degree of this radiation and also the protective measure which were undertaken.

The results are presented in tabelas and graphicons.

PREGLED ZAŠTITE DIJAGNOSTIČKIH RENDGEN APARATA

CEROVAC H., BENČAK Z. i HUFNUS R.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb

Prema važećim zakonskim propisima jednom u dvije godine vrše se pregledi zaštite radnih mjesta uz dijagnostičke rendgen aparate. Izlaže se koje preglede i mjerenja sadrži takav pregled na području SRH.

Na području SRH oko 650 dijagnostički rendgen aparata daleko je najveći izvor ionizantnog zračenja prema broju osoba koje su mu izložene bilo profesionalno, bilo kao pacijenti (I).

Kao i rad s ostalim izvorima zračenja i rad s dijagnostičkim rendgen aparatima podliježe određenim pravilima zaštite bilo propisanim zakonskim propisima bilo uobičajenim. Jedna od propisanih mjera zaštite je redovita provjera mjera zaštite, zaštitnih sredstava i mjerenje zračenja u razmacima od dvije godine (2). Želimo iznijeti način na koji tu provjeru obavlja IMI JAZU, kao ovlaštena ustanova na području SRH (3).

Zaštitne mjere, pa prema tome i njihova provjera su kod dijagnostičkih rendgen aparata dvojake.

1. Zaštitne mjere kojima se osigurava rad radnika zaposlenih na radnim mjestima izloženim djelovanju zračenja aparata
2. Zaštitne mjere kojima se pacijentima osiguravaju da će za pregled biti upotrebljena samo nužno potrebna doza zračenja.

Provjera mjera za zaštitu izloženih radnika obuhvaća dvije skupine pregleda i mjerenja.

1. Pregledi i mjerenja koji se vrše prema Pravilniku o korištenju rendgen aparata i o mjerama zaštite od rendgenskih zraka (Sl.list SFRJ br.36/65) a nisu u direktnoj vezi s ionizantnim zračenjem. Tu je obuhvaćeno mjerenje brzine provjetravanja prostorije u kojoj je smješten rendgen aparat

   mjerenje uzemljenja

2. Pregledi i mjerenja koja se vrše prema istom pravilniku a u direktnoj su vezi s ionizantnim zračenjem.

Tu su obuhvaćeni pregledi:

- lokacije i veličine prostorije u kojoj je smješten rendgen aparat
- prospekata i ostalih dokumenata o aparatu
- smještaj cijevi aparata i komandnog uređaja
- mehanička ispravnost pojedinih dijelova rendgen aparata (zaslon, pregača ispod ekrana)
- olovni ekvivalent stakla ekrana (ukoliko je utisnut u staklu)
- broja i kvalitete zaštitnih sredstava (paravana, rukavica, pregača, pribora za pridržavanje pacijenata).

Ujedno se vrše mjerenja

a/ Na mjestima gdje je određena brzina doze:

- na vratima, zidovima i vanjskim površinama prostorije
- na 1 m od fokusa cijevi kod zatvorenog zaslona uz maksimalne radne uvjete.

b/ Na mjestima važnim za zaštitu radnika

- staklo ekrana
- mjesta glave, prsa, ruku, gonada liječnika odnosno operatera, u raznim položajima
- na ostalim mjestima u prostoriji, koja mogu biti važna za zaštitu od zračenja.

Sva ova mjerenja vrše se uz veličinu slike na ekranu 20 x 20; 75 ili 85 kV te 2 mA uz vodeni fantom dimenzija 30 x 30 x 10 cm, prenosnim monitorima tvornički predviđenim za mjerenja od 35 - 120 kV, i adekvatnim mjernim područjima (Nuclear Chicago mod. 2588).

c/ Sa suženim snopom 5 x 5 cm, bez fantoma provjerava se olovni ekvivalent stakla ekrana, ako nije utisnut u staklo.

Provjera mjera za zaštitu pacijenata

Izvan diskusije je da je znanje i savjest liječnika odnosno operatera jedina sigurna zaštita pacijenata.

Svrha tehničke zaštite je samo provjera određenih elemenata koji im mogu poslužiti za bolji rad.

U tu svrhu provjerava se:

a/ postojanje sredstava za zaštitu pacijenata
U ta sredstva spadaju pregače, suspenzori i ostala sredstva iz čl. 46 Pravilnika. Provjerava se postojanje ili nepostojanje tih sredstava.

b/ Provjera filtracije cijevi
Mjerenjem apsorpcije izlaznog snopa u Aluminiju određuje se ukupna filtracija cijevi i uspoređuje se sa propisanim vrijednostima (4).

c/ Razlika u zacrnjenju ekrana za određenu apsorpciju korisnog snopa.
Svrha je ovim orijentacionim mjerenjima da se dobije slika o kvaliteti ekrana aparata, te da se pokuša izraditi prijedlog standarda za kvalitetu ekrana i slike.

Summary

PROTECTION OF THE OPERATING DIAGNOSTIC ROENTGEN APPARATUS

According to legislative regulations in force the checking of protection of work places close to diagnostic roentgen apparatus is performed once in two years. Examinations and measurements included in such check-ups in Croatia are described.

Literatura

1. PETROVČIĆ F. i MARGREITNER K., Arhiv za higijenu rada i toksikologiju 11, 45 (1960)

2. Stav 2 član 39, Pravilnik o korištenju rendgen aparata 1965, Sl.list br. 36, Beograd

3. Stav 1 član 3, Zakon o odredivanju organa i ustanova za obavljanje određenih poslova zaštite od jonizirajućih zračenja; 1967, Nar.Novine br. 50, Zagreb

4. Stav 2 član 26, Pravilnik o korištenju rendgen aparata 1965, Sl.list br. 36, Beograd.

PROVJERA ZAŠTITE KOD ZATVORENIH IZVORA

CEROVAC H., BENČAK Z. i HUFNUS R.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb

Prema važećim zakonskim propisima (1) jednom godišnje vrši se provjera zaštite radnih mjesta uz zatvorene izvore. Izlaže se način te provjere na području SRH.

Na području SRH ima oko stotinu zatvorenih izvora ukupne aktivnosti do 6000 Ci.

Ti izvori upotrebljavaju se za

- defektoskopiju materijala

Iridij-192	13	kom	aktivnosti oko	100	Ci
Kobalt-60	5	"	"	8	Ci
Cezij-137	2	"	"	4	Ci

- regulaciona i mjerna tehnika, te slični poslovi

  ukupno 39 izvora aktivnosti do 4 Ci

  do 1 mCi ima 12 izvora
  do 10 mCi ima 13 izvora
  do 100 mCi ima 11 izvora
  više od 100 mCi ima 3 izvora

- ozračivanje bioloških materijala u eksperimentalne svrhe

  2 izvora do 10 Ci

- terapija ionizantnim zračenjem

  Izvori u uređajima (kobalt bombe)

  4 kom ukupne aktivnosti 7500 Ci

Pojedinačni gama emiteri (Radij-226)

180 kom oko 1 Ci aktivnosti

Želja nam je prikazati način provjere zaštite radnih mjesta oko tih izvora. Takvu provjeru provodi naš Institut na području SRH u okviru svojih zakonskih ovlaštenja (1).

Ta provjera se sastoji od:

1. Pregleda potrebne dokumentacije
2. Pregleda smještaja izotopa kada su izvan upotrebe sa svim potrebnim mjerenjima
3. Pregleda propisane opreme i zaštitnih sredstava i provjere njihove ispravnosti
4. Mjerenja doze na radnim mjestima za vrijeme rada, te eventualnog transporta i skladištenja.

1. Pregled potrebne dokumentacije

Taj pregled obuhvaća pregled postojanja i valjanosti dokumenata o vrsti i aktivnosti izvora, te njegovom fizičkom i kemijskom stanju. Zatim je uključen i pregled Pravila o radu (2) u kojem moraju biti dane sve faze rada sa izvorima i način rada u svakoj. Provjeravaju se i dokumenti o osposobljenosti radnika za rad s takvim izvorima ionizantnog zračenja (3), te postojanje i vođenje knjige evidencije (4). Ako je potrebno provjeravaju se i drugi dokumenti (npr. nacrti skladišta izotopa, radnog mjesta i sl.).

2. Pregled smještaja izotopa sastoji se od

- ocjene ispravnosti lokacije spremišta u okviru zavoda, poduzeća, ustanove s obzirom na aktivnost izotopa izvora
- ocjene ispravnosti izvedbe spremišta s obzirom na iste elemente
- mjerenje doze na zidovima i vratima, te na 1 m od njih kod najveće aktivnosti u skladištu (ako se skladišti više izvora) i ostalim najnepogodnijim uvjetima koji mogu doći u normalnom radu.

U koliko se izvori nalaze stalno montirani kao sastavni dio uređaja i aparature vrše se samo mjerenja kod zatvorenih zaslona i sl. odnosno u položaju i stanju u kojem se nalaze, kada aparatura ne radi.

3. Pregled opreme

Taj pregled obuhvaća

- Uvid u broj i vrstu razne opreme. Osobito broj i vrsta konteinera, uređaja za rad (npr. defektoskopa), uređaja za manipuliranje sredstava za transport izotopa do radnog mjesta (ako je potrebno)

- Provjera mehaničke ispravnosti tete opreme za izvođenje s njom predviđenih radova
- Mjerenje doza u okolini konteinerera i uređaja za rad, u svrhu ocjene njihove prikladnososti za rad, odnosno provjere podataka iz prospekata i i atesta, te se ujedno osigurati da nije došlo do oštećećenja zaštitne obloge

4. Mjerenje doza na radnim mjestima a

Doze se mjere kod svih faza rada a s izvorima kao:

- kod vađenja izvora iz skladišta
- transporta do radnog mjesta
- kod prebacivanja iz konteinera u u uređaj za rad
- svih operacija na radnom mjestu
- određivanja zone u koju je pristutup zabranjen svima osim radnicima izloženih zračenjuju.

Mjerenje doza vrši se uobičajenim prprenosnim gama-beta monitorima, a doza se obično izražava u mR/sat.t. U koliko se radi o izuzetno kratkim ekspozicijama prilikom odrededenog rada, kretnji ili sl. (npr. prebacivanje izvora iz konteinenera u defektoskop) doza se može mjeriti i izraziti i u mR/ekspozicioiju.

Ujedno se prilikom mjerenja uzima i i bris po mogućnosti s neaktivne ovojnice izvora ili iz neposredne b blizine. Na taj način određuje se eventualno oštećenje ovojnice ililli kontaminacija iz bilo kojeg drugog razloga.

Ovim mjerenjima želi se dobiti slikaka o izloženosti radnika prilikom raznih faza rada, uočiti one kod d kojih je moguće primanje većih doza, te odrediti red veličine dodoze, koju kod normalnog rada smije pokazati lični dozimetar. Ujededno se mjerenjem dokazuje da su ispunjeni uvjeti koje za doze na p pojedinim mjestima propisuju razni pravilnici.

Rezultati ovakvog pregleda dani su u u Izvještaju koji prema odredbama (5) sastavlja grupa stručnjaka ili i pojedinac koji ga je obavio.

Takav pregled daje

- Potvrdu ustanovi koja upotrebljavava zatvorene izvore da je ispunila sva propisana i uobičačajena pravila zaštite
- Sigurnost radniku da se rad na njajegovom radnom mjestu odvija po tim pravilima

- Dokument inspekcijskim službama i ostalim državnim organima potreban za pregled stanja zaštite na njihovom teritoriju.

Kao indirektan dokaz o korisnosti takvog pregleda, dajemo neke podatke o primljenim ličnim dozama radnika na tim radnim mjestima u vrijeme od 1962-1967 godine mjerenja filmdozimetrima.

TAB br. 1

Godina	Broj radnika na poslovima industrijske defektoskopije	Srednja doza po radniku mR/god.	Broj radnika ozračenih više od 10% MDD
1962.	16	368	1
1963.	23	640	5
1964.	27	863	18
1965.	44	796	2
1966.	22	553	20
1967.	42	335	21

Summary

CONTROL OF PROTECTION IN WORK WITH UNSEALED RADIATION SOURCES

According to legislative regulations in force (1) protection of work places close to unsealed radiation sources is checked once a year. The method of checking as carried out in the territory of Croatia is described.

Literatura

1. Stav 1 član 3, Zakon o određivanju organa i ustanova za obavljanje određenih poslova zaštite od jonizirajućih zračenja, 1967., Narodne novine br. 50, Zagreb

2. Član 20, Osnovni zakon o zaštiti od jonizirajućih zračenja, 1965., Sl.list br. 12, Beograd

3. Stav 2 član 4, Pravilnik o stavljanju u promet radioaktivnih materija, 1965., Sl.list 31/65, Beograd

4. Član 6, Pravilnik o načinu i sredstvima evidencije, 1968., Sl.list 52, Beograd

5. Član 5, Pravilnik o načinu i sredstvima evidencije, 1968., Sl.list 52, Beograd

6. CEROVAC H., Arhiv za higijenu rada, 19, 315 (1968).

ZAŠTITA PACIJENATA PRI PRIMJENI IZVORA JONIZIRAJUĆIH ZRAČENJA U MEDICINI

BOŽANIĆ I.
Rentgen odelenje Opšte bolnice u Tuzli

Od 1895. godine, kada je Wilhelm Konrad von Röntgen došao do saznanja, da se pod odredjenim uslovima i na odredjeni način, mogu dobiti nova, do tada nepoznata elektromagnetska talasanja, prošla je samo jedna godina da bi počela i praktična primjena ovih, kasnije nazvanih Rentgenovi ili X-zraci. Naime, 1896. godine, napravljen je pomoću X-zraka, na fotografskom papiru, prvi snimak, čime je označen početak radiolografije. Uporedu sa radiografijom, razvijala se i radioskopija. X-zraci su radioskopijom i radiografijom našli široku primjenu u medicinskoj dijagnostici.

Pored višestruke koristi, koje nam izvori jonizirajućih zračenja pri svakodnevnoj upotrebi u medicinskoj praksi donose ne možemo se oteti utisku o njihovom štetnom djelovanju na živa tkiva. Iz toga razloga ne možemo biti sasvim indiferentni pri njihovoj primjeni, s pogotovu kada smo svi skupa svesni činjenice da su naša dosadašnja saznanja o dejstvu jonizirajućih zračenja na čovjeka još uvek nepotpuna.

U prvim razvojnim godinama radiologije, kada nije bio poznat biološki efekat jonizirajućeg dejstva X-zraka i kada zbog tog neznanja nisu bile poduzimane mere zaštite, zapaženo je da se kožni karcinomi javljaju u većem broju slučajeva kod osoblja koje radi sa izvorima jonizirajućih zračenja nego kod ostalog osoblja.

Znači da je tek posle nekoliko godina praktične primene X-zraka, zapaženo da one mogu biti uzročnik nekih neželjenih i nimalo bezazlenih pojava u ljudskom organizmu, i da X-zraci uzrokuju odredjena štetna dejstva, koja se sastoje u sledećem: X-zraci su sposobni da jonizuju materiju, svojom energijom izbacuju pojedine atome iz atomske strukture, u organiziranim molekulama dovode do drugačijeg razmještaja atoma, mogu razarati hemijske spojeve i stvarati toksične materije, što će sve skupa imati za posledicu nenormalne promene u onim najsuptilnijim gradivnim elementima telesnih stanica.

Prema dosadašnjim rezultatima istraživanja, pouzdano se zna da jonizirajuća zračenja menjaju propustljivost staničnih menbrana, menjaju viskoznost stanične protoplazme, uzrokuju promene u hromozonima, dovode do inhibicije diobe stanica, mutacije gena, inaktivacije enzima i drugih sličnih promena. Dejstvo jonizirajućih zraka je kumulativno i ispoljava se tek posle dužeg vremenskog perioda. To štetno dejstvo zavisi od više faktora i okolnosti, kao što su: trajanje ekspozicije, gustina jonizirajućih zraka i vrsta ozračenog tkiva

Sva tkiva nisu jednako osetljiva na jonizirajuća zračenja. Ona tkiva koja imaju "burniji život", koja imaju brz metabolizam i koja brzo rastu, mnogo su osetljivija od "mirnih" tkiva. Genetske promene koje nastaju pod uticajem jonizirajućih zračenja u nekoj seksualnoj

stanici, ako ona bude upotrebljena u reprodukciji vrste, dovest će do mutacije u nekoj kasnijoj generaciji. Prema dosadašnjim rezultatima istraživanja znamo da je broj mutacija direktno proporcionalan primenoj dozi X-zraka, pa se iz toga izvodi logičan zaključak da nema minimalno bezopasne doze, tj. tolerantne doze jonizirajućeg zračenja.

Svaka količina jonizirajućeg zračenja je opasna.

Kada su nam poznate ove činjenice, onda smo dužni da vodimo računa i da posvetimo odgovarajuću pažnju zaštiti pacijenata pri primeni izvora jonizirajućih zračenja u medicini, kako bi njihov štetan efekat što manje došao do izražaja na pacijentu.

Da bi se opisana šteta dejstva X-zraka na neki način sprečila ili ublažila, i to naročito u odnosu na pacijenta, potrebno je zaštititi pacijenta prilikom pregleda ili terapije sa aparatima koji proizvode jonizirajuća zračenja. Kao osnovno potrebno je voditi računa o stvarnim indikacijama, kako za same rtg. preglede, tako i za lečenje sa izvorima sa jonizirajućim zračenjima. Radiografija ili radioskopija nikako ne bi smela biti sastavni deo rutinskih pretraga pacijenata, nego metod koji će se koristiti za rasvetljivanje puta do konačne dijagnoze, samo u slučajevima kada postoji sigurno uverenje da će se njime potvrditi ili demantovati jedna pretpostavka.

Rtg. dijagnostika je danas uzela toliko maha da se skoro svi ležeći pacijenti podvrgavaju rtg. pretragama, jer kliničari smatraju da počev od rtg. skopije pluća pa do arteriografija, svaki pacijent mora biti podvrgnut tim pregledima.

Takodjer su uzeli maha i razni rtg. sistematski pregledi, koji se svuda i svakodnevno vrše i to bez ikakvih realnih opravdanja, i bez ičije zvanične dozvole. Naročito je moderno snimanje kukova kod odojčadi, jer se na taj način, kako kažu ortopedi, otkriva u ranoj dobi prirodjeno iščašenje kuka. U ATD-ima, i to naročito u manjim mestima, koji nemaju rtg. tehničara i gde je frekvenca pacijenata vrlo velika, 95% pacijenata se obradjuje isključivo skopijom, pa čak i mala deca i trudnice, dok se minimalan broj pacijenata obradjuje grafijom i to više radi dokumentacije, a ne kao metod pretrage.

O učinjenim rtg. skopijama, grafijama ili terapiji, nigde se u zdravstvenim legitimacijama pacijenata ne beleži nikakva evidencija o uslovima skopiranja, snimanja ili lečenja, tako da ordinirajući lekari u najvećem broju slučajeva ne znaju kakvi su rtg. pregledi ili usluge kod dotičnog pacijenta ranije uradjene.

Medjutim, činjenica je da ogroman broj pacijenata sam zahteva i vrši pritisak na ordinariusa, da se uputi na rtg. pregled, jer smatra, a što je u najvećem broju slučajeva i tačno, da će mu rtg. pregled najviše pomoći da se njegovo oboljenje otkrije.

Da bi se zaštita pacijenata što bolje sprovodila i bila što potpunija mišljenja smo da bi trebalo poći od sledećeg:

1. Same čekaonice za pacijente, kabine za presvlačenje i tel., to znači prostorije u kojima pacijenti čekaju ili se pripremaju za rtg. pregled ili zračenje, moraju biti potpuno izolovani od izvora jonizirajućih zračenja.

2. Nedopustivo je da se u radnoj prostoriji sa izvorima jonizi-

rajućih zračenja nalazi više od jednog pacijenta, odnosno da drugi pacijenti čekaju u prostoriji sa izvorima jonizirajućih zračenja dok se neki pacijent podvrgava pregledu ili terapiji sa spomenutim izvorima.

3. Ventilacija prostorija u kojima se nalaze izvori jonizirajućih zračenja trebala bi dati stalna, a ne povremena i da aparati za izmenu vazduha ne stvaraju buku, nego da njihov rad bude nečujan.

4. Prostorije sa izvorima jonizirajućih zračenja potrebno je tehnički obezbediti od samovoljnog ulaženja i izlaženja pacijenata.

5. Gde god je moguće, treba izbegavati skopije,a vršiti grafije i to naročito kod dece do 18 godina, trudnica i teže bolesnih lica.

6. Ne sme se dozvoliti, da kod bilo koje rtg. pretrage,rtg. cev bude u momentu emisije X-zraka, na manjem rastojanju od 35 cm. od kože pacijenta.

7. Rtg. skopija bolesnika, iz razloga što se on u tom momentu nalazi u direktnom u jakom snopu X-zraka, treba da vremenski traje što je moguće kraće, kako bi se skratilo vreme ekspozicije pacijenta sa X-zracima. Iz istih razloga, lekar koji vrši skopiju, mora biti pre početka skopije dobro adaptiran na tamu, kako bi se detalji na ekranu brzo uočili.

8. Pri vršenju pijelografije i histerosalpingografije, preporučjivo je upotrebljavati zastore od olovne gume ili tubuse, koji dopiru do kože pacijenta, s namerom da se snop X-zraka usmeri samo na one organe koji grafiramo.

9. Voditi računa o indikacijama za pregled trudnica i zaštitnim sredstvima obezbediti plod. Kod osoba mladjih od 40 god. sprovoditi zaštitne mere, a naročito u pogledu gonada.

10. Lična zaštita pacijenata, kada je učinjeno sve što je napred navedeno, mora se strogo poštovati i sprovoditi.

ZAKLJUČAK

1. Prostorije odeljenja, kabineta, instituta i ATD-a koje vrše usluge ili preglede sa izvorima jon. zračenja moraju biti napravljene tako da ni u kom slučaju ne škode zdravlju pacijenata. Kliničari i dr. med. osoblje koje pacijente upućuje na rtg. preglede, a naročito na terapiju, moraju poštovati indikacije za isto. Kod terapije sa izvorima jon.zračenja i ostalih rtg. pregleda, moraju se ceniti mišljenja lekara specijaliste - radiologa.

2. U Onkološkim dispanzerima moraju se sistematizirati radna mesta za specijalistu iz radiologije, da bi se terapijski efekti sa izvorima jon. zračenja pravilno i na vreme mogli koristiti.

3. Gde god je moguće vršiti grafije, a ne skopije pacijenata.

4. Kod dece i omladine do 18 god. vršiti po mogućnosti isključivo grafije, uz maksimalnu primenu zaštitnih sredstava.

5. Kontrolisati i zabraniti rad na odeljenjima, kabinetima, institutima i dr. ustanovama - ako nisu obezbedjena zaštitna sredstva za pacijente.

6. Povesti disciplinske mere protiv radnih organizacija, zdravstvenih ustanova, kao i odgovornih lica koja vrše sistematske preglede sa izvorima jon. zračenja bez odobrenja odgovarajućih foruma.

PROTECTION OF PATIENTS BY USING OF IONIC RADIOCOPY IN MEDICINE

BOŽANIĆ I.
X-RAY CAINETS GENERALLY HOSPITAL TUZLA

SUMMARY

1. The rooms of sectione, cabinets, institutes and antituberculosis dispensary treating patients with Ionic radioscopy, should be made in such way to eliminate the hurting of patients'health. Clinical and all other offitials who direct patients to X-ray treatmens, especially to therapy, must obey the indications for them. In the therapy with Ionic radioscopy and other X-ray treatmens the opinion of the doctor-radiologist must be respected.

2. A working place for specialised radiologist must be systematised in Oncological institutions in order to use therapeutical effects with Ionis radioscopy correctly and on time.

3. It is necessary to perform radiografing and not radioscoping of patients, wherever is possible.

4. With children and youth (up to 18. years) if possible, perform only taking of radiografic by maximal application of protecting means.

5. Control and suppression of work in sections, cabinets and institutions etc, if the protecting means for patients are not secured.

6. It is necessary to manage some discipline steps againts the working organisations, medical institutions and responsible persons, who perform systematic examinations with Ionic radioscopy sources without permission of the corresponding organs.

LITERATURA

1. Žarković G. "Elektromagnetska zračenja i njihov značaj sa sdravlje. Preventivna medicina 126-144 (1959.).

2. Pravilnik o korištenju rtg. aparata i o merama zaštite od rendegenskih zraka Sl.l. SFRJ 36/65.

3. Genaud P. L'homme et les radiations Med.Res. 137-148 (1961.)

4. Minčev K. "et al" "Radiofotografija u otkrivanju nespecifičnih plućnih obolenja. "Tuberkuloza" 247-254 (1968.)

5. Merkaš Z. "et al", "Osnovi Radiologije" 327-334 (1965.)

Dr Ivo Božanić

VRUĆE ĆELIJE ZA ISPITIVANJE GORIVNIH ELEMENATA UO_2 POSLE OZRAČIVANJA

Uslovi zaštite pri projektovanju vrućih ćelija

PAVLOVIĆ A, DEVIĆ J, MIHAILOVIĆ K.
Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča

U radu su obuhvaćeni uslovi zaštite koje treba da zadovolje vruće ćelije za ispitivanje gorivnih elemenata posle ozračivanja u reaktoru, dati su osnovni elementi vrućih ćelija i postavljeni su uslovi za specijalnu ventilaciju, dozimetrijsku kontrolu i specijalni tretman otpadnih voda.

Uvod

U vrućim ćelijama vrše se ispitivanja gorivnih elemenata posle ozračivanja u reaktoru, da bi se proučile nastale fizičke, mehaničke i nuklearne (burn-up) promene u gorivnim elementima u toku ozračivanja. Aktivnost ozračenih gorivnih elemenata koji se tretiraju u vrućim ćelijama je do 10 KCi, a energija gama zračenja je cca 1 MeV.

Primarni uslovi, koji se postavljaju pri radu sa vrućim ćelijama, jesu obezbedjenje radiološke zaštite i sigurnosti rada. Intenzitet zračenja na spoljnoj površini zida vruće ćelije ne sme da bude veći od maksimalno dozvoljene doze zračenja. Za 8 časova rada osoblja u hali vrućih ćelija maksimalna doza je P_d - 2,5 mR/h.

Za bezbedni rad, hala vrućih ćelija je podeljena na dva dela: na prednju zonu vrućih ćelija - operativni prostor i zadnju zonu vrućih ćelija, koja obuhvata prostor za stokiranje, prostor za odlaganje i prostor za dekontaminaciju.

Specijalni uslovi rada zahtevaju u pogledu bezbednosti rada specijalnu ventilaciju, dozimetrijsku kontrolu i specijalni tretman otpadnih aktivnih voda.

Transport ozračenih gorivnih elemenata obezbedjuje se pomoću kontejnera i transportnih sredstava izvan ćelija, manipu-

latora master slave-a, manipulatora snage i transportera u ćelijama.

Vruće ćelije

Ćelije se u hali postavljaju u nizu, na bazi tehnološkog postupka ispitivanja. Unutrašnje dimenzije pojedinih ćelija obezbedjuju smeštaj opreme potrebne za tretiranje gorivnog elementa ili njegovih delova.

Važan faktor u konstrukciji vrućih ćelija je izbor materijala za zidove ćelija za radiološku zaštitu. Postoji niz pogodnih materijala koji dolaze u obzir za radiološku zaštitu, kao što su olovo, liveno gvoždje i beton. Obzirom na ekonomičnost gradnje vrućih ćelija prednost ima betonska zaštita. Za vruće ćelije ne koristi se običan beton već teški beton. Da bi se za isti efekat zaštite od zračenja dobila relativno manja debljina zida ćelija, običnom betonu se dodaje magnetit, barit, limonit ili čelični opiljci. Specifična težina teškog betona se kreće od 3,2 do 5,7 t/m^3, dok je specifična težina običnog betona cca 2 t/m^3 (3).

Provera usvojene debljine zida, vrši se preko ekvivalentne debljine olova, prema dozvoljenoj dozi zračenja (5,6).

Betonske ćelije imaju kostur od čeličnih profila ispunjen teškim betonom. Sa spoljne strane su obložene običnim čeličnim limom, a sa unutrašnje strane, zbog vršenja dekontaminacije, ćelije su obložene sa limom od nerdjajućeg čelika - inoxa 18/8.

Posebna pažnja posvećuje se zaptivanju ćelija, naročito u pogledu na prodiranje gama zračenja. Svi otvori i vrata zatvaraju se stepenastim čepovima, a na otvorima za ubacivanje i vadjenje aktivnog materijala ugradjuju se okretni zatvarači.

Za ulazak u ćelije radi unošenja i iznošenja opreme, kao i da bi se mogla obaviti dekontaminacija, smeštena su na zadnjem zidu ćelija velika vrata koja se pokreću ručnim ili elektromotornim pogonom.

Da bi se vizuelno mogao pratiti rad u ćelijama postavljaju se olovni prozori, koji moraju da služe i kao radiološka zaštita. Prozori moraju da obezbedjuju dovoljnu vidljivost sa minimalnim mrtvim uglovima. Pored punih olovnih prozora za manje aktivnosti koriste se prozori punjeni sa rastvorom $ZrBr_2$.

Za ispitivanje gorivnih elemenata koriste se pet ćelija.

Aktivnost u prve dve ćelije je do 10 KCi, a u ostale tri ćelije aktivnost je do 10^3 Ci. Četiri ćelije su od teškog betona a peta za metalografska ispitivanja je od olova (4).

Prva ćelija snabdevena je opremom za gama skenovanje, za merenje dimenzija šipke i detekciju rupa i pukotina na gorivnom elementu.

Druga ćelija služi kao radionica u kojoj su smešteni uredjaji i oprema za demontiranje, sekciranje, impregniranje, vizuelno osmatranje i druga ispitivanja.

Treća ćelija je namenjena za termičko tretiranje goriva i odredjivanje zaostalih fisionih gasova u gorivu UO_2.

Četvrta ćelija opremljena je za keramografsku pripremu (bušenje, poliranje, hemijsko nagrizanje).

Peta ćelija služi za metalografska ispitivanja uzoraka.

Prve dve ćelije snabdevene su sa master slave-ovima, i kranovima ERTN za unutrašnju manipulaciju sa gorivnim elementima.

Uzorci iz ćelija prebacuju se u prostor za stokiranje u zaštitnim kontejnerima.

Čvrsti radioaktivni otpaci se iznose preko prostora za odlaganje i dekontaminaciju u posebnim zaštitnim kontejnerima.

Otpaci goriva se čiste iz ćelija pomoću aspiratora preko rebrastog creva. Otpaci se skupljaju u posebne posude - kontejnere.

Dozimetrijska kontrola

Za kontrolu uslova i sigurnost rada sa vrućim ćelijama predvidja se sledeća dozimetrijska kontrola:

- kontrola radijacija u ćelijama
- kontrola radijacija u hali
- kontrola radijacija na izlazu iz ventilacionog sistema
- kontrola stepena kontaminacije osoblja, radnih odela, materijala i radnih površina.

Za kontrolu gama zračenja u ćelije se ubacuju jonizacione komore.

Za diskontinualnu kontrolu fisionih gasova predvidjaju se dve aparature - jedna za detekciju gama zračenja a druga za detekciju beta zračenja u ćelijama.

Za diskontinualnu kontrolu aerosola u vazduhu u ćelijama služi pokretni aparat. Aparat se direktno uključuje na cev za uzimanje uzorka vazduha iz ćelije.

Za kontrolu gama zračenja u hali može da se koristi detektor sa halogenim GM brojačem. U slučaju prekoračenja dozvoljene doze aktiviraju se akustični i vizuelni signali na dozimetrijskom pultu.

Povremeno merenje radijacija u hali može da se obavlja sa dva instrumenta sa jonizacionom komorom prenosnog tipa - pištolj dozimetri za merenje gama zračenja i za detekciju beta čestica.

Za merenje i kontinualno registrovanje prirodnih i veštačkih aerosola sadržanih u vazduhu može da se koristi sistem čiji su glavni elementi: filter-pantljika, halogeni GM brojač i pisač. Predvidja se signalizacija za slučaj većeg zračenja od dozvoljenog.

Pojavu fisionih gasova u hali registrovaće uredjaj sa diferencijalnim jonizacionim komorama koji se montira oko ćelija. U slučaju pojave fisionih gasova predvidjena je signalizacija.

Za kontinualnu kontrolu aerosola na izlazu iz ventilacionog sistema koristiće se aparatura za detekciju alfa, beta i gama zračenja.

Kontrola fisionih gasova vrši se na izlazu iz ventilacionog sistema vrućih ćelija sa jonizacionom komorom sa jednosmernim pojačivačem.

Za kontrolu stepena kontaminacije osoblja, radnih odela i materijala predvidjaju se monitori zračenja koji se nalaze u hali i na izlazu sanitarnog propusnika.

Ventilacija vrućih ćelija i hale vrućih ćelija

Za obezbedjenje radiološke zaštite potrebno je da ventilacioni sistemi vrućih ćelija i hale ispunjavaju sledeće uslove:

- da omogućuju ubacivanje čistog i klimatiziranog vazduha (za zimski period) u hali,
- da u vrućim ćelijama održavaju odredjeni potpritisak u odnosu na okolinu,

- da onemogući kontaminaciju prostora oko ćelija,
- da onemogući izbacivanje radioaktivne prašine iz ćelija i ostalih prostorija u atmosferu, i
- da onemogući recikliranje vazduha iz hale.

Ubacivanje čistog vazduha u hali se obezbedjuje pomoću specijalnog sistema za filtriranje, dok se vlaženje vrši klima komorama, a zagrevanje u zimskom periodu grejačima sa toplom ili vrelom vodom.

Održavanje potpritiska u vrućim ćelijama kao i onemogućavanje kontaminacija prostora oko ćelija postiže se depresijom koju stvaraju ventilacioni sistemi. Osnovni princip je da veća depresija bude u aktivnijem prostoru a manja depresija u manje aktivnijem prostoru.

Izbacivanje vazduha iz hale i ćelija vrši se preko baterija sa filtrima dovoljne efikasnosti (apsolutni filtri, efikasnosti 99,98% za čestice od 0,3 mikrona) da zadrže radioaktivnu prašinu.

Recikliranje vazduha se onemogućava time što se mesta za uzimanje čistog i izbacivanje zagadjenog vazduha postavljaju na odredjenom rastojanju jedan od drugog uzimajući u obzir metereološke faktore.

Ventilacioni sistem treba realizovati tako da može da radi sa kapacitetom od 1/3 za noćni rad, 2/3 za dnevni rad, kada se ne izvode operacije sa radioaktivnim materijalom i punim kapacitetom kada se izvode operacije sa radioaktivnim materijalom.

Ventilacioni sistemi treba da obezbede sledeće režime u pojedinim prostorijama (7):

Redni broj	Naziv prostorije	Broj izmena vazduha/h	Depresija u mm VS
1	Ćelije	30-60	35
2	Operativna zona	8	2
3	Zadnja zona	10	7
4	Hodnik	4	0
5	Pomoćne prostorije	3	2

Depresija je data u odnosu na hodnik.

Otpadne vode

Za otpadne vode predvidja se specijalna kanalizacija. Radioaktivni otpaci otiču kroz cevi od nerdjajućeg čelika, varenih na spojevima. Minimalni pad cevi je od 1,5% što treba da obezbedi gravitaciono oticanje otpadnih voda. Slivnici za otpadne vode postavljaju se na dno ćelije i u podu odgovarajućih prostorija u kojima se skupljaju otpadne vode.

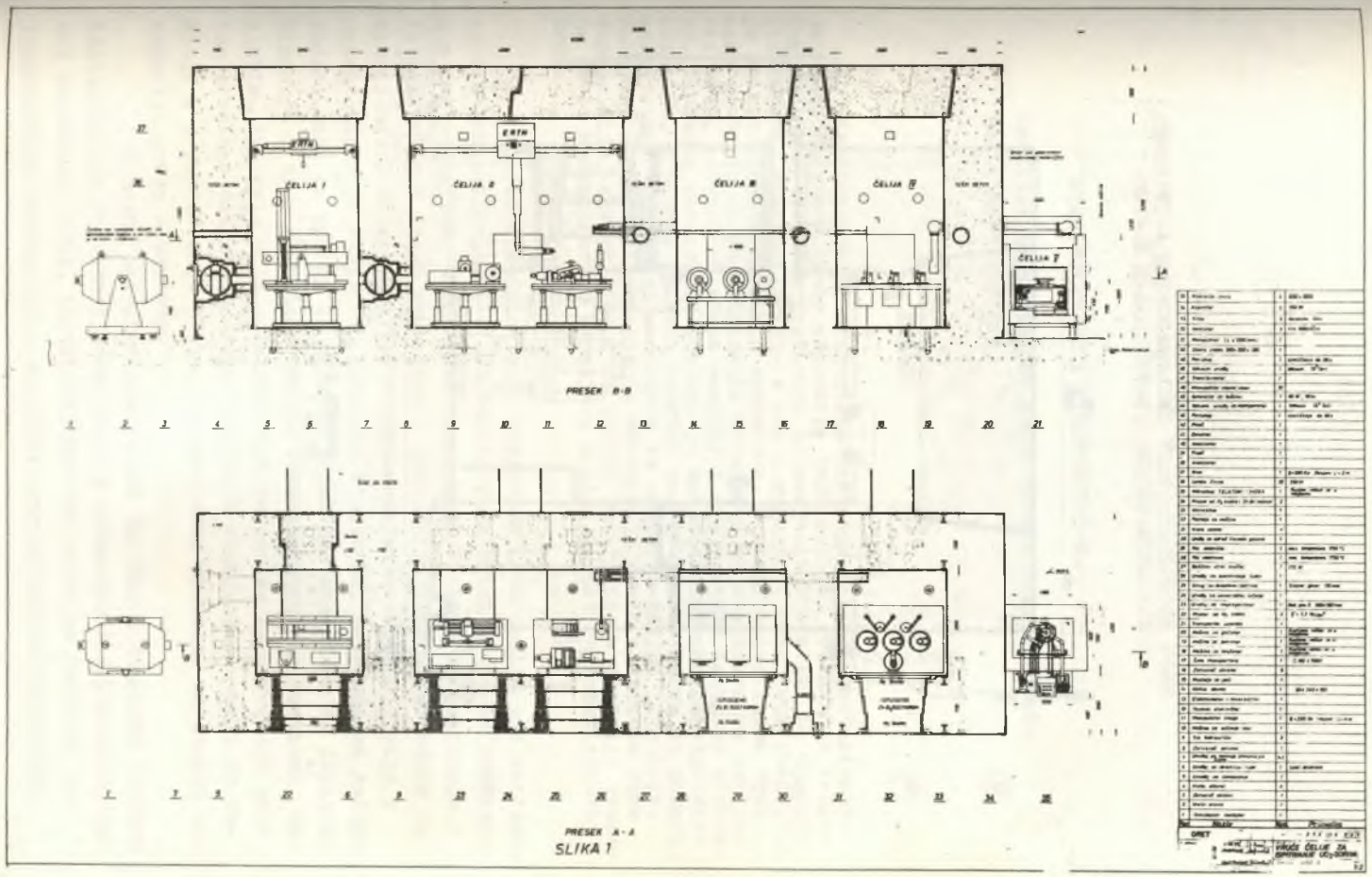
Skice osnove i preseka vrućih ćelija date su na sl. 1 i 2.

Abstract

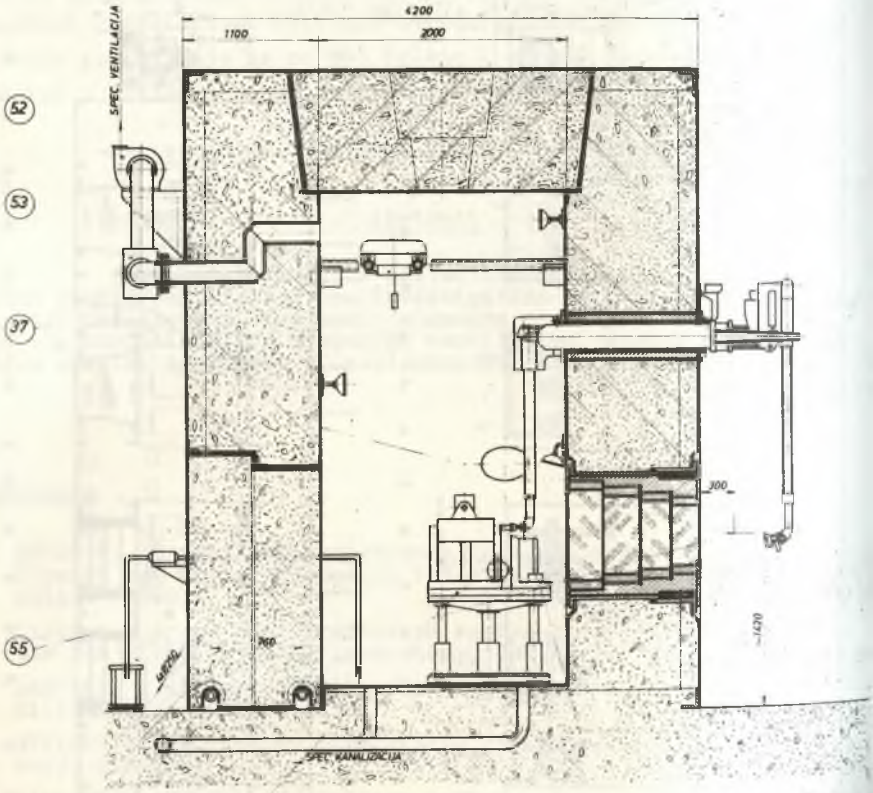
This paper includes protection conditions which hot cells should satisfy for the investigation of fuel elements after reactor irradiation. The basic elements of hot cells are given, and the conditions for a special ventilation, dosimetric control and a special treatment of contaminated water are established.

REFERENCE

1. DAVIS M., Operational experience in the components development hot cells at atomics international, Canoga Park, Calif. (1960)
2. OLSEN R., A new postirradiation examination laboratory at the Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee(1961)
3. DASCENZO W., Pneumatically placed concrete shielding, Richland, Washington (1961)
4. STEVANOVIĆ M., Rad na ozračivanju gorivnih elemenata u Švedskoj, IBK-539 (1967)
5. KIMEL L., et.al., Spravočnik, Zaštita od jonizujućeg zračenja, Moskva (1966)
6. ZLOBINSKI J., Bezopasan rad sa radioaktivnim materijalom, Moskva (1961)
7. RADOSAVLJEVIĆ B., VALENTA M., Predprojekat laboratorije visoke aktivnosti ćelija ^{60}Co, Dokumentacija IBK (1963)
8. PAVLOVIĆ A., et.al., Program i analiza mogućnosti izrade vrućih ćelija, IBK - E-14-20-00-29 (1968).


ČELIJA I
ČELIJA II
ČELIJA III
ČELIJA IV
ČELIJA V
PRESEK B-B
PRESEK A-A

SLIKA 1



PRESEK C-C
SLIKA 2

RESORPCIJA RADIOCEZIJUMA PREKO SLUZOKOŽE USNE DUPLJE I MOGUĆNOSTI DEKONTAMINACIJE

STOJANOVIĆ D. i MILIVOJEVIĆ K.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič",Vinča

Medicinska zaštita

Rezime

Ispitivanja su obuhvatala nastanak interne kontaminacije radiocezijumom preko sluzokože usne duplje, efikasnost dekontaminacionog tretmana i uticaja primenjenih sredstava za dekontaminaciju na resorpciju 137-Cs kao i mogućnost smanjenja resorpcije primenom adstringentnih sredstava. U dekontaminacionom tretmanu postavljena je originalna metoda, a od sredstava su ispitani: voda, izotonični slani rastvor i 2 % rastvor taninske kiseline. Dinamika resorpcije praćena je metodom ekstrakorporalne cirkulacije, a ukupni telesni sadržaj radiocezijuma meren je pomoću adaptiranog Whole body counter-a za eksperimentalne životinje. Dobijeni rezultati pokazuju da resorpcija preko sluzokože usne duplje nije zanemarljiva i da proces resorpcije u funkciji vremena posle kontaminacije ispoljava stalni porast radioaktivnosti krvi.

Radiokontaminant može dospeti u usnu duplju pri akcidentalnim kontaminacijama u nuklearnim reaktorima i drugim nuklearnim postrojenjima, u laboratorijama koje koriste radioizotope u istraživačke i druge svrhe kao i pri akcidentima u vanrednim situacijama. U literaturi posvećenoj problemima kontaminacije i dekontaminacije vidljivih telesnih sluzokoža, uglavnom se nalaze podaci koji se odnose na primenu pojedinih sredstava za dekontaminaciju i to u klasičnom smislu dekontaminacionog tretmana. Medjutim, ima vrlo malo podataka koji se odnose na savremeni prilaz problemu dekontaminacije vidljivih sluzokoža, a koji se sastoji i u posmatranju uticaja primenjenog tretmana na stepen resorpcije preko sluzokoža.

U našim ogledima posmatrani su obim i dinamika interne kontaminacije radiocezijumom, uticaj primenjenih dekontaminacionih sredstava (voda, izotonični rastvor natrijum hlorida) na transbukalnu resorpciju i mogućnost ograničavanja prodiranja

radiocezijuma primenom taninske kiseline kao adstringentnog sredstva. Ispitivanja su vršena u funkciji hemijskog oblika radiokontaminanta, pH kontaminirajućeg rastvora, dužine trajanja kontaminacije, koncentracije radioaktivnosti rastvora i vrste sredstava za dekontaminaciju.

Materijal i metod rada

Ogledi su izvedeni na 14o pacova, mužjaka, telesne težine oko 2oo gr. U toku ogleda životinje su bile pod narkozom (0,8 ml 25 % rastvora uretana injicirano je i.m.). Izvršene su tri grupe ogleda u odnosu na anjonsku komponentu rastvora radiocezijuma.

Uslovi kontaminacije: kontaminacija je izvodjena nanošenjem 0,05 ml rastvora kontaminanta čija je radioaktivnost iznosila 30 nCi. Životinje su kontaminirane vodenim rastvorima ^{137}Cs u obliku hlorida, sulfata i nitrata. pH svih rastvora bio je 1,o koji odgovara najčešćem aciditetu rastvora radiokontaminanta u akcidentalnim kontaminacijama. Radiocezijum je bio u kontaktu sa sluzokožom usne duplje 1 čas. U cilju praćenja resorpcije ^{137}Cs transbukalnim putem, izvedena je operacija podvezivanja jednjaka i traheje neposredno pre kontaminacije, čime je eliminisan akt gutanja i inhalacije.

Uslovi dekontaminacije: korišćena je originalna metoda za dekontaminaciju, a od sredstava su korišćena ona koja ne pokazuju agresivno dejstvo na mukozu usne duplje. Metoda je zasnovana na principu ispiranja pomoću standardnog vakum sistema čime je omogućena aspiracija tečnosti kojom se izvodi dekontaminacioni tretman. Za ispiranje usne duplje po životinji korišćeno je 2o ml, a dekontaminacioni postupak trajao je 5 min.

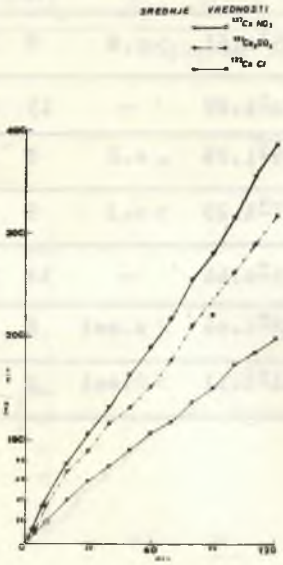
Dinamika resorpcije transbukalnim putem praćena je metodom ekstrakorporalne cirkulacije (1), koja omogućava kontinuirano merenje radioaktivnosti krvi. Jedan čas nakon kontaminacije životinje su žrtvovane, ili dekontaminirane pa žrtvovane, dekapitacijom ispod mesta podvezivanja.

Tehnika merenja sastojala se u direktnom registrovanju ukupne radioaktivnosti tela kao i radioaktivnosti ekscidiranog kontaminiranog dela kože na posebno prilagodjenom scintilacionom uredjaju sa kristalom natrijum jodida od 2 inča koji je smešten u olovnom kućištu.

Dinamika resorpcije ^{137}Cs preko sluzokože usne duplje u funkciji vremena posle kontaminacije prikazana je na dijagramu 1. Karakter krive pokazuje da se u posmatranom periodu od 5 časova kontinuirano povećava radioaktivnost krvi.

Dijagram 1.

Dijagram 2.



Na dijagramu 2. prikazana je dinamika transbukalne resorpcije u funkciji hemijskog oblika radiokontaminanta i vremena posle kontaminacije. Vidi se da je tok resorpcije sličan za sva tri hemijska oblika, ali da je intenzitet resorpcije različit. Najveća resorpcija cezijuma je pri kontaminaciji rastvorom $^{137}CsNO_3$, a najmanja kada je kontaminant $^{137}CsCl$.

Na tabeli 1. prikazane su resorbovane količine radiocezijuma u toku jednog časa kod kontrolne grupe i ogledniih grupa kod kojih je izvedena dekontaminacija usne duplje različitim sredstvima za dekontaminaciju, a u funkciji anjonske komponente radiokontaminanta.

TAB. br. 1.

Sadržaj ^{137}Cs posle dekontaminacije usne duplje, izražen u procentima nanete radioaktivnosti

Hem. oblik	Sredstvo za dekontamin.	Telo			Glava		
		N	M ± S	p	N	M ± S	p
- Cl	Nedekontam. svedoci	14	1.4o±o.61	-	14	98,6o±o.61	-
	Voda	1o	2.82±1.o5	<o.oo1	1o	26.o6±9.24	-
	0.9 % NaCl	1o	2.23±o.99	>o.o2	1o	29.35±14.o7	>o.5
	2 % rastv. Ac.tannici	8	1.45±o.61	>o.8	8	24.69±7.68	>o.7
$-SO_4$	Nedekontam. svedoci	15	2.7o±1.27	-	15	97.3o±1.27	-
	Voda	8	3.46±1.26	<o.2	8	31.82±14.69	-
	0.9 % NaCl	9	3.27±1.29	>o.3	9	3o.2o±12.88	>o.8
$-NO_3$	Nedekontam. svedoci	14	2.25±o.66	-	14	97.75±o.66	-
	Voda	8	3.82±1.o6	<o.oo1	8	28.29±7.46	-
	0.9 % NaCl	9	3.61±1.11	>0.oo1	9	34.1o±11.78	>o.2

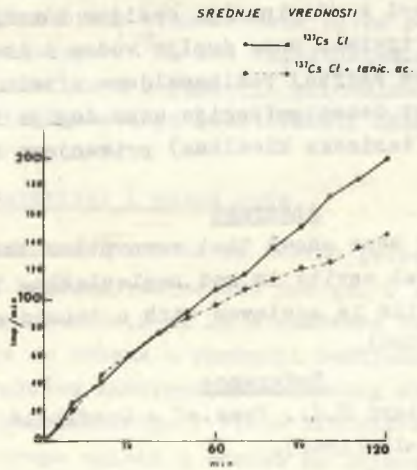
Na tabeli 2. prikazana je efikasnost dekontaminacije na osnovu sadržaja radiocezijuma u telu i kontaminiranom regionu posle dekontaminacionog tretmana. Zapaža se da je najveći dekontaminacioni efekat postignut primenom adstringentnog sredstva pri kontaminaciji sa $^{137}CsCl$.

TAB. br. 2.

Efikasnost dekontaminacije usne duplje kontaminirane sa ^{137}Cs, izražena u procentima nanete radioaktivnosti

Hemijski oblik	Sredstvo za dekontamin.	Ostatak u telu i glavi		Efikasnost dekont.	
		N	M ± S	N	M ± S
- Cl	Voda	1o	28.87 ± 9.25	1o	71.13 ± 9.25
	0.9% NaCl	1o	31.58 ± 14.o7	1o	68.42 ± 14.o7
	2 % rastv. Ac.tannici	8	26.14 ± 7.68	8	73.86 ± 7.68
- SO_4	Voda	8	35.28 ± 14.68	8	64.72 ± 14.68
	0.9% NaCl	9	33.47 ± 12.88	9	66.53 ± 12.88
	Voda	8	32.11 ± 7.46	8	67.89 ± 7.46
	0.9% NaCl	9	37.71 ± 11.78	9	62.29 ± 11.78

Dijagram 3.



Na prikazanom dijagramu 3. iz nivoa radioaktivnosti u krvi, vidi se pozitivan efekat primene taninske kiseline, koji se ogleda u izrazitom opadanju registrovane radioaktivnosti krvi 1 čas posle kontaminacije.

Diskusija

Praćenje dinamike transbukalne resorpcije imalo je za cilj iznalaženja optimalnog vremena za izvodjenje dekontaminacionog tretmana. Ispitana su sredstva koja ne pokazuju agresivno dejstvo na mukozu usne duplje. Od adstringentnih sredstava kao materija koje lokalno deluju hemijski ili koloidno hemijski na površinske slojeve, ispitan je 2 % rastvor taninske kiseline. Interesantni su podaci da dekontaminacija vodom i izotoničnim slanim rastvorom povećava procenat prodrlog radiocezijuma u telo, što se može objasniti uticajem izmene tečnog sadržaja u prostoru preko kojeg se aktivnim ili pasivnim mehanizmom odvija proces resorpcije. Taninska kiselina primenjena za dekontaminaciju usne duplje kontaminirane rastvorom cezijum hlorida ne povećava sadržaj prodrlog cezijuma u organizam, a ostavlja i najmanju rezidualnu radioaktivnost u kontaminiranom regionu, te ispoljava najveću efikanost dekontaminacije.

Zaključak

1. Transbukalna resorpcija radiocezijuma nije zanemarljiva i može da uslovi obimniju internu kontaminaciju.
2. Intenzitet resorpcije zavisi od hemijskog oblika radiokontaminanta. Najveća resorpcija je pri kontaminaciji cezijum nitratom, a najmanja pri kontaminaciji cezijum hloridom.
3. Dekontaminacioni tretman usne duplje vodom i izotoničnim slanim rastvorom povećava sadržaj radiocezijuma u telu.
4. Najveću efikasnost dekontaminacije usne duplje ispoljava adstringentno sredstvo (taninska kiselina) primenjeno kod kontaminacije sa $^{137}CsCl$.

Abstrakt

The results obtained have shown that resorption through the mucous membrane of the buccal cavity is not neglectable. The best efficiency of decontamination is achieved with a tannic acid when the radiocontaminant $^{137}CsCl$.

Reference

1. Nichon G. et Maillard M.J., Proc.of a Conf.held in Mexico City, Ac.Press, N.Y., 3-19 (1962).

UTICAJ DEKONTAMINACIONOG TRETMANA NA PERKUTANU RESORPCIJU RADIOCEZIJUMA

MILIVOJEVIĆ K. STOJANOVIĆ D.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča
Medicinska zaštita

Rezime

U izučavanju interne kontaminacije nastale transkutanim putem ispitivan je uticaj svojstava radiokontaminanta na dinamiku i stepen resorpcije radiocezijuma i uticaj tretmana i pojedinih sredstava za dekontaminaciju na resorpciju 137-Cs. Radiokontaminant je bio u različitom hemijskom obliku (hlorid, sulfat i nitrat). Od sredstava za dekontaminaciju ispitani su: voda, 5 % rastvor deterdženta "BADD" i 2 % rastvor taninske kiseline. Najveću efikasnost dekontaminacije ispoljio je deterdžent "BADD" koji ostavlja najmanju rezidualnu radioaktivnost u kontaminiranom delu kože. Povoljan zaštitni efekat krema "Octa" ogleda se u znatnom smanjenju procenta prodrlog cezijuma u organizam.

U institucijama gde se koriste radioizotopi u istraživačke i druge svrhe postoji mogućnost za nastanak različitih tipova akcidentalnih kontaminacija kože. Spoljna kontaminacija radionuklidima u obliku rastvora je najčešći vid akcidentalnih kontaminacija koje se u praktičnom radu dogadjaju gotovo svakodnevno. U našem izučavanju interne kontaminacije nastale transkutanim putem posmatrana je resorpcija radioaktivnog izotopa ^{137}Cs kod radiokontaminacije rastvorima različitih hemijskih oblika a u funkciji primenjenih dekontaminacionih sredstava i različitom stanju reaktivnosti kožne barijere.

Materijal i metod rada

Svi ogledi su izvedeni na Albino pacovima, mužjacima, starim oko 4 meseca, telesne težine oko 2oo gr. U toku ogleda životinje su bile pod narkozom (o,8 ml 25 % rastvora uretana injicirano je i.m.). Ispitivanja su vršena u funkciji hemijskog oblika kontaminanta, pH kontaminirajućeg rastvora, površinskog obezmašćivanja kože, dužine trajanja kontaminacije i vrste sredstava za dekontaminaciju. Izvršene su tri grupe ogleda u odnosu na anjonsku komponentu ras-

tvora radiocezijuma.

Uslovi kontaminacije: Kontaminacija je izvodjena nanošenjem o,1 ml rastvora kontaminanta na obeleženoj površini kože od 5 cm^2, na ventralnoj strani abdomena, a sa koje je uklonjena dlaka. Radioaktivnost nanete količine rastvora iznosila je oko 3o μCi. U svim ogledima radiokontaminant je bio u kontaktu sa kožom 1 čas, a pH rastvora je iznosio 1,e.

Uslovi dekontaminacije: Jedan čas nakon kontaminacije uklonjen je kontaminirani deo kože, ili je prethodno izvršena dekontaminacija a potom ekscidiran kontaminirani deo kože. Dekontaminacija je vršena klasičnim postupkom obrade kontaminirane površine pomoću izabranih sredstava (voda, 5 % rastvor deterdženta "BADD" i 2 % rastvor taninske kiseline). Tretman se sastojao od pet obrada od kojih je svaka trajala po 1 minut i na kraju ogleda koža je posušena suvim tupferom. Životinje su žrtvovane, stavljene u plastične kutije a registrovanje ukupne radioaktivnosti tela i ekscidiranog dela kože vršeno je na posebno prilagodjenom brojačkom uredjaju koji je predstavljao Whole body counter za eksperimentalne životinje.

Rezultati

Na tabelama 1., 2. i 3. prikazan je sadržaj radiocezijuma u telu i rezidualna radioaktivnost u kontaminiranom delu kože posle dekontaminacije u funkciji hemijskog oblika radiokontaminanta.

TAB. 1.

Sadržaj radiocezijuma posle dekontaminacije kože kontaminirane sa $^{137}CsCl$, izražen u % od nanete radioaktivnosti

Sredstvo za dekontamin.	Telo			Kontaminirani deo kože		
	N	M ± S	p	N	M ± S	p
Nedekontaminirani svedok	15	1.33 ± 0.21	-	-	-	-
Voda	2o	1.42 ± 0.65	>0.7	17	6.2o ± 1.38	-
5 % rastvor deter."BADD"	2o	2.o2 ± 1.o2	>0.02	2o	1.o3 ± o.31	<0.001
2 % rastvor Ac.tannici	14	1.17 ± 0.5e	>0.4	14	7.o7 ± 1.96	>0.1

TAB. 2.

Sadržaj radiocezijuma posle dekontaminacije kože kontaminirane sa $^{137}Cs_2SO_4$, izražen u % od nanete radioaktivnosti

Sredstvo za dekontamin.	Telo			Kontaminirani deo kože		
	N	M ± S	p	N	M ± S	p
Nedekontam. svedoci	15	0.44 ± 0.18	-	-	-	-
Voda	19	0.43 ± 0.23	<0.9	18	4.78 ± 1.88	-
5 % rastvor deter."BADD"	15	1.o5 ± 0.60	>0.001	15	0.80 ± 0.29	<0.0(
2 % rastvor Ac.tannici	12	0.45 ± 0.23	>0.9	12	6.66 ± 1.15	<0.0(

TAB. 3.

Sadržaj radiocezijuma posle dekontaminacije kože kontaminirane sa $^{137}CsNO_3$, izražen u % od nanete radioaktivnosti

Sredstvo za dekontamin.	Telo			Kontaminirani deo kož		
	N	M ± S	p	N	M ± S	p
Nedekontam. svedoci	13	0.74 ± 0.34	-	-	-	-
Voda	18	0.79 ± 0.38	>0.7	18	6.25 ± 1.94	-
5 % rastvor deter."BADD"	15	0.80 ± 0.4o	>0.6	15	0.92 ± 0.29	<0.0
2 % rastvor Ac.tannici	10	0.76 ± 0.25	<0.9	10	6.53 ± 1.25	<0.7

Rezultati pokazuju da od svih primenjenih sredstava za dekontaminaciju 5 % rastvor "BADD"-a u zavisnosti od anjonske komponente ostavlja najmanju rezidualnu radioaktivnost u kontaminiranom delu kože. Telesni sadržaj cezijuma je kod kontaminacije sa $^{137}CsCl$ i $^{137}CsSO_4$ viši nego u kontrola i grupama tretiranih drugim sredstvima, dok se kod kontaminacije sa $^{137}CsNO_3$ ne zapaža velika razlika u odnosu na kontrolnu grupu.

Na tabeli 4. je prikazana primena zaštitnog krema "Oct u cilju prevencije transkutane resorpcije ^{137}Cs u različitim hem skim oblicima.

TAB. 4.

Sadržaj ^{137}Cs u telu pri primeni zaštitnog krema "Octa", izražen u % nanete radioaktivnosti

Hemijski oblik	Kontrola			Koža štićena kremom		
	N	M ± S	p	N	M ± S	p
- Cl	15	1.33 ± 0.21	-	1o	0.21 ± 0.09	<0.001
- SO_4	17	0.5o ± 0.22	-	1o	0.26 ± 0.07	>0.001
- NO_3	15	0.83 ± 0.38	-	15	0.43 ± 0.19	>0.001

Povoljan zaštitni efekat krema "Octa" ogleda se u znatnom smanjenju procenta prodrlog cezijuma u organizam, kod svih hemijskih oblika radiokontaminanta u poredjenju sa kontrolnim grupama. Taj efekat je najizrazitiji kada se radi o kontaminaciji sa rastvorom cezijum hlorida.

Diskusija

Propustljivost kožne barijere postaje promenljiva pod dejstvom različitih spoljnih i unutrašnjih faktora. Razmatrajući dobijene rezultate zapaža se da je pri kontaminaciji kože različitim hemijskim oblicima ^{137}Cs resorpcija različita. Uočene razlike ukazuju da anjonska komponenta na neki kompleksan način utiče na procese transfera ispitivanog katjona i nastanak interne kontaminacije transkutanim putem. Od ispitivanih sredstava za dekontaminaciju rastvor sintetičkog deterdženta "BADD", iako je uslovio porast vrednosti prodrlih količina ^{137}Ca u telo, može se smatrati najefikasnijim dekontaminacionim sredstvom od svih drugih primenjenih sredstava, pošto ostavlja najmanju rezidualnu radioaktivnost u kontaminiranom delu kože. U osnovi fizičkog načina dejstva "BADD", kao nejonogene površinsko-aktivne materije, leže procesi adsorpcije na graničnim fazama, sniženje površinskog napona vode, povišene moći natapanja, emulgiranja i uopšte uklanjanja čestica radionuklida. Prema rezultatima postignutim upotrebom "BADD"-a izgleda da ovaj deterdžent ispunjava većinu svojstava koja treba da poseduje dekontaminacioni rastvor, prema Gorodinskom i drugim autorima, a to su: da brzo i potpuno natapa površinu na kojoj je prisutan radiokontaminant, da razrušava

vezu radionukleida sa površinom i time prevodi kontaminant u rastvor, da sprečava resorpciju radioaktivne materije (1). Zapažena znatna dekontaminabilnost kože pri upotrebi "BADD"-a bazira na jednoj nepovoljnoj sa kožu akciji deterdženta. Interakcija deterdženta i proteina dovodi do denaturacije epidermalnog keratina (2,3). U toku tretmana kože rastvorom deterdženta vrši se ekstrakcija denaturisanih proteina, a istovremeno i vezanog kontaminanta.

Voda, upotrebljena kao dekontaminaciono sredstvo pri kontaminaciji jako kiselim rastvorima cezijuma, ne povećava količine prodrlog cezijuma u telo. Neispoljavanje povećane propustljivosti kože može se,najverovatnije, pripisati izmenama nastalim u kožnoj barijeri usled kontakta sa jakom kiselinom.

Ispitivanja adstringentnih sredstava (Ac.tannicum) kao dekontaminacionih materija pokazuju da njihova upotreba ne povećava tranekutanu resorpciju, ali zbog ostavljanja visoke rezidualne radioaktivnosti u kontaminiranom delu kože, ne ispoljavaju zadovoljavajući efekat u dekontaminacionom tretmanu.

Adstringentna sredstva kao materije lokalno deluju hemijski ili koloidno-hemijski na površinske slojeve, a dejstvo im se zasniva na površinskom taloženju belančevina, tako da precipitat čini tanku čvrstu opnicu. Tanini ne samo što talože belančevine, nego stvaraju i nerastvorljive komplekse sa nekim teškim metalima i drugim supstancijama (4).

U cilju prevencije transkutane resorpcije ^{137}Cs zaštitni krem "Octa" pokazao je zadovoljavajući efekat. Kod svih ispitanih hemijskih oblika radiokontaminanta procenat prodrlog cezijuma je manji nego u kontrola. U zavisnosti od anjonske komponente radiokontaminanta pri protekciji kože kremom "Octa" resorpcija raste ovim redom: $CsCl < Cs_2SO_4 < CsNO_3$. Povoljan efekat zaštitnih kremova u prevenciji transkutane resorpcije i povećanje efikasnosti dekontaminacije, opravdava njihovu upotrebu pogotovu za delove tela kao što su lice i vrat, pored prvenstvene upotrebe za šake, a naročito sa aspekta rekontaminacije i redekontaminacije.

Zaključak

1. Količine radiocezijuma koje prodiru preko kože nisu zanemarljive i mogu da uslove obimniju internu kontaminaciju.
2. Transkutana resorpcija ispoljava znatnu zavisnost od fiziološkog stanja kože i izvesnih fiziko-hemijskih faktora.

3. Transkutana resorpcija radiocezijuma u zavisnosti od anjonske komponente radiokontaminanta, kod obezmašćene kože najveća je kod hlorida, a najmanja kod sulfata.
4. Voda primenjena kao dekontaminaciono sredstvo ne povećava resorpciju kada je radiokontaminant u obliku jakih kiselina.
5. Rastvor deterdženta "BADD" ispoljio je najveću efikasnost dekontaminacije, pošto ne povećava u većem obimu procenat prodrlog ^{137}Cs kroz kožu, a i rezidualnu aktivnost u kontaminiranom delu kože svodi na minimum.
6. Primena zaštitnog krema "Octa" sprečava transkutanu resorpciju radiocezijuma.

Summary

The results have shown that transcutaneous resorption of radiocesium increases if the skin is treated with soap. Water, as a decontamination anent, does not increase the amount of ^{137}Cs in the organism if the contaminant is a strong acid. The most efficient decontaminant is the detergent "BADD", which, to some extent, increases the percentage of cesium in the organism, but leaves the smallest amount of residual radioactivity in the contaminated part of the skin upon which depends the estimation of the actual efficiency of decontamination. The protective cream "Octa" was used in investigating the prevention of transcutaneous resorption and the increase of the decontamination effect.

Literatura

1. Gorodinskij S.M., Panfilova Z.E. i sotrud., Dezaktivacija sredstvd individualjnoj zaščiti i zaščitnih pokritij, Atomizdat, (1964).
2. Morell J., Traite de Biochimie Cutanes, Vol. II, p.21e, Paris, (1958)
3. Harrold S.P., J.Invest. Dermat., 32, 581 (1959)
4. Bogdanović S., Farmakologija, 489 (1967), Naučna knjiga, Beograd

SINTETSKE I PRIRODNE TVARI POGODNE ZA SNIŽENJE RETENCIJE RADIOAKTIVNOG STRONCIJA U TIJELU

Škarić V., Turjak-Zebić V., Škarić Đ., Institut "Ruđer Bošković", Zagreb, i Kostial K., Maljković T., Gruden N., Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb

Nastavljena su biološka testiranja 2-fenil-4,5,6,7-tetrahidroindazol-3-on-5,5-dikarbonske kiseline (FIDA) i njenog defenil derivata (HIDA) u svrhu pospješenja eliminacije radioaktivnog stroncija iz organizma štakora.

Ustanovili smo da intraperitonealna primjena tih kompleksona izaziva sniženje tjelesne retencije radioaktivnog stroncija (^{85}Sr) samo ukoliko se ti kompleksoni primijene uz dodatak stroncijevog klorida.

Izvršena je izolacija D-manuronske i L-guluronske kiseline iz alginata "Manucol" SS/LD/2 G/M 2.48. U tu svrhu alginat je bio hidroliziran s 80% sumpornom kiselinom, a separacija uronskih kiselina je izvršena na koloni anionskog izmjenjivača Dowex 1x8 (100-200 mesh) u acetatnoj formi. Umjesto papirne kromatografije kojom se kvalitativno prati separacija uronskih kiselina, uvedena je nova, mnogo brža metoda njihove detekcije pomoću tankoslojne kromatografije na celulozi.

Metodom potenciometrijske titracije kvalitativno je ispitano stvaranje kompleksa D-manuronske i L-guluronske kiseline s kalcijem odnosno stroncijem u odnosu 2:1 i 1:10 liganda prema metalu.

S ciljem da se ispita djelotvornost alginata iz jadranskih smeđih alga pogodnih za sniženje apsorpcije radioaktivnog stroncija iz probavnog trakta dosad su izvršene izolacije alginata iz alge Cystoseira barbata i Colpomenia sinuosa.

U toku preliminarnog testiranja djelovanja tih alginata metodom izolirane duodenalne vreće štakora ustanovili smo da oni imaju sposobnost selektivnog sniženja apsorpcije stroncija za oko 20%.

Pokušajima sniženja retencije radioaktivnog stroncija u organizmu prilazi se s dva aspekta. S jedne strane se nastoji ubrzati eliminacija radioaktivnog stroncija iz tijela. Jedna od mogućnosti takve terapije je primjena kompleksona koji stvaraju stabilne komplekse sa zemnoalkalnim metalima. Do sada su najbolji rezultati postignuti primjenom kompleksona 2:2 bis (di/karboksimetil/amino) dietil etera (BADE) i 1,2-diaminociklopentan tetraoctene kiseline (CPDTA)(1, 2).

S druge strane se nastoji smanjiti apsorpcija radioaktivnog stroncija iz probavnog trakta, što se može postići primjenom niza supstanci kao što su: kalcij, sulfati, fosfati i alginati (3). Alginati su spojevi izolirani iz raznih smeđih alga a po sastavu su metalne soli alginske kiseline. Sama alginska kiselina je polisaharid građen od D-manuronske i L-guluronske kiseline (4). Pokazalo se da alginati izazivaju znatno sniženje retencije radioaktivnog stroncija iz probavnog trakta, a da pri tom apsorpcija kalcija ostaje nepromijenjena (5). Najbolji rezultati postignuti su istovremenim povišenjem sadržaja kalcija, fosfata i alginata u hrani (6). Biološka testiranja alginata su pokazala da alginati s višim sadržajem guluronske kiseline reduciraju apsorpciju radioaktivnog stroncija u znatno većoj mjeri nego alginati koji su bogatiji na manuronskoj kiselini (5).

Sam mehanizam sprječavanja apsorpcije radioaktivnog stroncija iz probavnog trakta pomoću alginata do danas nije poznat. Najvjerojatnija je pretpostavka da dolazi do stvaranja kompleksa između alginata i stroncija. Triffitt (7) ispitivao je stabilnost alginatnih kompleksa s kalcijem i stroncijem. Njegovi rezultati pokazuju da su konstante stabilnosti stroncijevih kompleksa znatno veće u odnosu na kalcijeve komplekse. On ujedno napominje da monomerna L-guluronska kiselina ne pokazuje sposobnosti vezanja s kalcijevim odnosno stroncijevim ionima.

Primjena indazolon karbonskih kiselina u svrhu pospješenja eliminacije radioaktivnog stroncija iz organizma

U ovim pokusima primijenili smo istu eksperimentalnu tehniku kao i u našim ranijim radovima na testiranju efikasnosti kompleksona FIDA i HIDA u pospješenju eliminacije radioaktivnog stroncija iz organizma (8).

Pokuse smo vršili na ženkama bijelog štakora. Neposredno nakon parenteralne kontaminacije štakora radioaktivnim stroncijem (^{85}Sr), životinjama smo intraperitonealno aplicirali kompleksone HIDA i FIDA. Sve su životinje žrtvovane 72 sata nakon interne kontaminacije i određena je aktivnost ^{85}Sr u njihovom tijelu u scintilacijskom brojaču. Komplekson HIDA primijenili smo kao natrijeve i stroncijeve soli u dozi od 2 i 4 mmola/kg tjelesne težine. Komplekson FIDA nismo mogli primijeniti kao stroncijevu sol odnosno kompleks, jer kod pH 7 u željenoj koncentraciji nije bio topiv, pa smo stoga istovremeno s kompleksonom zasebno injicirali ekvimolarnu količinu stroncijevog klorida u dozi od 1 i 2 mmola/kg. Kod dvije grupe eksperimentalnih životinja primijenili smo terapiju u obliku samog stroncijevog klorida. Kod primjene stroncijevih kompleksa ovih spojeva kao i kod primjene samog stroncijevog klorida dozu od 4 mmola/kg nismo mogli primijeniti zbog toksičnosti.

Iz rezultata na tablici 1 vidimo da natrijeve soli ovih kompleksona nisu izazvale sniženje tjelesne retencije radioaktivnog stroncija. Primjenom stroncijevog kompleksa HIDA te primjenom $SrCl_2$ s kompleksonom FIDA, kao i primjenom samog stroncijevog klorida postigli smo sniženje tjelesne retencije radioaktivnog stroncija za oko 25%. Rezultati su bili neovisni o visini doze primijenjenih supstancija. Ti su nalazi u skladu s rezultatima naših ranijih istraživanja (1, 2, 8).

TAB. br. 1

Grupa		Broj životinja	^{85}Sr u tijelu % doze*	% kontrole
Kontrola		62	56.68 ± 1.03	100.00
Na_2HIDA	2 mmola/kg	8	54.15 ± 1.97	95.55
	4 "	8	53.68 ± 0.59	94.71
$Na_2(SrHIDA)$	2 "	8	43.77 ± 2.83	77.23
$Na_2FIDA + SrCl_2$	1 "	28	37.11 ± 1.46	65.48
	2 "	6	39.84 ± 2.93	70.29
$SrCl_2$	1 "	27	39.25 ± 1.41	69.26
	2 "	8	42.38 ± 4.91	74.76

* Aritmetička sredina ± standardna pogreška

Izolacija i separacija uronskih kiselina

Da bi se ispitale kompleksirajuće sposobnosti osnovnih sastavnih jedinica alginata tj. D-manuronske i L-guluronske kiseline bilo je potrebno izvršiti njihovu izolaciju iz alginata. U tu svrhu je bio upotrebljen "Manucol" SS/LD/2 G/M 2.48. Izolacija je vršena uz neke modifikacije, osobito u kromatografiji, i to prema propisu Haug-a(9).

Izvršena je hidroliza natrijevog alginata s 80% sumpornom kiselinom. Hidrolizat je prije separacije uronskih kiselina ispitan pomoću papirne kromatografije. Kao razvijač je upotrebljena smjesa otapala, koju su uveli Fischer i Dörfel (10). Za postizavanje zadovoljavajuće separacije uronskih kiselina bilo je potrebno dugo vremena razvijati kromatogram (88 sati). Budući da je tako dugo vrijeme razvijanja bilo neprikladno pokušalo se izvršiti identifikaciju uronskih kiselina pomoću tankoslojne kromatografije. U tu svrhu se pokazala pogodnom kromatografija na celulozi. Uvjeti rada bili su isti kao kod papirne kromatografije, samo je vrijeme razvijanja kromatograma reducirano

na svega jedan sat.

Separacija uronskih kiselina je izvršena na koloni anionskog izmjenjivača Dowex 1x8 (100-200 mesh) u acetatnoj formi. Kolona je bila eluirana s octenom kiselinom u linearnom gradijentu od 0.5 do 2 N. Frakcije koje sadrže uronske kiseline odnosno njihove laktone padaju u dvije grupe.

TAB. br. 2

Uronske kiseline i laktoni eluirani s kolone anionskog izmjenjivača

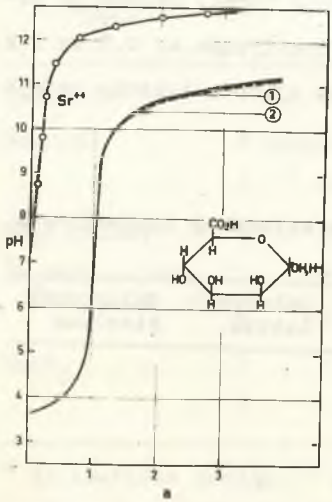
Frakcija	Manurono-lakton	Manuronska kiselina	Gulurono-lakton	Guluronska kiselina
35 - 37	+			
38 - 42	+	+		
43 - 46	+			
57 - 60			+	+

Otopine laktona su prevedene u odgovarajuće kiseline dodatkom 0.1 N natrijevog hidroksida do bazične reakcije. Slobodne kiseline su dobivene propuštanjem otopine natrijevih soli uronskih kiselina preko kationskog izmjenjivača Dowex 50 Wx4 (20-50 mesh) u H formi ((11), što je potvrđeno tankoslojnom kromatografijom. Manuronska kiselina je dobivena iz odgovarajuće otopine liofilizacijom kao bijeli film, a guluronska kiselina kao smeđi sirup.

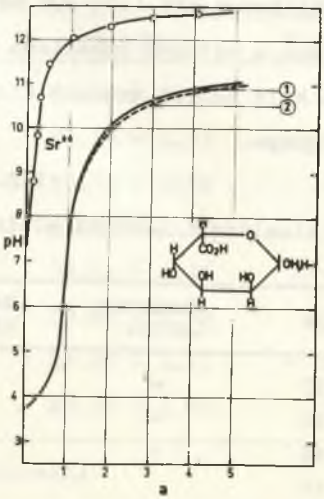
Ispitivanje sposobnosti stvaranja kompleksa D-manuronske i L-guluronske kiseline s kalcijem i stroncijem

Izvršene su titracije u vodenom mediju s 0.1 N natrijevim hidroksidom, manuronske kiseline same i u smjesi s kalcijem odnosno stroncijem u molarnom odnosu 1:10 liganda prema metalu. Pod istim uvjetima izvršene su i titracije guluronske kiseline. Titracione krivulje ovih kiselina u smjesi s metalima (kao primjer su dane titracije sa Sr, Sl. 1, 2) ne pokazuju depresiju u odnosu na krivulje

samih kiselina što govori, da ne dolazi do stvaranja kompleksa.



Sl.1. Potenciometrijska titracija 1)D-manuronske kiseline 2)D-manuronska kiselina-Sr^{++} sistema kod molarnog odnosa 1:10. Apscisa a=molovi NaOH dodani na mol D-manuronske kiseline.



Sl.2. Potenciometrijska titracija 1)L-guluronske kiseline 2)L-guluronska kiselina-Sr^{++} sistema kod molarnog odnosa 1:10. Apscisa a=molovi NaOH dodani na mol L-guluronske kiseline

Ova ispitivanja su potvrdila Triffitt-ovu (7) napomenu, da uronske kiseline kao monomerne jedinice nemaju sposobnosti stvaranja kompleksa s kalcijem i stroncijem, već da je to isključivo svojstvo polimera.

Izolacija alginata iz nekih jadranskih smeđih alga

Da bi ispitali djelotvornost alginata iz jadranskih smeđih alga kao sredstava za smanjenje apsorpcije radioaktivnog stroncija iz probavnog trakta, izvršili smo u našem laboratoriju izolacije alginata iz alge Cystoseira barbata i Colpomenia sinuosa. Izolacije su vršene prema metodi Haug-a (9), koja uključuje ekstrakciju alginata bez suviška alkalija. Alginati iz obih alga dobiveni na taj način bili su tamno smeđe boje. Da bi se dobio čišći produkt dodana je

infuzorijska zemlja otopini natrijevog alginata iz alge Cystoseira barbata u fazi prije taloženja etanolom. Kod alge Colpomenia sinuosa je uspjelo dobiti čišći produkt propuštanjem alginatne otopine kroz kolonu od aktivnog ugljena i celita (12).

Utjecaj alginata iz alge Cystoseira barbata na transport stroncija i kalcija kroz duodenum štakora

Pokusi su rađeni metodom "izvrnute crijevne vreće" po Wilson-Wisemanu (13). Koristili smo mužjake bijelog štakora stare 6 tjedana. Nakon dekapitiranja životinjama smo preparirali duodenum i inkubirali ga tokom 45 min. u modificiranoj Krebs-Ringerovoj otopini na 37°C u prisutnosti O_2. Otopini s mukozne strane dodali smo radioaktivne izotope stroncija i kalcija, a eksperimentalnim uzorcima 0.05% alginata. Nakon inkubiranja određivali smo aktivnost ^{45}Ca i ^{85}Sr u otopini izvan i unutar crijevne vreće i iz omjera S/M (broj impulsa u min. sa serozne strane/broj impulsa u min. sa mukozne strane) odredili koliki je transport stroncija i kalcija kroz duodenalnu stijenku.

TAB. br. 3

S/M	Kontrola	Alginati
^{45}Ca	3.50 ± 0.28	3.79 ± 0.41
^{85}Sr	0.64 ± 0.03	0.50 ± 0.03
$^{45}Ca/^{85}Sr$	0.19 ± 0.01	0.15 ± 0.01

Vrijednosti su izražene kao aritmetička sredina S/M omjera s odgovarajućim standardnim pogreškama grupe od 20 štakora

Iz rezultata prikazanih na tablici 3 vidi se da alginati snizuju transport stroncija za oko 20% dok je transport kalcija ostao nepromijenjen. Uslijed toga snizuje se omjer $^{85}Sr/^{45}Ca$ kod eksperimentalnih uzoraka. Sniženje transporta stroncija i omjera $^{85}Sr/^{45}Ca$ je

statistički značajno (P 0.001).

Ti rezultati odgovaraju nalazima drugih autora, koji su djelovanje alginata iz smeđih alga testirali na sličan način (14).

Summary

The biological testing of 2-phenyl-4,5,6,7-tetrahydroindazol-3-one-5,5-dicarboxylic acid (FIDA) and its dephenyl derivative (HIDA) as agents for enhancing radioactive strontium elimination from the body was continued.

An intraperitoneal injection of these complexing agents caused a reduction in retention of radioactive strontium (^{85}Sr) in rats only if strontium chloride was applied at the same time.

D-Mannuronic and L-guluronic acids were isolated from alginate "Manucol" SS/LD/2 G/M 2.48. For this purpose the alginate was hydrolised with 80% sulphuric acid. The separation of uronic acids was carried out on the column of anion exchange resin Dowex 1x8 (100-200 mesh) in acetate form. Instead of paper chromatography which serves for qualitative identification of uronic acids during the separation, a new, more rapid method by using a thin-layer chromatography on cellulose was introduced.

The potentiometric titration method was applied to investigate qualitatively the ability of D-mannuronic and L-guluronic acids to form complexes with calcium and strontium at molar ratios 2:1 and 1:10 ligand to metal.

With the aim to investigate the efficiency of alginates from Adriatic brown algae as agents for reducing radiostrontium absorption from the intestine, the isolation of alginates from Cystoseira barbata and Colpomenia sinuosa has been done.

The preliminary testing of the biological efficiency of these alginates shows a decrease of about 20% in the strontium transport and no effect on calcium transport in the everted duodenal sac.

L i t e r a t u r a

1. Kostial K., Vojvodić S. i Maljković T., Arh. hig. rada 18, 111 (1967).
2. Slat B., et al., Arh. hig. rada 19, 41 (1968)
3. Kostial K., Problemi radiološke dekontaminacije, 197 (1966); Institut za higijenu i socijalnu medicinu, Sarajevo.

4. Haug A., Laraen B. and Smidsröd O., Acta Chem. Scand., 21, 691 (1967).
5. Patrick G., Carr T.E.F. and Humphreys E.R., Int. J. Radiat. Biol., 12, 427 (1967).
6. Kostial K., et al., Nature 215, 182 (1967).
7. Triffitt J.T., Nature, 217, 457 (1968).
8. Skarić V., et al., Mjerenja i instrumentacija u zaštiti od jonizirajućeg zračenja, 358 (1967), Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič", Vinča.
9. Haug A., Report No. 3 (1964), Norwegian Institute of Seaweed Research, Trondheim.
10. Fischer F.G. und Dörfel H., Z. Physiol. Chem. 301, 224 (1955).
11. Ohkawara N., Jap. P. 3124/1950; cit. prema C.A. 46,10491 (1952).
12. Vincent D.L., Goring D.A.I. and Gordon Young E., J. Appl. Chem., 5, 374 (1955).
13. Wilson T.H. and Wiseman G., J. Phvsiol. 132, 116 (1954).
14. Patrick G., Nature, 216, 815 (1967).

UTJECAJ ALGINATA NA TRANSPORT STRONCIJA KROZ DUODENUM

GRUDEN N.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb

Skoryna i sur. (1964) prvi su pokazali da se alginatima može znatno smanjiti apsorpcija stroncija u probavnom traktu štakora,a da apsorpcija kalcija ostane skoro nepromijenjena. Nas je zanimalo da li će se,radi specifičnosti mladog organizma,spomenuti efekt alginata očitovati kod mladih kao i kod odraslih životinja. Pokuse smo radili metodom "izvrnute crijevne vreće", a koristili smo mužjake bijelog štakora stare 6, 16 ili 26 tjedana.

Rezultati naših pokusa pokazuju da je djelovanje alginata neovisno o dobi štakora. Oni značajno snizuju transport stroncija kroz duodenalnu stijenku, dok transport kalcija ni u jednom slučaju nije bio značajno smanjen.

Uvod

Od 1964. godine, kada je grupa kanadskih autora (1) objavila rezultate svojih pokusa, u centar istraživanja na tom području dospjeli su alginati. Oni su, naime, pokazali da se natrijevom soli alginske kiseline koja je polimer D-manuronske i L-guluronske kiseline, a dobiva se iz smeđih morskih alga, apsorpcija stroncija iz probavnog trakta smanjuje za 50-80%, dok se apsorpcija kalcija bitno ne mijenja. Kasnija ispitivanja pokazala su da efikasnost alginata u sniženju apsorpcije stroncija ovisi o omjeru guluronske i manuronske kiseline (2, 3). O mehanizmu djelovanja alginata ne zna se još pouzdano iako o tome postoji nekoliko pretpostavki (3, 4).

Poznato je da mladi organizam zbog brzog rasta i razvoja skeleta ima veću potrebu za kalcijem a manju diskriminatornu sposobnost prema stronciju nego odrasli organizam (5, 6). Stoga je važno naći sredstvo koje će u tim specifičnim uvjetima sniziti apsorpciju radioaktivnog stroncija a neće djelovati na apsorpciju kalcija.Mi smo pokušali ustanoviti do koje mjere alginati odgovaraju tim uvjetima.

Metoda

U ovim smo pokusima koristili mužjake bijelog štakora različite dobi i tjelesne težine. Najmlađe životinje bile su 6 tjedana stare i 90-100 gr teške, dok su najstarije - 6 mjeseci stare životinje - bile teške 320-340 gr;životinje srednje grupe bile su stare 16 tjedana i 240-280 gr teške.Sve su životinje primale standardnu hranu koja se upotrebljava za ishranu životinja u staji Instituta za medicinska istraživanja.U toj je hrani sadržaj kalcija bio 1.2, a fosfora 0.8%.Dvadeset sati prije pokusa svim je životinjama hrana oduzeta.

Poslije dekapitiranja prepariran je duodenum po metodi Wilson-Wiseman-a (7).Izvrnuti je duodenum zatim inkubiran u medijumu koji se sastojao od 135 mM NaCl,11 mM KCl,10 mM fosfatnog pufera (pH 7.4), 0.05 mM $CaCl_2$ i $SrCl_2$ uz dodatak ^{85}Sr i ^{45}Ca u dozi od oko 0.07 μCi/ml konačne otopine. Otopini eksperimentalnih uzoraka dodano je 0.05% Na-alginata O.G.1 u kojem je omjer guluronske prema manuronskoj kiselini 97 (Humphreys (8) M.R.C.Radiobiological Research Unit,Harwell). Jednaka je otopina za vrijeme inkubiranja bila izvan i unutar duodenalne vreće,osim što su radioizotopi dodani samo otopini sa vanjske tj. mukozne strane duo-

denuma. Svi su uzorci inkubirani tokom 45 min.u metaboličkoj mješalici kod 37°C u prisutnosti kisika. Nakon inkubiranja određivali smo u određenom alikvotnom dijelu (100λ)aktivnost kalcija-45 i stroncija-85 u otopini koja se nalazila sa vanjske i unutarnje strane duodenalne stjenke.Omjer aktivnosti radiokalcija i stroncija na seroznoj strani prema aktivnosti na mukoznoj strani duodenuma na kraju inkubacionog perioda bio nam je pokazatelj njihovog ukupnog transporta (S/M).

Rezultati

Rezultati naših pokusa prikazani su na tabeli 1. Izraženi su kao srednje vrijednosti S/M omjera kalcija-45 i stroncija-85 grupa od 10-31 životinje na kraju inkubacionog perioda sa njihovim standardnim pogreškama.

Iz rezultata se vidi da je djelovanje alginata na transport kalcija kroz duodenalnu stjenku - bez obzira na dob naših životinja - minimalno i nikada značajno. Na transport stroncija, međutim, alginati djeluju i smanjuju ga kod životinja svih dobnih skupina za oko 40%.U svim je slučajevima djelovanje alginata na transport stroncija bilo statistički značajno ($P < 0.001$).

Treba spomenuti i ovisnost transporta kako kalcija tako i stroncija o dobi naših eksperimentalnih životinja.U svim se kolonama, naime, vidi ono što je već dobro poznato: da se starenjem smanjuje kretanje, odnosno apsorpcija kalcija i stroncija kroz duodenum.

U komparaciji sa rezultatima drugih autora efekt alginata u našim pokusima relativno je malen (9,10).Treba, međutim,uzeti u obzir da smo mi djelovanje alginata ispitivali <u>in vitro</u> tehnikom pri kojoj je efekt alginata malen i kreće se oko 35% (11).

TAB. br. 1

Utjecaj Na-alginata na transport kalcija i stroncija kroz duodenalnu stjenku 6, 16 i 26 tjedana starih štakora

Dob životinja u tjednima	Kalcij - 45				% S/M alginata u odnosu na kontrolu
	Kontrola		Na-alginat		
	Broj život.	S/M ± SP	Broj život.	S/M ± SP	
6	15	2.50 ± 0.20	18	2.20 ± 0.15	88
16	31	1.00 ± 0.10	31	0.99 ± 0.10	99
26	12	0.54 ± 0.10	12	0.46 ± 0.03	85
	Stroncij - 85				
6	15	0.47 ± 0.03	18	0.30 ± 0.02	64
16	31	0.23 ± 0.02	31	0.15 ± 0.01	65
26	12	0.19 ± 0.01	10	0.11 ± 0.004	60

Vrijednosti su izražene kao aritmetičke sredine S/M smjera ± odgovarajuća standardna pogreška.

Zaključak

Naši *in vitro* pokusi, u kojima smo ispitivali djelovanje Na-alginata (0.05%) na ukupni transport stroncija i kalcija kroz duodenalnu stjenku štakora, pokazuju:

- ukupni transport stroncija je pod djelovanjem alginata smanjen za oko 40% kod ispitivanih životinja svih dobnih skupina. Taj je rezultat uvijek statistički značajan,
- transport kalcija nije u prisutnosti alginata bitno promijenjen.

Zahvaljujem Mirki Buben na vrlo dobroj tehničkoj pomoći.

Skoryna et al. (1964) first showed that the application of alginates can considerably reduce strontium absorption from the gastrointestinal tract of the rat leaving calcium absorption almost unchanged. We were interested to see whether - due to specific physiological conditions of the young organism - this effect of alginates will be the same in the young as well as in adult animals. The experiments were performed by "everted gut sac" technique on white, male rats 6, 16 or 26 weeks old.

The results of our experiments show that the effect of alginates is independent of the age of the rat. Alginates significantly reduce strontium transport through duodenal wall leaving the transport of calcium almost unaffected.

Literatura

1. SKORYNA S.C.. PAUL T.M. i WALDRON-EDWARD D., Can. Med. Ass. J., 91, 285 (1964)
2. SUTTON A., Nature, 216, 1005 (1967)
3. PATRICK G., Nature, 216, 5117 (1967)
4. TRIFFITT J.T., Nature, 217, 5127 (1968)
5. LOUGH S.A., RIVERA J. i COMAR C.L., Proc. Soc. Exp. Biol.NY, 112, 631 (1963)
6. TAYLOR D.M., BLIGH P.H. i DUGGAN M.H., Biochem. J., 83, 25 (1962)
7. WILSON T.H. i WISEMAN G., J. Physiol., London, 132,116 (1954)
8. HUMPHREYS E.R., Carbohydrate Res., 4, 507 (1967)
9. WALDRON-EDWARD D., PAUL T.M. i SKORYNA S.C., Can. Med. Ass. J., 91, 1006 (1964)
10. CARR T.E.F., et al., Int. J. Radiat. Biol., 14, 225 (1968)
11. PATRICK G., CARR T.E.F. i HUMPHREYS E.R., Int. J. Radiat. Biol., 12, 427 (1967)

MOBILIZACIJA RADIOAKTIVNOG STRONCIJA IZ SKELETA U LAKTACIJI

MOMČILOVIĆ B., DURAKOVIĆ A., KOSTIAL K.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb

U pokusu je ispitivan utjecaj trajanja laktacije na mobilizaciju radioaktivnog stroncija iz skeleta nakon jednokratne intraperitonealne primjene 0.5 uCi ^{85}Sr jednoj grupi 4 mjeseca starih ženki prije početka nošenja (dublja inkorporacija) a drugoj na dan okoćenja (plića inkorporacija). Virginelne kontrole, dojilje i legla sa 6 mladih žrtvovane su 3, 12 i 20 dana laktacije, a aktivnost otopljenih mineraliziranih uzoraka skeleta određena je u scintilacijskom brojaču. Rezultati pokazuju da je mobilizacija radioaktivnog stroncija iz skeleta upravno razmjerna trajanju laktacije, a obrnuto razmjerna vremenu proteklom od njegove primjene; s time da se mobilizira i nakon više od 20 dana od ugradnje u skelet.

Uvod

Iz ranijih je istraživanja poznato (1-6) da ženke štakora u laktaciji posjeduju značajnu sposobnost mobilizacije radioaktivnog stroncija iz skeleta. U ovim pokusima istraživan je utjecaj dužine laktacije na mobilizaciju radioaktivnog stroncija iz skeleta apliciranog jednoj grupi životinja prije početka gestacije (dublja inkorporacija), a drugoj na dan partusa (plića inkorporacija).

Metoda

Za pokus su uzete ženke bijeloga štakora stare 4 mjeseca, približno jednake težine, uzgojene u staji Instituta za medi-

cinska istraživanja. Kako se smatra da je inicijalna inkorporacija izotopa dovršena prije trećega dana od časa unašanja (1) odnosno da je u to vrijeme količina radioaktivnog stroncija u krvi manja od 0.001% injicirane doze, a retencija u skeletu se nakon toga smanjuje (1, 7), to su virginelne kontrole i dojilje iste starosti sa leglima od po 6 mladih žrtvovane 3, 12 i 20 dana laktacije. Period od partusa do 12 dana odgovara prvoj, a od 12 do 20 dana drugoj fazi laktacije (3-4). Svakoj odrasloj životinji jednokratno je intraperitonealno injicirano 0.5 uCi ^{85}Sr u 1 ml destilirane vode. Radioaktivnost ^{85}Sr u otopljenim uzorcima mineraliziranih skeleta kontrola, dojilja i legala određena je direktno iz alikvota uzorka u scintilacijskom brojaču.

Rezultati

Iz rezultata (Tab. 1) dojilja vidimo da kod dublje inkorporacije mobilizacija radioaktivnog stroncija nastupa u drugoj fazi laktacije,za razliku od pliće inkorporacije gdje se to događa već u prvoj. Također vidimo da se više izotopa mobilizira kod pliće nego kod dublje inkorporacije. Kod mladih vidimo da relativni maksimum porasta retencije i kod pliće i kod dublje inkorporacije nastupa u prvoj fazi laktacije, s time da je retencija kod plitko inkorporiranog izotopa znatno veća. U drugoj fazi laktacije retencija u mladima kod pliće inkorporacije ostaje nepromijenjena, a u mladima kod dublje inkorporiranog povećava se i dalje ali sporije nego u prvoj fazi te dostiže ukupno 1/4 one kod pliće inkorporacije.Relativne odnose najbolje vidimo na Tab.2 gdje su vrijednosti izražene u postocima retencije kontrola trećeg dana nakon plitke inkorporacije. Promjene u dojiljama i mladima postale su sada jasnije ocrtane.

TAB. br. 1

Retencija ^{85}Sr u skeletima kontrola dojilja i legala izražena u postotku injicirane doze

Dublja inkorporacija[x]			Plića inkorporacija[xx]	
Laktacija u trajanju od 3 dana				
% doze ^{85}Sr	Broj životinja		Broj životinja	% doze ^{85}Sr
34.74 ± 1.58	12	kontrole	10	43.63 ± 1.51
30.17 ± 1.44	13	dojilje	10	36.64 ± 2.58
0.42 ± 0.04	13	legla	10	4.81 ± 0.64
Laktacija u trajanju od 12 dana				
31.89 ± 1.23	11	kontrole	8	39.91 ± 1.80
33.21 ± 1.93	12	dojilje	12	23.63 ± 0.85
1.46 ± 0.11	12	legla	12	9.19 ± 0.54
Laktacija u trajanju od 20 dana				
31.48 ± 1.02	13	kontrole	9	34.07 ± 1.41
24.40 ± 1.50	14	dojilje	18	21.58 ± 0.70
2.17 ± 0.05	14	legla	18	9.33 ± 0.60

[x] ^{85}Sr primijenjen i.p. na dan okoćenja

[xx] ^{85}Sr primijenjen i.p. prije početka nošenja

TAB. br. 2

Retencija ^{85}Sr u skeletima kontrola dojilja i legala izražena u postotku retencije kontrola trećeg dana kod plićе inkorporacije

Dani nakon aplikacije izotopa	Dani laktacije	Kontrole	Dojilje	Legla
3	3	100	83.96	11.02
12	12	91.45	54.15	21.06
20	20	78.07	49.45	21.38
24	3	79.61	69.14	0.96
33	12	73.08	76.10	3.35
41	20	72.14	55.91	4.97

Diskusija

Nalaz u dojiljama u skladu je s postavkom da se izotop koji je zadnji inkorporiran prvi mobilizira iz skeleta (6). Koncentracija izotopa nakon jednokratne aplikacije maksimalna je u krajevima kostiju gdje prevladava spongioza koja se tokom laktacije gubi. Kako kost raste apozicijom, aplikacijom izotopa u dva različita vremena dobili smo dva označena sloja u spongiozi koji se mobiliziraju ili u prvoj fazi laktacije (plića inkorporacija) ili u drugoj fazi laktacije (dublja inkorporacija) zbog resorpcije koja je išla od površnijih prema dubljim slojevima kosti.

Mladi u drugoj fazi laktacije kod plićе inkorporacije ne povisuju retenciju jer je raspoloživi izotop iz označenog sloja

kosti inorpljen, dok je neznatna mobilizacija moguća iz difuzno označenih slojeva. Mladi kod dublje inkorporacije u prvoj fazi laktacije doduše imaju najvišu stopu porasta retencije ali su to vrlo male količine koje se mogu mobilizirati normalnim procesima metabolizma kosti iz difuzno označenih slojeva skeleta. Pretpostavljamo da u drugoj fazi laktacije porast retencija u mladima nije adekvatan mobilizaciji izotopa iz skeleta dojilja zbog promijenjenih uvjeta apsorpcije u gastrointestinalnom traktu mladih nastalom unašanjem tvari iz okoline.

Zaključak

Rezultati pokazuju da je veličina mobilizacije radioaktivnog stroncija iz skeleta proporcionalna duljini trajanja laktacije a obrnuto proporoionalna vremenu proteklom od njegove aplikacije, s time da je mobilizacija moguća nakon 20 i više dana od inkorporacije u skelet.

Summary

The influence of the length of the lactation period radiostrontium mobilization from the skeleton was studied after a single intraperitoneal application of 0.5 uCi ^{85}Sr to one group of 4-month-old female rats prior to the biginning of the gestation period (deep incorporation) and to another group on the day of delivery (superficial incorporation). Virgin controls, lactating rats and litters with 6 baby rats were sacrificed at the end of the 3rd, 12th and 20th day of lactation. The activity of dissoloved ashed skeletal samples was determined in a scintillation counter. The results show that the skeletal radiostrontium mobilization is proportional to the time of it's application. Radiostrontium was found to be mobilized even after more than 20 days from the incorporation into the skeleton.

Literatura

1. KOLLMER W.E. and KRIEGEL H., Nature, 200, 187 (1963)
2. KOLLMER W.E. and KRIEGEL H., Nature, 205, 196 (1965)
3. DURAKOVIĆ A. i KOSTIAL K., Yugoslav. Physiol. Pharmacol.Acta, 1, 150 (1965)
4. DURAKOVIĆ A. i KOSTIAL K., Yugoslav. Physiol. Pharmacol.Acta, 3, 262 (1967)
5. RONNBACK C., NELSON A., NILSSEN A., Acta Radiologica, 7, 329 (1968)
6. PECHER C., PECHER J., Proc. Soc. Exptl. Biol. Med., 46, 91 (1941)
7. NORRIS W.P., and KISIELESKI W., Cold Spring Harbor Symp.Quant. Biol., 13, 164 (1948)

MOGUĆNOSTI SNIŽENJA APSORPCIJE RADIOSTRONCIJA IZ PROBAVNOG TRAKTA VRLO MLADIH ORGANIZAMA

JUVANČIĆ V., KOSTIAL K. i PIŠONIĆ M.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb

Pokusi su vršeni na štakorima 5-7 dana starosti koje smo umjetno hranili pomoću kapaljke kroz 10 sati. Primijenili smo kravlje mlijeko uz dodatak kalcija ($CaCl_2$), fosfata (KH_2PO_4) i natrijeva alginata (O.G.1). Sadržaj kalcija u mlijeku kretao se od 400-1000 mg/100 ml, a fosfata od 230-500 mg/100 ml. Alginate smo dodali u količini od 2 gr na 100 ml. Svi uzorci mlijeka označeni su radioaktivnim kalcijem ($^{45,47}Ca$) i stroncijem (^{85}Sr). Količinu radioaktivnog kalcija i stroncija u tijelu odredili smo nakon 40 sati iza odstranjenja probavnog trakta.

Iz rezultata se vidi da se apsorpcija radioaktivnog stroncija iz probavnog trakta životinja te dobi može značajno sniziti jedino dodatkom natrijeva alginata hrani (za oko 60%).

Uvod

Poznato je da povišenje sadržaja kalcija i fosfata u hrani izaziva sniženje apsorpcije stroncija iz probavnog trakta odraslih štakora (1, 2, 3, 4). Kod tek okoćenih štakora, međutim, nismo uspjeli povišenjem sadržaja fosfata odnosno kalcija i fosfata postići značajnije sniženje apsorpcije radiostroncija (5).

Svrha ovih pokusa bila je da sličnom metodom kao što smo ranije opisali (5) istražimo djelovanje povišenja sadržaja kalcija u mlijeku na apsorpciju radiostroncija iz probavnog trakta kao i da ocijenimo da li se dodatkom alginata mlijeku može utjecati na ulaženje radiostroncija iz probavnog trakta tek oko-

ćenih štakora. Poznato je naime da se dodatkom natrijeva alginata hrani odraslih životinja, kao i čovjeka može znatno sniziti apsorpcija stroncija a da pri tom apsorpcija kalcija ostane gotovo nepromijenjena (6, 7, 8).

Metode

Pokuse smo izveli na 6 do 7 dana starim štakorima koje smo umjetno hranili kravljim mlijekom kojemu smo dodavali kalcij kao $CaCl_2$, fosfate kao KH_2PO_4 odnosno natrijev alginat kao O.G.1 koji sadrži 97% guluronske kiseline (9).

U pokusu je bilo 5 grupa životinja. Kontrolna grupa umjetno je hranjena kravljim mlijekom kojemu smo dodali kalcija i fosfate do nivoa štakorskog mlijeka tj. 230 mg P i 400 mg Ca u 100 ml mlijeka (10). Druga grupa mladunčadi primala je mlijeko s povišenim sadržajem kalcija (1000 mg Ca/100 ml) a treća mlijeko s povišenim sadržajem fosfata (500 mg P/100 ml). Četvrta grupa životinja primala je mlijeko s povišenim sadržajem kalcija i fosfata (500 mg P i 1000 mg Ca/100 ml). Peta grupa štakora primala je u mlijeku natrijev alginat (2000 mg/100 ml). Svi uzorci mlijeka označeni su radioaktivnim kalcijem ($^{45,47}Ca$) i stroncijem (^{85}Sr).

Mlade štakore hranili smo pomoću kapaljke kroz period od 8 do 10 sati. Svaka životinja dobila je oko 18 kapi određene vrste mlijeka što je iznosilo oko 0.4 ml otopine. Životinje su nakon toga vraćene svojim majkama kod kojih su boravile oko 40 sati i nakon toga su žrtvovane. Količinu radioaktivnog kalcija i stroncija u tijelu odredili smo nakon odstranjenja probavnog trakta i spaljivanja uzoraka u mufolnim pećima. Kalcij-45 određivali

smo u GM brojaču s prozorom uz potrebne korekcije za samoapsorpciju i radioaktivni raspad. Stroncij-85 i kalcij-47 odredili smo u scintilacijskom brojaču s jednokanalnim amplitudnim analizatorom. Svi su rezultati izraženi u procentu oralne doze.

Rezultati

Na tablici 1 prikazani su rezultati kontrolne grupe štakora hranjeni mlijekom u kojem je sadržaj kalcija i fosfata odgovarao visini sadržaja kalcija i fosfata u štakorskom mlijeku. Vidimo da je retencija stroncija i kalcija u tijelu približno jednaka što se očituje i u omjeru stroncija prema kalciju koji iznosi oko 0.9. To je u skladu s našim ranijim rezultatima (5) kao i rezultatima nekih drugih autora koji ukazuju da diskriminacije prema stronciju u toj dobi još nema (11, 12). Činjenica da je retencija kalcija i stroncija kod tih životinja nešto niža nego u našim ranijim pokusima (5) može se objasniti time što u ovoj seriji pokusa životinje prije početka nisu 12 sati gladovale.

Retencija radioaktivnog stroncija znatno je snižena samo u grupi štakora koji su primali alginate u mlijeku. Retencija radioaktivnog kalcija ostala je nepromijenjena što je izazvalo znatno sniženje omjera radioaktivnog stroncija prema kalciju u tijelu. Promjene u sadržaju kalcija i fosfata u mlijeku nisu znatno utjecale na apsorpciju i retenciju radioaktivnog stroncija ni kalcija.

TAB. br. 1

Utjecaj sastava mlijeka na apsorpciju kalcija i stroncija u mladih štakora

Mlijeko mg/100 ml			Broj štakora	Retencija u tijelu % oralne doze		
P	Ca	Alg.		^{85}Sr	$^{45,47}Ca$	$^{85}Sr/^{45,47}Ca$
230	400	-	136	63.50±0.84	67.11±0.80	0.927±0.004
230	1000	-	56	64.69±1.03	64.28±0.99	1.005±0.006
500	400	-	63	55.93±1.19	57.25±2.41	0.992±0.010
500	1000	-	98	68.63±1.10	71.98±1.22	0.980±0.005
230	400	2000	86	26.31±0.58	60.68±1.20	0.439±0.007

^{85}Sr, $^{45,47}Ca$, KH_2PO_4, $CaCl_2$ i Na-alginat (O.G.1) dodali smo kravljem mlijeku kojim su hranjeni 6-7 dana štakori pomoću kapaljke; svaki štakor primio je oko 18 kapi (oko 0.4 ml otopine) u toku 8-10 sati.

Zaključak

Iz količine radioaktivnih izotopa u tijelu mladunčadi možemo zaključiti da je retencija radioaktivnog stroncija u životinja te dobi neovisna o sadržaju kalcija i fosfata u mlijeku. Apsorpcija radiostroncija iz probavnog trakta može se sniziti jedino dodatkom natrijeva alginata. Ti se rezultati bitno razlikuju od rezultata dobivenih na odraslim životinjama (1-5).

Summary

Experiments were performed on 5-7 day old rats artificially fed by means of a dropper for about 10 hours. To cow's milk were added calcium (as $CaCl_2$), phosphates (as KH_2PO_4) and sodium alginate (O.G.1). Calcium content in the milk varied from 400-1000 mg/100 ml and the content of phosphates from 230-500 mg/100 ml. Alginates were added in the amount of 2 g per 100 ml. Tracer amounts of radioactive calcium ($^{45,47}Ca$) and strontium (^{85}Sr) were also added to the milk.

The amount of radioactive calcium and strontium in the body was measured 40 hours later after the removal of the gastrointestinal tract.

From the results obtained it is concluded that radiostrontium absorption from the gut in the very young animals can be considerably reduced only by addition of sodium alginate (about 60 per cent).

Literatura

1. KOSTIAL K., LUTKIĆ A., GRUDEN N., VOJVODIĆ S. and HARRISON G.E., Intern. J. Radiat. Biol., G, 431 (1963)
2. KOSTIAL K., VOJVODIĆ S., GRUDEN N. and LUTKIĆ A., Bone and Tooth, 111 (Pergamon Press, Oxford) (1964)
3. KOSTIAL K., VOJVODIĆ S. and COMAR C.L., Nature, 208, 1181 (1965)
4. HARRISON G.E., HOWELLS G.R., POLLARD J., KOSTIAL K. and MANITAŠEVIĆ R., Brit. J. Nutrit., 21, 561 (1966)
5. KOSTIAL K., ŠIMONOVIĆ I., PIŠONIĆ M., Nature, 215, 1181 (1967)
6. WALDRON-EDWARD D., PAUL T.M., SKORYNA S.C., Canad. Med. Ass. J., 91, 1006 (1964)
7. HARRISON G.E., HUMPHREYS E.R., SUTTON A., SHEPERD N., Science, 152, 655 (1966)
8. HESP R., RAMSBOTTOM B., Nature, 208, 1341 (1965)
9. HUMPHREYS E.R., Carbohydrate Res., 4, 507 (1967)

10. SPRAY C.M., Nutrit., 4, 354 (1950)

11. LOUGH S.A., RIVERA J. and COMAR C.L., Proc. Soc. Exp. Biol. NY., 112, 631 (1963)

12. TAYLOR D.M., BLIGH P.H. and DUGGAN M.H., Bioch. J., 83, 25 (1962).

TERAPIJA AKUTNE ORALNE KONTAMINACIJE RADIOSTRONCIJEM

MALJKOVIĆ T. i KOSTIAL K.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb

Ženke bijelog štakora dobi 8-9 tjedana primale su nakon 48 sati gladovanja stroncij-85 putem želučane sonde. Neposredno nakon toga primijenili smo u raznim grupama štakora fosfatnu,alginatnu i miješanu terapiju. Kontrolna grupa životinja primila je umjesto terapije destiliranu vodu. Fosfatnu terapiju primijenili smo u tri oblika i to kao: kalcijev hidrogen fosfat, aluminijev fosfat u obliku soli i aluminijev fosfat u obliku gela.Alginate smo primijenili kao natrijeve soli u obliku Manucola SS/LD/2 (G/M 71) i O.G.1 (G/M 97), a miješanu terapiju kao natrijev alginat O.G.1 i kalcijev hidrogen fosfat.

Iz rezultata se vidi da je efekt fosfatne terapije bio neovisan o kemijskom obliku fosfata kao i o visini primjenjene doze. Maksimalno sniženje retencije radiostroncija primijetili smo nakon primjene miješane terapije.

Uvod

Poznato je da se primjenom fosfata (1, 2), sulfata (3, 4, 5) i alginata (6, 7, 8, 9, 10) neposredno nakon oralne kontaminacije radioaktivnim stroncijem može znatno sniziti njihova apsorpcija iz probavnog trakta. U našim ranijim radovima istraživali smo do koje mjere efekt takve terapije ovisi o punoći probavnog trakta (11). U toku ovih istraživanja htjeli smo ustanoviti da li djelovanje takve terapije ovisi o kemijskom obliku i dozi primjenjene supstancije.

Metode

Pokusi su izvedeni na ženkama bijelog štakora iz uzgoja Staje za eksperimentalne životinje Instituta. Starost životinja kretala se između 8 i 9 tjedana a prosječna težina oko 150 grama. Prije kontaminacije radiostroncijem životinje su gladovale 48 sati. Radioaktivni stroncij (^{85}Sr) primijenili smo putem želučane sonde u dozi od 0.3 uCi po životinji. Neposredno nakon toga primijenjena je terapija također putem želučane sonde u volumenu od 2 ml.

Fosfate smo primijenili u tri kemijska oblika i to kao: kalcijev hidrogen fosfat, aluminijev fosfat i aluminijev fosfat u obliku gela ("Phosphajel", Wyeth Laboratories, Philadelphia, Pa, USA). Doza fosfata kretala se od 0.8 do 3.2 m mola po životinji. Alginate smo primijenili u obliku natrijeva alginata i to kao Manucol SS/LD/2 (Alginate Industry Ltd, London, Engleska) ili O.G.1 (Humphreys (12) M.R.C. Radiobiological Research Unit, Harwell, Engleska) u dozi od 20 do 40 mg. U slučaju kombinirane terapije primijenili smo mješavinu kalcijeva hidrogen fosfata (1.6 m mola) i natrijeva alginata O.G.1 (40 mg). Kontrolna grupa životinja primila je nakon akutne oralne kontaminacije radioaktivnim stroncijem odgovarajući volumen destilirane vode.

Životinje su 72 sata nakon oralne kontaminacije žrtvovane u suvišku etera. Aktivnost stroncija-85 odredili smo u tijelu životinja nakon odstranjenja probavnog trakta u dvodetektorskom scintilacijskom brojaču spojenom na jednokanalni amplitudni analizator. Određivanje radioaktivnosti vršili smo direktnim mjerenjem u nemineraliziranim uzorcima jer smo u toku naših ranijih istraživanja ustanovili da ta metoda daje pouzdane rezultate (13).

Rezultati

Na tablici 1 prikazani su rezultati retencije stroncija-85 u tijelu kontrolnih i tretiranih životinja i to u procentu oralne doze. Vidimo da je fosfatna terapija neovisno o kemijskom obliku i o visini doze izazvala sniženje skeletne retencije od 50 do 60%. Alginatna terapija bila je uspješnija ako se primijenio natrijev alginat O.G.1 nego Manucol SS/LD/2. Efekt terapije nije se poboljšao povišenjem doze.

TAB. br. 1

Utjecaj doze i vrste terapije na retenciju stroncija-85 u tijelu kod akutne oralne kontaminacije

Grupa	Broj životinja	doza	Retencija ^{85}Sr % doze
Kontrola	34	-	13.19±0.84
$Ca\ HPO_4$	7	0.8 m mol	5.32±0.69
	12	1.6 "	6.45±1.42
	8	3.2 "	6.65±0.45
$Al\ PO_4$	7	0.8 "	5.98±0.61
	7	1.6 "	4.91±0.18
$Al\ PO_4$ gel	6	0.8 "	5.20±0.11
	8	1.6 "	4.20±0.49
Na alginat Manucol	8	20 mg	7.51±0.37
	13	40 mg	6.70±0.88
Na alginat O.G.1	31	40 mg	4.00±0.28
Mješano O.G.1 + $Ca\ HPO_4$	6	40 mg + 1.6 m mol	3.02±0.41

Najbolje rezultate postigli smo primjenom miješane terapije pri čemu je retencija radioaktivnog stroncija u tijelu životinja iznosila svega 16% kontrolne vrijednosti.

Diskusija i zaključci

Činjenica da je efekt fosfatne terapije bio uglavnom neovisan o kemijskom obliku primijenjenog fosfata u skladu je s našim ranijim nalazima kod kronične oralne kontaminacije radioaktivnim stroncijem (14). U međuvremenu objavila je H.Spencer i sur. (15) vrlo dobre rezultate postignute primjenom aluminijeva fosfata u obliku gela u svrhu snižene apsorpcije stroncija iz probavnog trakta. Iz naših rezultata prednost takve terapije nije očigledna. Volf i sur. (3, 4) smatraju da efekt sulfatne i fosfatne terapije ovisi o veličini primijenjene doze što mi u slučaju fosfatne terapije nismo uspjeli dokazati.

Nije začuđujuće da su naši rezultati postignuti primjenom natrijeva alginata O.G.1 povoljniji od rezultata postignutih primjenom Manucola SS/LD/2 jer njihovi odnosi G/M (guluronska kiselina:manuronskoj kiselini) iznose 97 i 71 a poznato je da alginati s višim omjerom G/M imaju jači efekt na sniženje apsorpcije radioaktivnog stroncija (16, 17).

Optimalni efekt terapije kod akutne oralne kontaminacije radiostroncijem postiže se kombinacijom fosfatne i alginatne terapije što se potpuno slaže s našim ranijim rezultatima dobivenim u slučaju kronične kontaminacije radioaktivnim stroncijem (18).

Summary

Female albino rats aged 8-9 weeks were administered strontium-85 by way of stomach tube after a 48-hour fasting period. Immediately afterwards phosphate, alginate and combined therapy were applied in different groups of rats. The control group received distilled water instead. The phosphate therapy was applied in 3 forms: as calcium hydrogen phosphate, aluminium phosphate in the form of salt and aluminium phosphate in the form of gel. Alginates were used as sodium salts in the form of Manucol SS/LD/2 (G/M 71) and O.G.1 (G/M 97). and combined therapy as O.G.1 and calcium hydrogen phosphate.

From the results obtained it is seen that the effect of phosphate therapy was independent of the chemical form of phosphates as well as of the dosage applied. Maximal reduction of radiostrontium retention was observed after the application of combined therapy.

Literatura

1. VOLF V., Eksperientia, 21, 571 (1965)
2. KADIĆ M., Magisterij, Zagreb, 1967
3. VOLF V., ROTH Z., Acta radiologica, 3, 216 (1965)
4. VOLF V., ROTH Z., Acta Radiologica Ibid., 4, 113 (1966)
5. VOLF V., ROTH Z., Acta Radiologica Ibid., 4, 181 (1966)
6. SKORYNA S.C., PAUL T.M., WALDRON-EDWARD D., Canadian. Med. Assoc. J., 91, 285 (1964)
7. PAUL T.M., WALDRON-EDWARD D., SKORYNA S.C., Canadian. Med. Assoc. J., 91, 553 (1964)
8. SKORYNA S.C., PAUL T.M., WALDRON-EDWARD D., Canadian. Med. Assoc. J., 93, 404 (1965)
9. PAUL T.M., SKORYNA S.C., WALDRON-EDWARD D., Canadian. Med. Assoc. J., 95, 957 (1966)
10. HESP R., RAMSBOTTOM B., U.K.A.E.A., 1965, Pg Report 686 /W/ /United Kingdom Atomic Energy Autority/

11. MALJKOVIĆ T., HARMUT M., KOSTIAL K., II jugoslavenski kongres za medicinu rada, Split 1967, Sadržaji Saopćenja 5-8

12. HUMPHREYS E.R., 1967, Carbohydrate Res., 4, 507

13. HARMUT M., MALJKOVIĆ T., KOSTIAL K., Arhiv za hig.rada i toksikologiju, 19, 61 (1968)

14. HARRISON G.E., HOWELLS G.R., POLLARD J., KOSTIAL K., MANITAŠEVIĆ R., Brit. J. Nutr., 21, 561 (1966)

15. SPENCER H., LEWIN I., SAMACHSON J., The Lancet, 15, 156 (1967)

16. HARRISON G.E., HUMPHREYS E.R., SUTTON A., SHEPHERD H., Science, 152, 655 (1966)

17. CARR T.E.F., HARRISON G.E., HUMPHREYS E.R., SUTTON A., Int. Y. Radiat. Biol., 14, 225 (1968)

18. KOSTIAL K., MALJKOVIĆ T., KADIĆ M., MANITAŠEVIĆ R., HARRISON G.E., Nature, 215, 182 (1967)

RESORPCIJA CEZIJUMA-137 KROZ MEHANIČKI POVREDJENU KOŽU I NJEGOV UTICAJ NA RESTAURACIONE PROCESE

Stajić J., Milovanović A., Milivojević K., Stojanović D., Djukić Z.
Institut nuklearnih nauka "Boris Kidrič" Vinča, Medicinska zaštita

Ispitivana je brzina resorpcije $^{137}CsCl$ kroz svežu ekscizionu kožnu ranu pacova i uticaj kontaminacije na dinamiku kontrakcije rane i na vreme njenog zarastanja. Nadjeno je da je brzina resorpcije najveća u toku prvih 20 minuta posle kontaminacije. Potom njen intenzitet naglo opada i posle 70-og minuta ostaje gotovo na istom nivou. Dinamika kontrakcije rane bila je u toku prvih 7 postoperativnih dana sporija kod kontaminiranih životinja. Nije nadjena statistički značajna razlika u vremenu zarastanja kontaminiranih i čistih rana.

Uvod

Novija izučavanja spoljne radioaktivne kontaminacije pokazuju da neki radioizotopi prolaze i kroz nepovredjenu kožu, naročito ako su u obliku rastvorljivih hlorida ili nitrata (1-4). Resorpcija je znatno intenzivnija ako takvi radioizotopi dospeju na svežu mehaničku leziju kože (5). Po mišljenju B.M.Hromova (6) dinamika resorpcije zavisi od broja i veličine otvorenih krvnih i limfnih sudova na površini lezije, od hemijske sposobnosti kontaminanta da prodje kroz tkiva i od fizikohemijskih osobina jedinjenja u čijem je sastavu izotop. Stepen poremećaja reparacionih procesa u rani zavisi, prema tom autoru, od količine apliciranog izotopa i od toga koliko je dugo on ostao u samoj rani. Ustanovljeno je da se radioizotopi najintenzivnije resorbuju kroz povredjenu kožu u toku prvih 1-3 časa po kontaminaciji (1,5,6,7).

U literaturi nismo našli podatke o resorpciji radioaktivnog cezijuma kroz kožnu ranu i o njegovom delovanju zarastanja rane. Stoga smo izveli oglede u cilju bližeg izučavanja tog proble-

ma. Resorpcija tog izotopa kroz nepovredjenu kožu već je ranije ispitivana u našoj laboratoriji (3,8).

Materijal i metode

U ogledima je upotrebljeno ukupno 104 albino pacova mužjaka (Wistar) iz farme oglednih životinja IBK. Životinje su podeljene u dve ogledne grupe. U prvoj grupi je ispitivana brzina resorpcije kontaminanta, a u drugoj - evolucija reparacionih procesa u rani.

Pre ranjavanja životinje su narkotisane uretanom (0,4 ml 25% rastvora na 100 g telesne težine s.c.). Na obrijanoj koži interskapularne regije, specijalnim perforatorom je ekscidirana puna debljina kože kružnog oblika, dijametra 8 mm. Rana je ostala otvorena do kraja ogleda i nije lečena.

Radioaktivni $^{137}CsCl$ (pH = 6,0) apliciran je na ranu mikropipetom u količini od 50 λ (aktivnost 40 μCi). Rastvor hlorida stabilnog cezija apliciran je na ranu svedoka u istoj koncentraciji i sa istom pH kao aktivni rastvor.

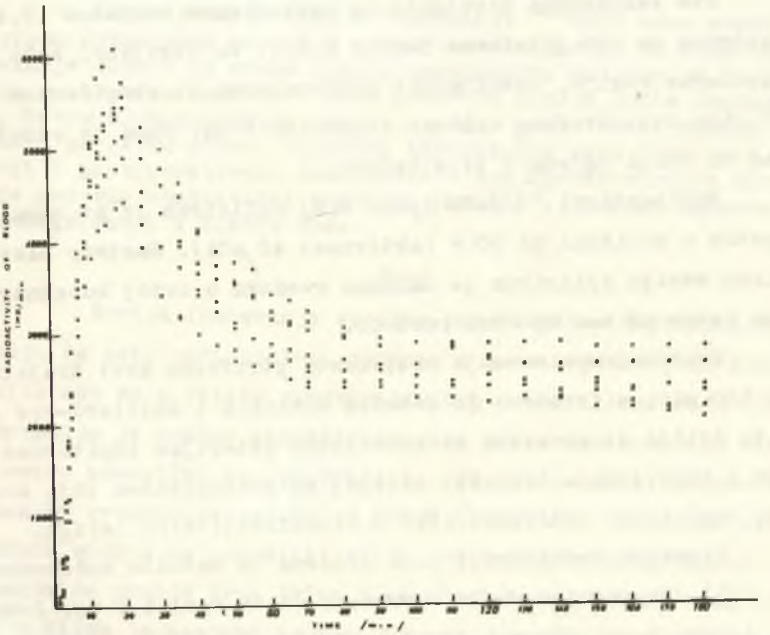
Kontinuirano merenje aktivnosti periferne krvi trajalo je ukupno 180 min, a izvedeno je metodom Michon-a i Maillard-ove (9). Naročita ćelija je povezana sa karotidnom arterijom ispitivane životinje i stavljena u brojački uredjaj sa grafopisačem koji kontinuirano registruje aktivnost krvi u cirkulaciji kroz ćeliju.

Dinamika kontrakcije rane praćena je metodom Andersson-a i sar. (10). Neposredno posle operacije (0-ti dan) i 1-og, 2-og, 3-ćeg, 4-tog, 7-og, 10-og i 13-og postoperativnog dana izmeren je dijametar kružne rane i izračunata je njena površina. Smanjivanje površine (kontrakcija) u funkciji vremena, izraženo je u % od srednje vrednosti površine izmerene neposredno posle operacije.

Vreme zarastanja rane izraženo je brojem dana proteklih izmedju operacije i konačnog isceljenja. Kriterij zarastanja bio je: potpuna epitelizacija nakon otpadanja kruste, prestanak kontrakcije i pojava ožiljka sedefaste boje.

Rezultati i diskusija

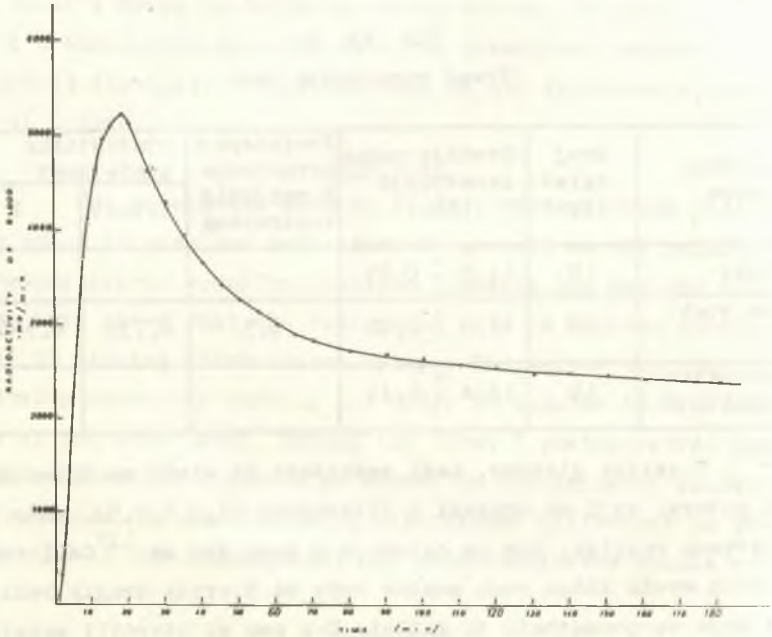
Na sl. 1 prikazana je aktivnost krvi u cirkulaciji (imp/min) merena kontinuirano od momenta kontaminacije do 180-og minuta. Date su pojedinačne vrednosti za svaku oglednu životinju u funkciji vremena. Brzina resorpcije je upadljivo najintenzivnija u toku prvih 20 minuta, potom naglo opada, a nakon 70-og minuta ostaje skoro na istom nivou. To jasno pokazuje i kriva srednjih vrednosti aktiviteta krvi na sl. 2, koje su izračunate iz pojedinačnih vrednosti sa prethodne slike.



Sl. 1: Pojedinačne vrednosti resorpcije $^{137}CsCl$

Brzina smanjivanja površine rane prikazana je na tab. 1. Očigledna je skoro potpuna podudarnost dinamike kontrakcije rane u ranjenih svedoka i svedoka čija je rana kontaminirana stabilnim cezijumom. Naprotiv, rane u kontaminiranih životinja se kontrahuju znatno sporije, osobito prvih 7 postoperativnih dana, po-

tom je kontrakcija brža, tako da 13-og dana dostiže nivo kontrakcije rana u svedoka.



Sl. 2: Kriva srednjih vrednosti resorpcije $^{137}CsCl$

TAB. br.1

Dinamika kontrakcije rane

Ogledna grupa	DANI POSLE RANJAVANJA							
	0.	1.	2.	3.	4.	7.	10.	13.
	POVRŠINA RANE U %							
Ranjeni (kontrole)	100	68	61	59	57	36	11	4
Ranjeni kontaminirani stabilnim CsCl	100	70	66	64	57	43	10	7
Ranjeni kontaminirani aktivnim Cs-137 Cl	100	93	93	87	74	58	19	6

Srednje vrednosti vremena zarastanja rane u sve tri podgrupe druge ogledne grupe prikazane su na tab.2. Nema statistički značajne razlike u vremenu zarastanja rana svedoka i rana kontaminiranih stabilnim, odnosno aktivnim cezijumovim hloridom.

TAB. br. 2

Vreme zarastanja rane

Ogledna grupa	Broj ogled. život.	Srednje vreme zarastanja (dani)	Produženo u poredjenju s ranjenim kontrolama	Statistička značajnost	
				t-test	P
Kontrole	10	14,5 ± 0,85	-	-	-
Kontam.stab. CsCl	10	15,0 ± 2,00	0,5	0,735	0,5-0,4
Kontam.aktivnim Cs-137 Cl	10	14,4 ± 1,41	-	-	-

U celini gledano, naši rezultati se slažu sa nalazima drugih autora, koji su opisani u literaturi (1,2,5,6,8), mada postoje izvesne razlike. One se ogledaju u tome što se ^{137}CsCl resorbovao kroz svežu kožnu ranu znatno brže od hlorida drugih radioizotopa koje su posmatrali ti autori. Dok smo mi utvrdili maksimum resorpcije u toku prvih 20 minuta po kontaminaciji, pomenuti autori su taj maksimum registrovali 1-3 časa posle kontaminacije.Ta se pojava može, možda, objasniti velikom rastvorljivošću cezijumovog hlorida i svojstvom jona radioaktivnog cezijuma da brže prodiru u otvore povredjenih krvnih i limfnih sudova nego joni drugih radioizotopa. Naime, maksimalna resorpcija u našim ogledima je postignuta pre no što su povredjeni sudovi bili zatvoreni labavim koagulumom, tj. pre 20-og minuta po kontaminaciji.

Usporena kontrakcija radioaktivno kontaminirane rane, koja je u našim ogledima opažena tokom prvih 7 dana, a potom se normalizovala, izgleda da je saglasna postavci B.M.Hromova (6) da male količine radioizotopa na površini rane ne izazivaju bitnije promene u zaceljivanju, pogotovu ako ne ostaju dugo u rani.Aktivnost od 40 μCi u našim ogledima, verovatno nije dovoljna da bitni-

je poremeti dinamiku kontrakcije rane i produži vreme njenog zarastanja. To tim pre, što se skoro cela nanesena količina $^{137}CsCl$ resorbovala u prvih 20 minuta, pa je neposredni kontakt povredjenog tkiva i izvora zračenja bio veoma kratak. Ni nije isključeno da bi u izmenjenim ogledним uslovima posmatrani parametri dobili drugačije dimenzije. Stoga smatramo da ova ispitivanja treba nastaviti i proširiti.

Abstract

The resorption rate of $^{137}CsCl$ through fresh excised skin wound in rats has been studied, as well as the influence of contamination on wound contraction dynamics and healing time. Results have shown that the resorption rate is highest during the first 20 minutes after contamination. Thereafter the resorption intensity decreases sharply and after 70 minutes it remains almost at the same level. During the first 7 postoperative days the wound contraction dynamics is slower in contaminated animals in the controls. No statistically significant difference in the healing time of the contaminated and noncontaminated wounds was found.

Reference

1. Ciljurik I.T., Novii hir.arhiv, 3,46 (1958)
2. Foreman H., in Diagnosis and Treatment of Radioactive Poisoning, 387 (1963), AEC, Vienna
3. Milivojević K.,Stojanović D., Problemi radiološke dekontaminacije, 173 (1966),Med.fakultet, Sarajevo
4. Radotić M., Radijaciona povreda čoveka, 145 (1966), IVMD, Beograd.
5. Ciljurik I.T., Novii hir.arhiv, 4, 12, (1959)
6. Hromov B.M., Kombinirovannie lučevie poraženija (1959) Medgiz, Leningrad
7. Guseva E.M., Vestn. hirurgii, 75, 63 (1955)
8. Milivojević K.,Pendić B., in press
9. Michon G.,Maillard M.J., in Use of Radioisotopes in Animal Biology,and the Medical Sciences, 3 (1962), Academic Press, London-New York
10. Andersson N. and al., Acta Chir.Scand.,Suppl.,333, (1964)

OLOVO-210, RADIJUM-226 I STRONCIJUM-90 U ŽIVOTINJSKIM I LJUDSKIM KOSTIMA

MORAČIĆ LJ., VUKOTIĆ M., BRNOVIĆ R.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović"-Beograd

R e z i m e:

U ovom radu dat je kratak pregled rezultata merenja koncentracija nekih osteotropnih elemenata u ljudskim i životinjskim kostima. Poznavanje sadržaja ovih izotopa u skeletu neophodno je za procenu veličine radijacione doze koju prima čovek.

TAB.BR. 1

Olovo-210

Radionuklid	Doza u mrem/god	Izvor podataka
Pb-210	14,8	Jaworovski Z.
Ra-228	8,6	United Nations Report
Ra-226	5,6	"
Rn-222	3,0	"
C - 14	1,6	"

Na tabeli 1. date su uporedne vrednosti veličina radijacionih doza prirodnih "bone-seeking" radionuklida /veličina doze odnosi se isključivo na veličinu radijacije koju prima ljudska kost/. Iz ovih podataka je evidentno da najveći deo interne doze koju prima čovek sa prirodnih izvora potiče od lanca RaDEF.

Pri uporedjivanju sa radiotoksičnošću fisionih produkata Pb-210 i dalje zadržava svoj "primat". Blanchardovi eksperimenti /3/ pokazuju da je doza koju oslobadja olovo-21 sa svojim potomcima raspada u dečjim kostima 3 puta veća od one koja potiče od

stroncijuma-90 i njegovog potomka raspada itrijuma-90.

Po ulasku u ljudski organizam olovo-210 se uglavnom deponuje u kosti. Preko 70% sadržaja olova-210 nalazi se u skeletu. Ovaj radionuklid se u obliku stabilnog olova deponuje u mineralni deo kosti. Potomci raspada olova-210, RaE, RaF ostaju "uhvaćeni" u kristalima hidroksiapatita, i za njih važi ireverzibilnost jonoizmenjivačkog procesa in vivo. Jedinu mogućnost da iz kristala hidroksiapatita izbegnu imaju u toku Haversianske remodelacije. Medjutim, ovo je vrlo spor proces tako da atomi RaE koji vode poreklo od RaD deponovanog u kostima ostaju u kristalu dok se ovaj sam ne raspadne. Ova činjenica je vrlo važna jer glavni deo doze koju apsorbuje kost iz lanca RaDEF potiče od alfa čestica RaF visoke energije /5,3 MeVa/. Doprinos beta energije RaD i RaF je zanemarljiv, iznosi samo 0,75% od doprinosa energije alfa čestica.

Za izračunavanje radijacione doze alfa zračenja RaF koju prima kost najpogodnija je Spiresova jednačina /4/

$$D = N\delta \cdot Rt \cdot F/2\rho \quad [ERG^{-3}/DAN]$$

gde je:

N = broj alfa čestica emitovanih po kubnom mikronu

δ = prosečan dnevni gubitak energije alfa čestice u mekom tkivu, dimenzije ERG/mikron

Rt = domet alfa čestice u mekom tkivu, dimenzije mikrona

ρ = odnos dometa alfa čestice u mekom tkivu i u mineralu kosti

F = dimenzioni geometriski faktor

Pri izračunavanju doze posebnu vrednost ima izračunavanje odnosa RaD/RaF. Pošto je efektivno vreme poluraspada RaF jednako radioaktivnom vremenu poluraspada ovog radionuklida, onda će i odnos RaD/RaF biti sličan kao i njihov odnos u radioaktivnoj ra-

vnoteži /aproksimativno je jednak jedinici/.

U našoj laboratoriji za sada nismo imali prilike da vršimo odredjivanja olova-210 u ljudskim kostima, već samo u životinjskim. Radjeni su uzorci životinjskih kostiju sa uže teritorije Beograda.

Dosadašnji rezultati /uzorci radjeni za zadnje dve godine/ pokazuju da je koncentracija olova-210 u drugim kostima životinja prilično konstantna /20-40 pCi/kg svežeg uzorka/, nisu primećene nikakve varijacije u odnosu na starost životinja, pol i vrstu. Povećane vrednosti olova-210 pri uporedjenju sa vrednostima u drugim kostima nadjene su u kičmenim pršljenima u kostima skočnog zgloba. Interesantno je da se slične relacije pojavljuju i kod ispitivanja veličine akumulacije stroncijuma-90 u različitim vrstama kostiju.

Stroncijum-90

Stroncijum-90 je jedan od fisionih produkata koji su najopasniji za zdravlje čoveka. On je izrazito osteotropni elemenat, nezavisno od puta i ritma ulaska u organizam uglavnom se deponuje u koštanom tkivu. /U mekim tkivima zadržava se manje od 1% stroncijuma/.

Karakter raspodele i nivo deponovanja Sr-90 u skeletu pri gotovo istim uslovima bitno zavisi od fiziološkog stanja organizma a naročito od uzrasta životinje. U koštanom tkivu mladih životinja nalazi se 67,3% od aktivnosti Sr-90 u periodu od 30 minuta nakon unošenja izotopa, dok je kod starih životinja ovaj iznos svega 19,5% /5/.

Koncentracije Sr-90 u različitim kostima i delovima jedne iste kosti kod odraslih ljudi nije jednaka i ne odgovara sre-

dnjim vrednostima za skelet. Zato je neophodno uporediti aktivnosti u pojedinim kostima u odnosu na aktivnost u celokupnom skeletu /koeficijenat normalizacije/.

U sledećoj tabeli prikazana je distribucija Sr-90 u ljudskim kostima koju daju razni autori.

TAB.BR. 2

Godina ispitiv.	Broj uzoraka	Koefic.normalizac.			Autor
		Kičm. stub	Rebro	Dijafiza	
1957	10	3,4	1,5	6,8	Echelman
1958	27	1,8	1,1	0,5	Schulert ET.AL.
1958-59	20	2,1	1,4	0,5	Kulp ET.AL.
1960-61	19	2,4	1,1	0,45	Bryant ET.AL.
1963	20	1,7	1,0	0,4	Marej ET.AL.

Uporedjivanjem navedenih rezultata vidi se da je opšti karakter raspodele Sr-90 u skeletu odraslog čoveka od 1958-1963 godine neizmenjen, i da je najveća koncentracija Sr-90 zapažena u kičmenom stubu, a najmanja u dijafizama cevastih kostiju. Ova zakonitost sačuvana je na svim geografskim širinama. Naši rezultati merenja Sr-90 u ljudskim kostima za period 1964-1967 god. takodje pokazuju viši nivo Sr-90 u ljudskim rebrima i kičmenom stubu u odnosu na duge kosti /6/.

Trend kretanja Sr-90 u životinjskim kostima je u stalnom opadanju. Ovo je evidentno ako se pogleda tabela na kojoj je prikazan trend doza zračenja u životinjskim kostima u SR Srbiji za period od 1965 - 1968 godine.

TAB. BR. 3

Doze zračenja od Sr-90 u životinjskim kostima

Godina	PCi Sr-90/gr Ca	mrad/god
1965	29,8	80,5
1966	23,8	64,2
1967	14,3	38,6
1968	9,8	26,5

Radijum-226

Prodiranje radijuma u organizam životinja odigrava se sledećim putevima: preko organa disanja, gastro-intestinalnog trakta i kroz kožu.

Raspodela radijuma karakteriše se izraženim deponovanjem u koštanom tkivu, gde se taloži 95-99% radijuma koji se nalazi u organizmu.

Izlučivanje radijuma iz organizma zavisi od načina uvodjenja i rastvorljivosti unetih jedinjenja radijuma. Početni period brzog izlučivanja radijuma, kada se u toku 4-5 dana posle unošenja kroz usta izlučuje 65-98% unete količine, smanjuje se s periodom sasvim laganog izlučivanja preostalog radijuma, koji se deponovao u kostima, kada se u toku 24 sata izlučuje samo oko 0,005% radijuma koji se nalazi u organizmu.

Proces fiksacije radijuma u koštanom tkivu dešava se vrlo brzo i u toku 24 sada posle uvodjenja njegovih jedinjenja u čitavoj krvi ostaje samo 0,008% uvedene količine u tom istom periodu u skeletu se nalazi 96% radijuma a samo oko 4% u mekim tkivima.

Rezultati analiza kostiju iz ove laboratorije pokazuju skoro zakonitu konstantnost sadržaja radijuma-226 u svim vrstama

kostiju. Radjene su i interesantne komparacije izmedju koncentracije Ra-226 u zubima i koncentracije u pojedinim kostima, tako da će biti moguće na osnovu rezultata merenja koncentracije u zubima odrediti koncentraciju radijuma-226 u svim tipovima kostiju.

Summary:

In this paper a brief review of the results of measurements Pb-210, Ra-226 and Sr-90 concentrations in animal bones are given. The samples of all bone types /jaw, rib, shin-bone, teeth etc/ were made.

According the data on amount of these radionuclides deposited in skeleton the doses of radiation bone intake were accounted. Amounts of the doses which the bones receive from natural sources were compared with those from artificial sources.

Literatura:

1. Jaworovski Z., The radiation dose from RaD to the human bones, Nukleonika, 1966
2. United Nations Report A/5216, 1962
3. Blanchard R., Correlation of lead-210 with strontium-90 in human bones. Nature, vol.211, N° 5052,
4. Spiers F.W. Br.H.Radiol. 26,296 /1953/
5. Buldakov L.A. i Moskalev J.M. Problemi raspredelenija i eksperimentalnoj ocenki dopustimih urovnej
6. Radovanović R., Brnović R. i ost. Sr-90 v kostite na hori i životni. II konferencija po radiobiologii, Varna 1967
7. Radioaktivnost životne sredine u Jugoslaviji za 1968. g. Beograd, 1969.
8. Problemi radijacionoj gigijeni, Medgiz, 1963. god.

ODREĐIVANJE Sr^{90} U MLIJEKU IONSKOIZMJENJIVAČKOM METODOM

PICER M. i FILIPOVIĆ V.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada JAZU, Zagreb

Prikazana je metoda određivanja Sr^{90} u pepelu mlijeka kombinacijom taložne i ionoizmjenjivačke tehnike rada. Prilikom analize izvjesna količina dušične kisele otopine pepela mlijeka propusti se kroz kationsko izmjenjivačku smolu te se nakon ispiranja s 1N HNO_3 Sr^{90} i ostali kationi eluiraju sa smole s 6N HCl. U eluatu talože se željezni i drugi hidroksidi dodatkom NH_4OH, talog odbaci a filtrat ostavi stajati do uspostavljanja radioaktivne ravnoteže $Sr^{90} \rightarrow Y^{90}$. Nakon toga doda se Y nosač i taloži $Y(OH)_3$, talog se centrifugiranjem odvoji i otopi u par kapi 6N HNO_3, taloži $Y(C_2O_4)_3$ suši i broji.

U slučaju prisustva Ba^{140} u mlijeku, prije taloženja itrijeva oksalata, otopljen $Y(OH)_3$ u HNO_3 propusti se kroz ionoizmjenjivačku smolu radi odvajanja Y i La.

Uvod

U literaturi je objavljen već čitav niz metoda određivanja niskih koncentracija Sr^{90} u raznim materijalima biosfere pa i u mlijeku. U osnovi sve te metode sastoje se u koncentriranju i odvajanju stroncija od interferirajućih radioaktivnih i neaktivnih materijala te konačnom odvajanju i brojenju Y^{90} nakon uspostavljanja ravnoteže $Sr^{90} \rightarrow Y^{90}$. Objavljen je i čitav niz ionoizmjenjivačkih metoda koje se osnivaju na odvajanju stroncija i kalcija ionskom izmjenom (1, 2, 3). U ovom radu prikazano je određivanje Sr^{90} u mlijeku kombinacijom ionoizmjenjivačke i taložne metode rada.

Materijali i metoda

Pripremanje uzorka. 20 g pepela mlijeka dobivenog spaljivanjem uparenog mlijeka u električnoj peći, otopi se u 250 ml 3N HNO_3. Netopivi ostatak odstrani se filtriranjem otopine kroz filter papir "bijela vrpca". Netopivi ostatak na filter papiru ispere se deioniziranom vodom i filtrat se nadopuni s ispirnom tekućinom i dodatkom deionizirane vode na ukupni volumen od jedne litre.

Priprema ionoizmjenjivačkih kolona za rad. U radu smo koristili dvije kolone - veću (kolona A) i manju (kolona B) slijedećih dimenzija: kolona A promjera 5'5 cm, visina smole 10 cm, kolona B promjer kolone 2 cm, visina smole 1 cm. U većoj koloni nalazila se kationska smola Permutit RS 20-70 meša a u manjoj ista smola samo manjih zrna - 100-200 meša. U veću kolonu smola se stavi i pripremi za rad na uobičajeni način, dok se smola u manjoj koloni pripremi za rad propuštanjem 50 ml 1 N vodene otopine amonijeva laktata pH 3'0 (4).

Otopina za eluiranje. Za odvajanje La, Y na koloni B (4) priređena je smjesa 0'01M kompleksona III + 1 M Mliječna kiselina na slijedeći način: 0'744 g kompleksona III otopi se u 185 ml deionizirane vode uz blago zagrijavanje. Nakon potpunog otapanja kompleksona III doda se 14'8 ml mliječne kiseline i podesi se pH smjese na pH 3'0 dodavanjem 6N NH_4OH. Otopina se mora prirediti prije same upotrebe jer stajanjem dolazi do taloženja kompleksona III (5). Postupak odvajanja Sr^{90} i Y^{90} iz pepela mlijeka prikazan je na slijedećoj shemi.

1 N HNO_3 otopina pepela mlijeka + Sr nosač + Sr^{85}

kolona A

1/ Pranje s 200 ml 1N HNO_3

2/ Eluiranje s 350 ml 6N HCl

1/ eliminiranje fosfata

eluat

2/ eliminiranje smetnji za grav.odred. iskorištenja Y nosača

Taloženje $Fe(OH)_3$ aa konc. NH_4OH

filtrat

1/ Ostavi se stajati do ravnoteže $Sr^{90} \rightarrow Y^{90}$

2/ Izmjeri se na gama-spektrometru iskorištenje Sr^{85}

3/ Doda se Y nosač i taloži $Y(OH)_3$

3/ Odvajanje Y^{90} od Sr^{90} i brojenje Y^{90}

talog $\rightarrow$ otopi, ponovno taloži $Y(OH)_3$ otopi i taloži $Y(C_2O_4)_3 \rightarrow$ suši i broji Y^{90}

talog $Y(OH)_3$ Otopi u HNO_3, ponovno taloži $Y(OH)_3$, otopi u par kapi HNO_3 i nadopuni na 10 ml s H_2O

4/ Odvajanje itrija od lantana i drugih fisionih produkata

kolona B

1/ Otopina se propusti kroz kolonu B

2/ Pranje smole s H_2O i 0.001N HNO_3

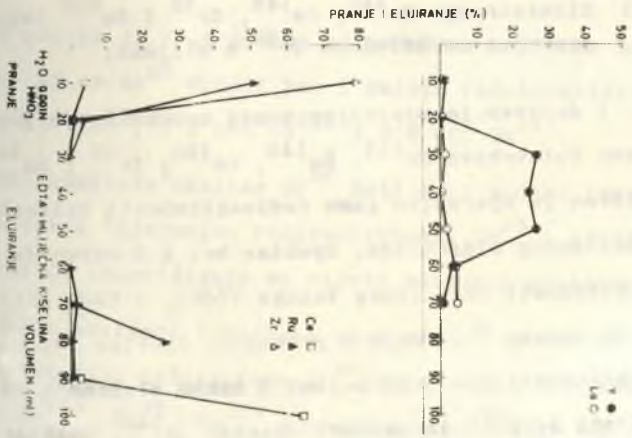
3/ Eluiranje Y^{90} sa smjesom komplekson III + mliječna kiselina

eluat $\rightarrow$ taloži $Y(C_2O_4)_2$ suši i broji

Ako u mlijeku nema svježih fisionih produkata tj. nema Ba^{140} i La^{140} (kao što je to sada slučaj) onda je dovoljno obraditi uzorke samo prema prvim tačkama postupka prikazanog u shemi. Međutim, postoji li sumnja da se Ba^{140} i La^{140} nalaze u mlijeku onda se mora uzorak obraditi po cijeloj prikazanoj shemi.

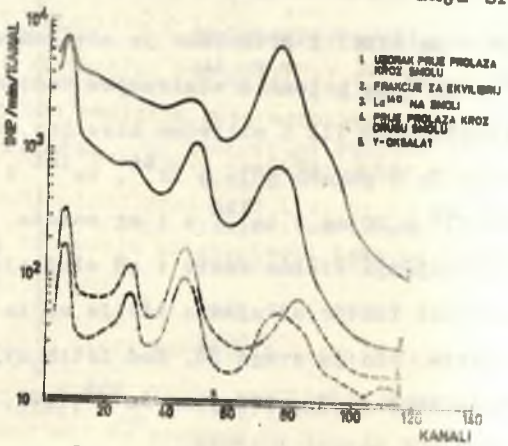
Rezultati i diskusija

Na slici 1 prikazano je odvajanje itrija od La^{140}, Ce^{144}, Ru^{106} i Zr^{95} na koloni B eluiranjem radionuklida sa smole smjesom kompleksona III i mliječne kiseline. Prikazano razdvajanje dobiveno je u pokusu gdje se Zr^{95}, Ce^{144} i Ru^{106} nalaze bez nosača dok Y^{91} s 20 mg i La^{140} s 1 mg nosača. Nakon mnogih pokusa gdje se mijenja visina smole i pH eluirajuće otopine (5) najveći separacioni faktor odvajanja itrija od La za 80%-tno iskorištenje itrija, bio je svega 20. Kod istih uvjeta faktor odvajanja Y od Ce je 1000 za Zr; 500 a za Ru^{106}; 200.



Sl.1 Odvajanje itrija, lantana, cera i cirkona na koloni B

Radi dobivanja prave slike odvajanja fisionih produkata od itrija tokom cijelog postupka, pratili smo sve faze postupka snimanjem gama spektara pojedinih frakcija. Pokuse smo radili na dva paralelna uzorka mlijeka (20 g pepela mlijeka) u koje je dodano 1'1 μCi Ce^{144}, 0'8 μCi Zr^{95}, 2 μCi Ba^{140}, 0'8 μCi Ru^{106} i 0'02 μCi Y^{91}. Na slici 2 prikazani su gama spektri pojedinih frakcija dobivenih tokom prije opisanog postupka određivanja Sr^{90} u pepelu mlijeka.



Sl.2 Eliminiranje Ba^{140}, Ce^{140}, Zr^{95} i Ru^{106} tokom postupka određivanja Sr^{90} u mlijeku.

Spektar br. 1 dobiven je mjerenjem samog uzorka prije postupka i vidimo smjesu fotovrhova Ce^{144}, Ba^{140}, La^{140}, Zr^{95} i Ru^{106}. Drugi spektar dobiven je mjerenjem gama radioaktivnosti filtrata nakon taloženja željeznog hidroksida. Spektar br. 4 dobiven je mjerenjem radioaktivnosti otopljenog taloga $Y(OH)_3$ u HNO_3 prije propuštanja kroz kolonu B. Linija 3 prikazuje spektar dobiven mjerenjem radioaktivnosti smole na koloni B nakon eluiranja itrija sa smole. Dobiveni spektar je ustvari spektar La^{140}. Spektar označen brojem 5 dobiven je mjerenjem radioaktivnosti taloga itrijeva

oksalata pripremljenog za brojenje radioaktivnosti itrija. Vidimo da je to ustvari ravna orta što znači da je ostvareno odlično čišćenje itrija od prije dodanih radionuklida u uzorak mlijeka.

Na tablici 1 prikazani su rezultati analize Sr^{90} umjetno kontaminiranih uzoraka mlijeka (20 g pepela mlijeka uzeto je za analizu).

TAB. br. 1

Analiza umjetno kontaminiranih uzoraka mlijeka

Uzorak	dodano Sr^{90} (pCi/20 g pepela)	nađeno Sr^{90} (pCi/20 g pepela)	iskorištenje separacije nosača Sr i Y
A1	1000	1150	77%
A2	1000	1076	72%
B1	1000	1450	68%
B2	1000	1360	85%

U uzorke A1 i A2 dodane su navedene količine Sr^{90} dok u uzorke B1 i B2 uz Sr^{90} dodali smo i smjesu radionuklida: 0'1 uCi Ru^{106}, 0'1 uCi Zr^{95}, 0'3 uCi Ce^{144} i 0'5 uCi Ba^{140}.

Uz rezultate analize Sr^{90} dati su i podaci iskorištenja nosača stroncija (mjerenjem radioaktivnosti Sr^{85} i itrijeva nosača, tj. dato je iskorištenje za cijeli postupak analize.

Nešto povišeni rezultati analize Sr^{90} u uzorku B1 i B2 mogu se protumačiti nečistoćama Sr^{90} prisutnim u dodanim fisionim produktima Ce^{144}, Zr^{95}, Ru^{106} a osobito u Ba^{140}.

Zaključak

Prikazana metoda analize Sr^{90} u mlijeku ima nesumnjive prednosti prema metodama određivanja Sr^{90} koje se baziraju na odvajanju Sr i Ca dimećom dušičnom kiselinom. Ona je osobito povoljna za analizu uzoraka kosti i mlijeka gdje obično nije potrebno naknadno čišćenje itrija od La^{140} ili nekih drugih fisionih radionuklida. Ovdje je ona u prednosti i pred ekstrakcionom metodom jer veličina uzorka ne igra neku znatniju ulogu u brzini i cijeni analize. Ukoliko se upotrijebi cijeli postupak eliminacije fisionih produkata, vidjeli smo da je ta eliminacija veoma uspješna i tako kompletna analiza najvjerojatnije se može vrlo uspješno upotrijebiti i za analizu drugih materijala biosfere kao kišnice, biljnog i drugog materijala a što je predmet naših daljnjih istraživanja.

Summary

The method for determination of Sr^{90} in milk ash by combined precipitation and ion exchange techniques is described. In the course of analysis a certain quantity of nitric acid solution of milk ash is allowed to pass through the cation exchange resin and after being washed out with 1N HNO_3 Sr^{90} and other cations are eluted with 6N HCl. In the eluate the iron and other hydroxides are precipitated by addition of NH_4OH. The precipitate is discharged and the solution is left to stand until it reaches the radioactive equilibrium Sr^{90}— Y^{90}. After the addition of yttrium carrier, $Y(OH)_3$ is precipitated, the precipitate is separated by centrifugation, dissolved in a few drops of 6N HNO_3 and the precipitated $Y_2(C_2O_4)_3$ is dried and counted.

If Ba^{140} is present in milk, before precipitation of yttrium oxalate the solution of yttrium hydroxide should be allowed to pass through ion exchange resin to separate Y^{90} from La^{140}

RADIOAKTIVNA KONTAMINACIJA LJUDSKIH KOSTIJU SA Sr-90 U SARAJEVU I OKOLICI

Čustović F.
INSTITUT ZA HIGIJENU I SOCIJALNU MEDICINU MEDICINSKOG FAKULTETA U SARAJEVU

Rezime

Velike količine Sr-90 koje su nađene u biosferi tokom 1963 i 1964 godine navele se autora da ispita kolike su količine Sr-90 deponovale u ljudskim kostima uopšte, a posebno u kostima male djece u Sarajevu i njegovoj okolini u periodu 1963-1968 g.

Prema rezultatima ispitivanja Sr-90 u 57 uzoraka ljudskih kostiju različite starosti, autor je našao najveće količine Sr-90 u skeletu starosne grupe od 0-4 godine starosti. Pod pretpostavkom da djeca rođena 1963. u godinama 1964-1968 budu imala sličan sadržaj Sr-90 u kostima kao djeca iz našeg uzorka i pod pretpostavkom da više ne bude nuklearnih eksplozija, moguće bi bilo izračunati dozu zračenja koju će dati Sr-90 nagomilan u njihovim kostima. 70-godišnja koštana doza Sr-90 za djecu rođenu 1963 godine iznosila bi 242,2 mrem.

Uvod

Radiostroncijum je kemijski sličan sa kalcijumom, zadržava se u kostima mnogo godina i prema količini koja se deponuje može da izazove leukemiju, rak kosti i slično.

Sr-90 zajedno sa svojim potomkom Y-90 emitira beta čestice, koje imaju kratak domet u kostima i naročito ugrožavaju koštanu srž.

Do sada su publikovani rezultati mnogih ispitivanja o količini i raspodjeli Sr-9o u ljudskom skeletu (3,4,5,6,7,1o,11). Radovi Schulert-a (11) su pokazali da se Sr-9o ne raspoređuje uniformno u skeletu odraslih za razliku od skeleta djece.

Nuklearni testovi, koje su izvršili SSSR i SAD u toku 1961. i 1962 godine ubacili su u atmosferu dvije trećine više fisionog materijala nego svi nuklearni testovi prije toga. Maksimalno taloženje Sr-9o stvorenog u tim eksplozijama očekivalo se u toku 1963. i 1964 godine.

Cilj ovog rada bio je da se ispita koliko se od tih količina Sr-9o nagomilalo u ljudskim kostima uopće, a posebno u kostima male djece u Sarajevu i okolici u periodu 1963 do 1968. godine i kolika će doza zračenja Sr-9o u toku 7o godina života biti u kostima djece rođene 1963 godine.

Metod rada

U periodu 1963-1968 godine određivali smo količinu Sr-9o u raznim vrstama kostiju (duge, kičmeni stub, rebra i kosti glave), djece i omladine stare od 0-2o godina, kao i odraslih. Dječje kosti smo dobivali sa Patološkog instituta Medicinskog fakulteta u Sarajevu od osoba koje su živjele u Sarajevu i njegovoj okolici. Pošto je za određivanje Sr-9o potrebno najmanje 4-5 g praha kosti, to smo uzorke koji su imali težinu 1-2 g spajali u jedan uzorak (8). Pri tome smo pazili da uzorci budu iste starosti, da su umrli u istom periodu i da su sa područja Sarajeva ili iz okoline. Uzorci kostiju su spaljivani na temperaturi od 7oo°C. Za određivanje Sr-9o u uzorcima kostiju koristili smo metodu Brynta (1).

Rezultati

U periodu od 1963-1968 godine ukupno je analizirano 57 uzoraka ljudskih kostiju razne starosti sa područja Sarajeva i bliže

okoline.

U Tab. 1 su dati rezultati količina Sr-9o u kostima raznih starosnih grupa na teritoriji Sarajeva i bliže okoline tokom 1963-1968 g.

Tab. 1

Sr-9o u kostima raznih starosnih grupa na teritoriji Sarajeva i bliže okolice tokom 1963-1968 godine.

(pCSr-9o/gCa)

Godina ispitivanja	Starosna grupa (godine)		
	0-4	5-19	preko 2o
1963	4,62 (8)	-	-
1964	5,32 (7)	2,91 (1)	1,64 (2)
1965	5,57 (9)	-	2,6o (1)
1966	6,68 (7)	-	8,o5 (2)
1967	3,98 (5)	4,74 (3)	2,41 (2)
1968	4,76 (6)	3,23 (1)	2,62 (3)

Brojevi u zagradama označavaju broj uzoraka.

Najveći broj ljudskih kostiju smo imali u starosnoj grupi od 0-4 godine. Da bi smo dobili jasniji pregled za ovu starosnu grupu pokušali emo da odvojimo rezultate za kosti djece stare do godinu i preko godinu dana staroeti. Tab.2

Rezultati za kosti djece stare do godinu dana pokazuju kontaminaciju dječijeg skeleta u godini ispitivanja, dok rezultate za kosti djece stare preko godinu dana pokazuju konta - minaciju dječijeg skeleta sa Sr-9o u godini ispitivanja i prethodnim godinama. Iz tabele se vidi da je 1963 godina bila godina makeimalnih depozicija Sr-9o.

U grupi školske djece i adolescenata smo imali mali broj uzoraka kostiju, pa nismo bili u mogućnosti da damo bilo kakav komentar. Što se tiče starosne grupe preko 2o godina sta-

rosti, Sr-9o se ne raspodjeljuje uniformno, pa su potrebne korekcije.

Tab. 2

Sr-9o u kostima djece stare od 0-4 godine u Sarajevu i okolici tokom 1963-1968.

Kosti djece stare	Godina ispitivanja	Broj uzoraka	Srednja vrijednost pCSr-9o/gCa
do 1 godine	1963	2	5,26
preko 1 godine		2	4,67
do 1 godine	1964	4	4,43
preko 1 godine		2	8,38
do 1 godine	1965	2	2,85
preko 1 godine		4	6,86
do 1 godine	1966	3	5,61
preko 1 godine		2	7,85
do 1 godine	1967	5	3,98
preko 1 godine		0	0
do 1 godine	1968	1	5,97
preko 1 godine		5	4,53

Mi smo se poslužili odnosima pojedinih ljudskih kostiju i cijelog skeleta koji su dali Kulp i Schulert (1962). Prosječna vrijednost Sr-9o u skeletu osoba starijih od 2o godina u periodu 1963-1968 g. iznosi 2,48 pCSr-9o/gCa.

Pod pretpostavkom da djeca rođena 1963 godine, 1964-1968. budu imala sličan sadržaj Sr-9o u kostima kao djeca iz našeg uzorka i pod pretpostavkom da više ne bude nuklearnih eksplozija, moguće bi bilo izračunati doze zračenja koju će dati Sr-9o nagomilan u njihovim kostima.

Tab. 3

Sadržaj Sr-9o u kostima djece (pCSr-9o/gCa)

Godina	0-4 god.	1963 rođena
1963	4,62	6,32
1964	5,32	
1965	5,57	
1966	6,35	
1967	3,98	
1968	4,76	

Od 1964-1968 prosjek 5,2o pCSr-9o/gCa

- Jednogodišnja koštana doza Sr-9o za 1963 godinu

  6,32 pC/gCa x 3 mrem/god = 18,96 mrem

- 69 godišnja doza Sr-9o za 1964-68

$$D_{69} = \frac{5{,}2o\ pC/gCa \times 3\ mrem/god \times 1\ pC/gCa}{\frac{o{,}693}{lo\ god}} \left[1 - e^{\frac{-o{,}693\ (69)}{lo}} \right]$$

T 1/2 biološko za Sr-9o = lo godina

D_{69} = 223,2o mrem

D_{7o} = 18,96 + 223,2o

7o-godišnja koštana doza Sr-9o za djecu rođenu 1963 godine iznosila bi 242,2o mrem.

Doza u koštanoj srži jednaka je 1/3 doze u kostima (2).

Prema tome, 7o-godišnja doza Sr-9o u koštanoj srži djece rođene 1963 godine bi iznosila:

D_{7o} za koštanu srž = 8o,75 mrem.

Diskusija

Podaci o količini Sr-9o u Sarajevu i okolici tokom 1963 i 1964. u upoređenju sa rezultatima za New York, Chicago za isti period prikazani su na tab. 4.

Tab. 4

Sr-9o/Ca u uzorcima ljudskih kostiju za New York (4), Chicago i Sarajevo sa okolicom tokom 1963. i 1964 godine.

Starosna grupa	Količina Sr-9o u pC/gCa u ljudskim kostima			
	New York 1963	Chicago 1963	Sarajevo i okolica 1963	Sarajevo i okolica 1964
0 - 4	5,34 (21)	3,24 (7)	4,97 (4)	5,32 (7)
5 -19	1,97 (27)	2,o5 (3)	-	2,91 (1)
preko 2o	1,55 (23)	1,11 (12)	-	1,64 (2)

(Brojevi u zagradama označavaju broj analiziranih uzoraka).

Iz tabele se vidi da su rezultati o količini Sr-9o za različite starosne grupe New Yorka, Chicaga i Sarajeva sa okolicom u 1963 i 1964. skoro identični.

Prema tome, naše procjenjene vrijednosti za 7o-godišnju koštanu dozu Sr-9o za djecu rođenu u 1963 godini se približavaju vrijednostima koje je procijenio Dunning (2) za američku djecu rođenu 1963 godine.

Tab. 5

Procjenjene 7o-godišnje koštane doze Sr-9o za djecu rođenu 1963 godine u Americi (2) i Sarajevu sa okolicom

	Površina u Americi sa visokom količinom padavina	Sarajevo sa okolicom
7o-godišnja koštana doza za djecu rođenu u 1963 godini	336 mrem	242,2o mrem
7o-godišnja doza za koštanu srž djece rođene u 1963 g.	112 mrem	8o,7 mrem

Zaključak

Na osnovu analiza 57 uzoraka ljudskih kostiju na Sr-9o možemo zaključiti slijedeće:

1. da su u starosnoj grupi od 0-4 godine nađene najveće količine Sr-9o (srednja vrijednost za 1963 - 4,97 pC/gCa; 1964 - 5,32 pCSr-9o/gCa; 1965 - 5,57 pCSr-9o/gCa;
2. da bi 7o-godišnja doza Sr-9o, ukoliko ne bi bile više eksplozija u kostima djece rođene 1963 godine bila 242,2o mrem, a za koštanu erž 8o,7 mrem.

Summary

Radioactive contamination of human bones with Strontium-9o in Sarajevo and its surroundings.

Large amounts of Sr-9o found in atmosphere and in food during 1963 and 1964 has lead the author to investigate the amount of Sr-9o deposited in human bones in general and especially in bones of small children in Sarajevo, and its surroundings during the period of 1963-1968 year.

According to the results of investigation of Sr-9o in 57 sample of human bones of different age, the author has come to the conclusion that in the age group of 0-4 years the largest amounts of Sr-9o can be found.

Assuming that the children born in 1963, 1964 and 1965 will have a similar amount of Sr-9o in bones to that of the investigated samples and assuming that there will be no more explosions a 7o-year dose to be created by Sr-9o deposited in their bones has been calculated. The 7o-year bone dose of Sr-9o to children born in 1963 would amount to 242,2o mrem.

Bibliografija:

1. Brynt, F.J., "Determination of radiostrontium in biological materials, 1959, AERE, Report R-3o3o, London;
2. Dunning, M., Gordon: "Estimate of radiation doses", Hea - ring before the subcommittee on reaearch, development and radiation of the Yount Committee on atomic energy congreas of the United Statea eighty-eight congress firat aesaion on fallout radiation Standarda, and countermeaaurea, june 3-4 and 6, 1963 part 1. pp. 231 and 174;
3. Fletcher W., Loutit F.J., Papworth G.D.:"Interpretation of Levels of Sr-9o in Human Bone", Britiah Medical Journal, 1966, Vol.2, pp 1225-123o;
4. Harley J. John: "Radioactive contamination of the human diet and of man", Čikago 1-2 maj 1964;
5. Kulp J.L., Schulert A.R., Hodges J.E., "Sr-9o in Man", 196o, Science, Vol. 132, No 3425, pp 448-454;
6. Kulp J.L., Schulert A.R., 1962: "Strontium-9o in Man IV" Science 136, No 3516, pp 619;
7. Langham W.H. and Anderson E.C.:"Sr-9o and Skeletal formation", 1957, Science 126, No 3266, 2o5-2o6;
8. Levi H., Lindemannn J., Nielsen A.,:"Sr-9o in human bone in Denmark", 1962, Health Physics Pergamon Presa, Vol.8, pp.555-558;
9. Machta, L., Liat R., Telegades K.,:"Meteorology of Fallout From 1961-1962 Nuclear Tests", U.S. Weather Bureau. for the Hearings on Fallout Radiation of the Joint Committee on Atomic Energy, june 3-5, 1963, pp 46-7o;
lo. Rivera, J.; "Sr-9o in Human Vertebrae", HASL-146, Fallout Program Quoterly Summary report July 1, 1964, pp 236-238;
11. Schulert A.R., et al., "Sr-9o dietribution in the Human Skeleton", 1959, Health Physics, Pergamon Press, Vol.2, pp.62-8.

FAKTORI DISKRIMINACIJE Sr-9O/Ca U ZUBIMA U ODNOSU NA SADRŽAJ Sr-9o U VODI ZA PIĆE

F. Čustović

INSTITUT ZA HIGIJENU I SOCIJALNU MEDICINU MEDICINSKOG FAKULTETA U SARAJEVU

B. Topić

STOMATOLOŠKA KLINIKA MEDICINSKOG FAKULTETA U SARAJEVU

Rezime

Autori ovoga rada su željeli da odrede i uporede količinu akumuliranog Sr-9o u zubima djece, iste starosne dobi i različite količine Sr-9o u pitkoj vodi. U tom smislu su odabrane dvije oblasti u Hercegovini sa različitom pitkom vodom (vodovod i kišnica - cisterna), odnosno različitom količinom Sr-9o.

Poslije stroge indikacije ekstrahirani su prvi stalni molari djece stare 7-12 godina u Lištici i okolnim selima.

Rezultati ovih ispitivanja prvih stalnih molara djece stare od 7-12 godina rođene u okolnim selima Lištice akumulirali su najveće količine Sr-9o.

Koeficijent korelacije između Sr-9o u zubima i pitkoj vodi-kišnici iznosi +o,98 što znači da korelacija postoji. To je navelo autore da odrede odnos količine Sr-9o/Ca u korjenu prvih stalnih molara i kišnice koja služi za piće. Ovaj posmatrani odnos zubi, pitka voda-kišnica iznosi o,73 .

Uvod

Stroncijum-9o se ponaša kao kalcijum, slijedi sličan biološki put i ulazi u kosti i zube u vrijeme kalcifikacije. Početni unos Sr-9o ovisi o njegovoj količini u krvi za obje vrste koštanog tkiva, ali postoji bitna razlika u veličini zadržavanog stroncijuma.
Ekvivalentne vrijednosti za obje vrste koštanog tkiva bi se mogle očekivati u vrijeme konstantne radioaktivne kontaminacije biosfere za duži period. Pod ovim uslovima i kosti i zubi bi mogli dostići ravnotežu sa krvnom plazmom bez obzira na iznos mineralnog kretanja u oba slučaja.

Mliječni zubi djece, čiji je sastav sličan sastavu kosti mogli bi se po nekim autorima (9) upotrijebiti kao indikator veličine akumulacije radioaktivnog materijala u koštanom tkivu.

Zbog toga se Kackar (6) još 1958 godine zalagao za sakupljanje na internacionalnom nivou i određivanje radioaktivnosti u mliječnim zubima. Nažalost, ovakav internacionalni program nije proveden do sada, ali su zato mnogi naučnici proveli ovakva ispitivanja na nacionalnom nivou. Brynt sa saradnicima (2) i Butler (3) su ispitivali kontaminaciju zuba djece i adolescenata sa Sr-9o u Ujedinjenom Kraljevstvu, dok su to isto uradili u Danskoj Lindemann (9,1o), u SAD Rosenthal (1o) i Reiss (9) i u Italiji Zanetti (12) i Del Vechio (5), a u Jugoslaviji Čustović (4).

Starkey (11) je sa svojim saradnicima ispitivao akumulaciju i retenziju Sr-9o u stalnim ljudskim zubima u Ujedinjenom Kraljevstvu, sa posebnim osvrtom na zube dobijene iz oblasti sa više padavina, jer je to imalo uticaja, najvjerovatnije, na povečanje količine deponovanog Sr-9o u rastućim dijelovima zuba.
Stalni zubi mladih osoba akumuliraju različite količine Sr-9o iz biosfere, što ovisi o intenzitetu metabočičkih procesa od-

rađene dobi, kao i o količini Sr-9o u biosferi.

Zubi djece koja piju kišnicu sa visokim sadržajem Sr-9o (približno 8 pC/l) pokazivali bi veću radioaktivnost, tj. imali bi veću količinu deponovanog Sr-9o nego zubi djece koja piju dubinsku vodu.

Stoga su autori ovoga rada pristupili određivanju veličine deponovanog Sr-9o u stalnim zubima hercegovačke djece u odnosu na količinu Sr-9o u pitkoj vodi u vremenu formiranja zuba.

Eksperimentalni dio

Za ovaj rad autori su odabrali dvije grupe školske djece u Hercegovini čije su ekstrahirane prve stalne molare analizirali na količinu Sr-9o. Prvu grupu su sačinjavali djeca rođena u Lištici u periodu 1954-1961 godine, a drugu djeca rođena u istom periodu u okolnim selima Lištice i Posušja.

Razlika između ove dvije grupe je u vrsti vode za piće. Vodovodna voda u Lištici je podzemnog karaktera i nađena količina Sr-9o je minimalna (o,1 pCSr-9o/l), dok srednja vrijednost za cisternu (kišnicu) okolnih sela Lištice iznosi 8,17 pC/l za godine 1961-1968.

U toku 1967/68 školske godine stomatološka ekipa je obišla škole u Lištici i okolnim selima i izvršila sistematski pregled zuba. Poslije stroge indikacije, zubi djece stare 7-12 godina su ekstrahirani. Ukupno je ekstrahirano 477 prvih stalnih molara. Uzorci su grupisani prema starosti, a zatim je odvojen korjen od krune. Za analizu su uzeti samo korjeni, jer su krune bile skoro potpuno destruirane.

Korjeni prvih stalnih molara su prvo sušeni, a zatim spaljivani do pepela na temperaturi od 7oo°C.

Za određivanje Sr-9o koristili smo metodu po Kryntu (1).

Rezultati

Količina Sr-9o u uzorcima mlijeka i pitke vode - cisterne - na teritoriji Hercegovine je mjerena od početka 1961 godine. Uzorci mlijeka su sakupljeni svakodnevno, a analizirani mje-

sečno, dok je pitka voda odnosno cisterna sakupljana kvartalno, a analizirana godišnje.

Rezultati ovih mjerenja nalaze se u Tab.1.

Tab. 1

Sr-9o u mlijeku i vodi za piće u Hercegovini

Godina ispitivanja	pCSr-9o/l dubinska voda	cisterne - kišnica	mlijeko
1961		4,36	11,o8
1962		8,87	2o,87
1963		13,46	42,1o
1964		13,41	51,37
1965		8,37	32,o3
1966	o,1	3,98	17,65
1967		4,71	12,99
1968	o,o8	3,37	8,68

U Tab. 2 su prikazani rezultati o količini Sr-9o u korjenu prvih stalnih molara djece rođene u Lištici i njenoj okolini, tokom školske godine 1967/68.

Tab. 2

Sr-9o u korjenu prvih stalnih molara djece rođene 1954-1961 godine u Lištici i njenoj okolici (vrijeme ekstrakcije 1967/68).

Starost u godinama	Lištica Broj zuba	Broj analiza	pCSr-9o/gCa	Okolna sela[xx] Broj zuba	Broj analiza	pCSr-9o/gCa
7	8	1	3,97 ± o,o8	16	1	4,76 ± o,23
8	1o	1	3,41 ± o,16	23	2	4,38 ± o,17
9	39	2	4,o3 ± o,26	32	3	6,91 ± o,3o
1o	38	2	4,o8 ± o,15	49	3	5,71 ± o,26
11	44	2	4,6o ± o,25	7o	3	6,35 ± o,32
12	32	2	4,73 ± o,25	46	3	6,79 ± o,3o
13	24	2	4,35 ± o,16	34	3	6,oo ± o,29
14	-	-		12	2	6,28 ± o,3o

xx Okolna sela: Dobrkovići, Gornja i Donja Britvica, Gornji i Donji Crnač, Izbično, Uzarići, Crne Lokve, Privalj, Jare.

Iz rezultata prikazanih na Tab. 2 može se vidjeti da je količina Sr-90 u korjenu prvih stalnih molara djece u Lištici u periodu 1954-1961 godine prosječno za oko 1,5 puta niža od vrijednosti nađene u zubima djece iste starosti u okolnim selima Lištice.

Ova konstatacija je navela autore da pokušaju korelirati nađene vrijednosti Sr-90 u kišnici i zubima. Stepen korelacije u našem slučaju iznosi r = + 0,98. Visoki stepen korelacije ukazuje na visoki uticaj Sr-90 u pitkoj vodi na povećanje Sr-90 u korjenu prvih stalnih molara.

Služeći se rezultatima o količini Sr-90 u zubima i pitkoj vodi odnosno mlijeku u Lištici i njenoj okolici, autori su pokušali odrediti faktore diskriminacije.

$$DF\ (\text{uzorak - prekuzor}) = \frac{\text{Sr-90/Ca u uzorku}}{\text{Sr-90/Ca u prekuzoru}}$$

Diskriminacioni faktor za Sr-90/Ca u zubima i vodi za piće i cisterni iznosi 0,73, a za zube - mlijeko oko 0,24.

Diskusija

Ako uporedimo rezultate o količini Sr-90 u cisterni i mlijeku sa Sr-90 u korjenu prvih stalnih molara, onda se može vidjeti da smanjenje Sr-90 u biosferi ne prati smanjenje Sr-90 u zubima.

Ova činjenica se može objasniti ugradnjom Sr-90 u vrijeme kalcifikacije, a period kalcifikacije za korjen prvih stalnih molara je oko 10 godina.

I ako količina Sr-90 u biosferi bude niska, radioaktivitet će postojati u onim dijelovima zuba koji su mineralizirali, kada je Sr-90 bio dosta visok.

Jasno je da se, Sr-90 u zubima djece koja su pila kišnicu povišava i vrlo dobro korelira sa Sr-90 u kišnici i mlijeku. Kohn (8) i Starkey (3) su u svojim radovima također potvrdili da se

količina Sr-9o u zubima djece koja žive u oblastima sa više padavina povećava, odnosno da postoji korelacija sa Sr-9o u kiši i mlijeku.

Prema tome, sa porastom nivoa radioaktivne kontaminacije biosfere najveće vrijednosti Sr-9o bi se mogle naći u koštanom tkivu.

U uslovima konstantne radioaktivne kontaminacije biosfere za duži period, kosti i zubi bi bili u ravnoteži sa krvnom plazmom. U ovim uslovima Sr-9o u zubima bi se mogao upotrijebiti za ocjenu sadržaja Sr-9o u živom organizmu.

Zaključak

U ovome radu je analizirano 477 korjena prvih stalnih molara djece rođene u periodu 1954-1961 godine u Lištici i njenoj okolini. Iz ovih rezultata se mogu dati slijedeći zaključci:

1) Sr-9o u korjenu prvih stalnih molara djece koja su pila kišnicu-cisternu prosječno je iznosio 6,oo ± o,43 pC/gCa, dok je u zubima djece iz Lištice bio 4,13 ± o,16 pC/gCa;

2) Koeficijent korelacije između Sr-9o u zubima i cisterni iznosio je + o,98;

3) Faktor diskriminacije zubi-cisterna u našem uzorku iznosio je o,73 dok je za zube - mlijeko o,24.

Summary

The way of Sr-9o entering dental tissue, its accumulation and division are discussed in this paper. Accumulation of Sr-9o in growing parts of human teeth depends on intensity of metabolis processes of sertain age as well as on amounts of Sr-9o in biosphera.

The authors of this paper wanted to compare and decide upon the amount of accumulated Sr-9o in teeth of children of the same age and different amounts of Sr-9o in drinking water. For this purpose two regions in Hercegovina were chosen, with different kinds of drinking water (wells and rain-water collected in cisterns) i.e. with different amounts of Sr-9o

After a very definite indication, the first permanent molars were extracted with children aging 7-12 years at Lištica and surrounding vilages.

The results of these investigations which were done during 1967/68 school year show that the roots of first permanent molars with children aging 7-12 years, who were born at villages around Lištica accumulated greatest amounts of Sr-9o.

Coefficient of correlation between Sr-9o in human teeth and in drinking water - rain water is + o,98 which proves that the correlation exists. That fact made the authors determine relations of amount of Sr-9o/Ca in roots of first permanent molars and rain-water used as drinking water. This observed relation human teeth - drinking water - rain water is o,73.

PREIMUĆSTVA PRIMENE ALFA SPEKTROMETRISKE METODE SA POLUPROVODNIČKIM DETEKTOROM U ODNOSU NA JONIZACIONU KOMORU U RADIOTOKSIKOLOGIJI

RADOVANOVIĆ R.,HAJDUKOVIĆ D.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" Beograd

Rezime

U ovom radu dat je uporedni pregled mogućnosti i merenja spektara alfa zračenja u biološkom materijalu i nekim uzorcima iz biosfere pomoću alfa-spektrometrijskih metoda sa poluprovodničkim detektorom "Ortec" model BA-045-300-100 sa aktivnom površinom 3 cm^2 i sa jonizacionom komorom sa rešetkom tip S14 "Intertechnique".

Uvod

Merenje niskih alfa aktivnosti u uzorcima humanog materijala i biosfere povezano je sa osnovnim teškoćama koje proističu zbog izrade tankog uzorka i zbog osnovne aktivnosti.

Odredjivanje spektra alfa zračenja moguće je izvršiti pomoću impulsne jonizacione komore, ili sa poluprovodničkim detektorima, gde su oni i našli svoju bitnu primenu. Blankenship J.L. i Borkowski C.I (1) su 1960 godine pri registreciji alfa čestica energije 5,8 MeV Au-Si detektorom dobili rezoluciju od 13,5 KeV. Ova vrednost bila je u to doba znatno bolja od one koja se mogla dobiti jonizacionom komorom.

Pri radu sa jonizacionim komorama potrebno je dosta spretnosti u postizanju povoljnih odnosa parametara (pritisak, brzina protoka gasa i visina napona). Zbog toga moguće su nestabilnosti u toku rada što praktično ograničava dužinu vremena merenja. Pored toga, uticaj gama zračenja okoline na rad jonizacione komore ili alfa scintilacionog brojača na bazi ZnS daleko je veći od uticaja ovog zračenja na poluprovodnički alfa brojač. Ova činjenica, kako navodi i Perry (2), daje

značajna preimućstva poluprovodničkim alfa detektorima za dosimetrijsku kontrolu kontaminacije alfa emiterima u prisustvu visokog gama fona što je slučaj npr. kod oštećenja radijumskih igala.

Alfa-spektrometriska metoda sa jonizacionom komorom

Pomoću jonisacione komore tip S14 "Interteohnique" snimani su alfa spektri Po 21o u urinu i alfa spektri radionuklida u prašini iz rudnika urena. Kalibracija komore izvršena je sa Po-21o, Pu-239 i poznatom smešom izotopa U-233 + Pu-239 + Am-241 čija je ukupna alfa aktivnost bila 133o imp/min. Alfa spektar kalibracionih izotopa dat je na sl. 1. Za energiju alfa zračenja Pu-239 postignuta je rezolucija od 2-3% (firma daje vrednost od 1%).

Na slikama 2,3 i 4 dati su alfa spektri polonijuma u rudničkoj prašini i urinu. Ove rezultate ranije su objavili Pradel J. i Hajduković D.(3).
Prilikom ispitivanja optimalnih uslova odredjivanja Po-21o u biološkom materijalu metodom depozicije [Petrović D. i sar. (4)] efikasnost radiometrijske aparature sa scintilatorom ZnS iznosila je 24% a osnovna aktivnost od 5-1o impulsa/čas.

Alfa spektrometriska metoda sa poluprovodničkim detektorom

U toku 1968.godine u Institutu za medicinu rada i radiološku saštitu u Beogradu vršili smo alfa-spektrometrijska merenja Po 21o u urinu, i snimali alfa spektre izotopa Pu 239, Th 232 i Ra 226.

Pri ovom radu korišćen je poluprovodnički alfa detektor firme "Orteo" tip BA-o45-3oo-1oo sa predpojačavačem tip 1o9A iste firme i četiristokanalnim analizatorom SA4o firme "Intertechnique".

Poluprovodnički detektor i uzorak smešteni su u komori koja je napravljena u Institutu za nuklearne nauke "Boris Kidrič".

Bibliografija

1. Brynt, F.J., Morgan A., Spicer G.S. (1959), Determination of Radiostrontium in Biological Materials, AERE-3o3o;
2. Brynt J.F., Henderson, H.E., and Holgate W., (196o):"Strontium-9o in human teeth", British Dental Journal, 1o8:291-2-4, No 8;
3. Butler, E.F., (1961), "Strontium-9o in human teeth", Natura, 189:848-849, No 4767;
4. Čustović F., Topić B., (1967):"Depozicija radioaktivnog stroncijuma u ljudskim zubima u Sarajevu". Publikacije Instituta za higijenu i socijalnu medicinu Sarajevo, br.26 1967;
5. Del Vecchio, V., Lanzola, E., Alasia A.M. (1964):"Determination of Sr-9o in decidous teeth", Nuovi Ann. Ig. Microbiol. 15:193-9 (May-June 1964);
6. Kalckar M., Herman (1958):" An International milk teeth radiation census", Nature 182:283-284, No 4631;
7. Kohn, Sidney I., Gimble Francis S., Erk, Vernon (1961): "Radioaktive material in the teeth of children in the northern New Jersey, area-correlation with Sr-9o in milk. J. Dent. Children 28:257-62 (Dec.1961);
8. Lindemann J. (1967), "Sr-9o in teeth - Tandlaegebladet", 71:731-739, 1967;
9. Reiss, L.Z. (1961):"Strontium-9o absorption by decidous teeth", Science 134:1669-1673, No 3491;
1o. Rosenthal, L.H., Gilster, E.J., and Bird T.J. (1963), "Sr-9o content of decidous human incisors", Science 14o: 176-177;
11. Starkey E.W., Brynt J.E. and Henderson H.E. (1964):"The accumulation and Retention of Sr-9o in Permanent Human Teeth in the United Kingdom", International Dental Journal, Vol. 14, No 2, June 1964, pp. 2o6-225
13. Zanetti M., et al. (1961):"Examination and determination of Sr-9o in decidous and permanent teeth", Giorn.Igiene Med. Prevent. 1:85-9o.

PREIMUĆSTVA PRIMENE ALFA SPEKTROMETRISKE METODE SA POLUPROVODNIČKIM DETEKTOROM U ODNOSU NA JONIZACIONU KOMORU U RADIOTOKSIKOLOGIJI

RADOVANOVIĆ R.,HAJDUKOVIĆ D.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" Beograd

Rezime

U ovom radu dat je uporedni pregled mogućnosti i merenja spektara alfa zračenja u biološkom materijalu i nekim uzorcima iz biosfere pomoću alfa-spektrometrijskih metoda sa poluprovodničkim detektorom "Ortec" model BA-o45-3oo-1oo sa aktivnom površinom 3 cm^2 i sa jonizacionom komorom sa rešetkom tip S14 "Intertechnique".

Uvod

Merenje niskih alfa aktivnosti u uzorcima humanog materijala i biosfere povezano je sa osnovnim teškoćama koje proističu zbog izrade tankog uzorka i zbog osnovne aktivnosti.

Odredjivanje spektra alfa zračenja moguće je izvršiti pomoću impulsne jonizacione komore, ili sa poluprovodničkim detektorima, gde su oni i našli svoju bitnu primenu. Blankenship J.L. i Borkowski C.I (1) su 196o godine pri registreciji alfa čestica energije 5,8 MeV Au-Si detektorom dobili rezoluciju od 13,5 KeV. Ova vrednost bila je u to doba znatno bolja od one koja se mogla dobiti jonizacionom komorom.

Pri radu sa jonizacionim komorama potrebno je dosta spretnosti u postizanju povoljnih odnosa parametara (pritisak, brzina protoka gasa i visina napona). Zbog toga moguće su nestabilnosti u toku rada što praktično ograničava dužinu vremena merenja. Pored toga, uticaj gama zračenja okoline na rad jonizacione komore ili alfa scintilacionog brojača na bazi ZnS daleko je veći od uticaja ovog zračenja na poluprovodnički alfa brojač. Ova činjenica, kako navodi i Perry (2), daje

značajna preimućstva poluprovodničkim alfa detektorima za dozimetrijsku kontrolu kontaminacije alfa emiterima u prisustvu visokog gama fona što je slučaj npr. kod oštećenja radijumskih igala.

Alfa-spektrometriska metoda sa jonizacionom komorom

Pomoću jonizacione komore tip S14 "Intertechnique" snimani su alfa spektri Po 21o u urinu i alfa spektri radionuklida u prašini iz rudnika urana. Kalibracija komore izvršena je sa Po-21o, Pu-239 i poznatom smešom izotopa U-233 + Pu-239 + Am-241 čija je ukupna alfa aktivnost bila 133o imp/min. Alfa spektar kalibracionih izotopa dat je na sl. 1. Za energiju alfa zračenja Pu-239 postignuta je rezolucija od 2-3% (firma daje vrednost od 1%).

Na slikama 2,3 i 4 dati su alfa spektri polonijuma u rudničkoj prašini i urinu. Ove rezultate ranije su objavili Pradel J. i Hajduković D.(3).
Prilikom ispitivanja optimalnih uslova odredjivanja Po-21o u biološkom materijalu metodom depozicije [Petrović D. i sar. (4)] efikasnost radiometrijske aparature sa scintilatorom ZnS iznosila je 24% a osnovna aktivnost od 5-1o impulsa/čas.

Alfa spektrometriska metoda sa poluprovodničkim detektorom

U toku 1968.godine u Institutu za medicinu rada i radiološku zaštitu u Beogradu vršili smo alfa-spektrometrijska merenja Po 21o u urinu, i snimali alfa spektre izotopa Pu 239, Th 232 i Ra 226.

Pri ovom radu korišćen je poluprovodnički alfa detektor firme "Ortec" tip BA-o45-3oo-1oo sa predpojačavačem tip 1o9A iste firme i četiristokanalnim analizatorom SA4o firme "Intertechnique".

Poluprovodnički detektor i uzorak smešteni su u komori koja je napravljena u Institutu za nuklearne nauke "Boris Kidrič".

Komora je konstruisana tako da se može postići zadovoljavajući vakum i promena rastojanja izvor-detektor. Osnovne procedure uglavnom smo vršili na način kako je to dao Nezami M.(5).

Osnovna aktivnost u energetskom opsegu od 4 do 9 MeV iznosila je 1 impuls/čas, a rezolucija za energiju alfa zračenja Pu-239 od o,5% ali oko 25,5 KeV. Osnovna aktivnost u intervalu energija od 4,5 - 5,5 MeV bila je o,3 imp/čas.

Dobijeni spektri ovom metodom dati su na sl.5,6,7 i 8.

Diskusija rezultata merenja

Ako se podje od toga da je minimalna aktivnost(Amin) koja se može meriti data izrazom koji navode Tubiana M. i sar. (6):

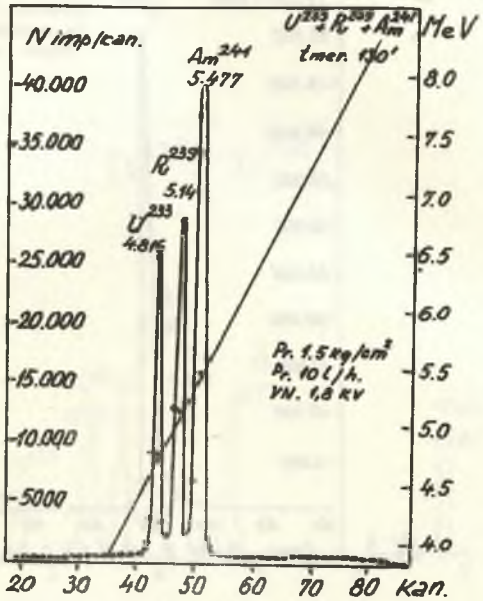
$$A_{min} = Ao + 3\sqrt{Ao}$$

onda su minimalne aktivnosti koje se mogu meriti datom jonizacionom komorom, poluprovodničkim brojačem i scintilacionim detektorom na bazi ZnS date u tabeli 1, gde je Ao osnovna aktivnost.

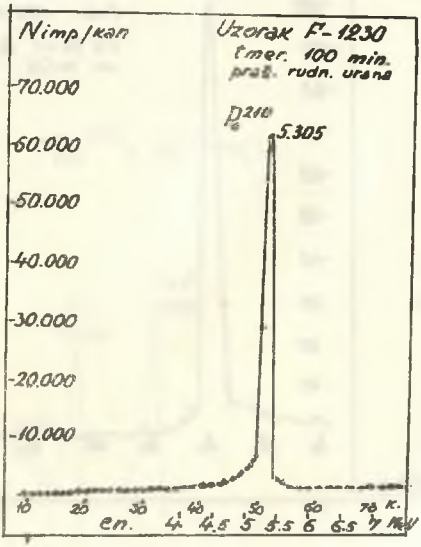
TAB. 1

Minimalne aktivnosti koje se mogu meriti

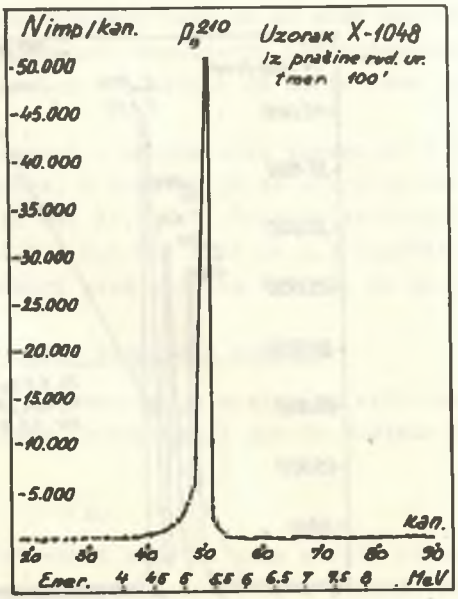
Metoda	A_{min} imp/h	Ao imp/h
Jonizaciona komora S14	65	45
Poluprovodnički detektor	4	1
Scintilacioni detektor ZnS	15	8


N imp/kan.
U233 + Np239 + Am241
MeV
tmen. 100'
Am241
5.477
Np239
5.14
U233
4.816
40.000
35.000
30.000
25.000
20.000
15.000
10.000
5000
8.0
7.5
7.0
6.5
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
Pr. 1.5 kg/cm²
Pr. 10 l/h.
VN. 1.8 kV
20 30 40 50 60 70 80 kan.
Ener. 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 7.5 8 MeV

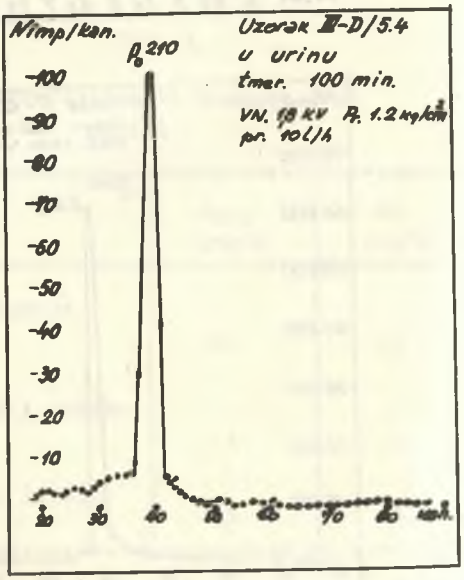
Sl.1


N imp/kan
Uzorak F-1230
tmer. 100 min.
prat. rudn. urana
Po210
5.305
70.000
60.000
50.000
40.000
30.000
20.000
10.000
10 20 30 40 50 60 70 k.
en. 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 MeV

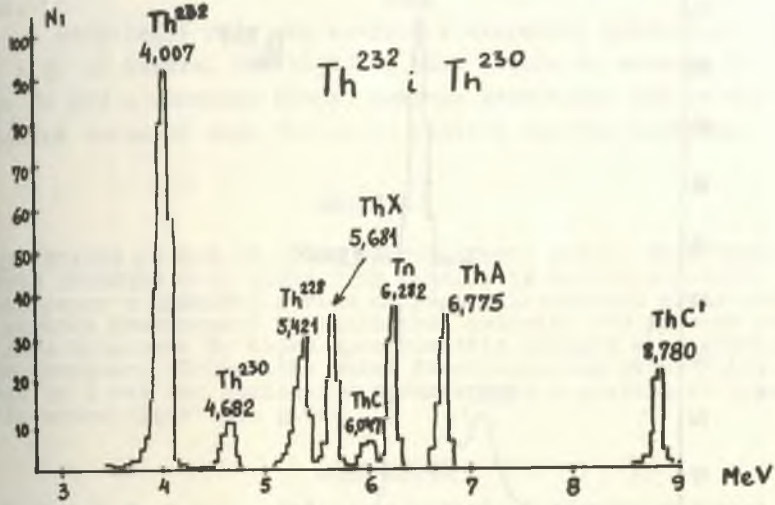
Sl.2


Nimp/kan.
P_o^{210}
Uzorak X-1048
Iz pročišćene rvd. ur.
tmen 100'
50.000
45.000
40.000
35.000
30.000
25.000
20.000
15.000
10.000
5.000
kan.
10 20 30 40 50 60 70 80 90
Ener. 4 4.5 5 5.5 6 6.5 7 7.5 8 . MeV

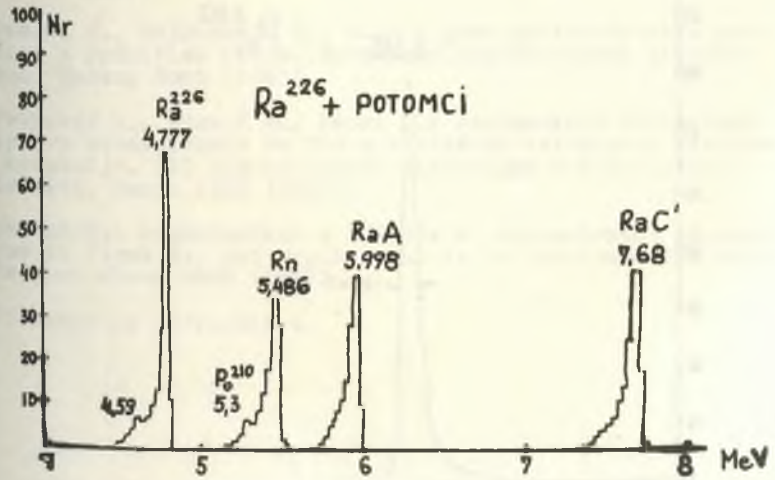
Sl.3


Nimp/kan.
P_o^{210}
Uzorak III-D/5.4
u urinu
tmer. 100 min.
VN. 18 kV Pr. 1.2 kg/cm²
pr. 10 l/h
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
10 20 30 40 50 60 70 80 kan.

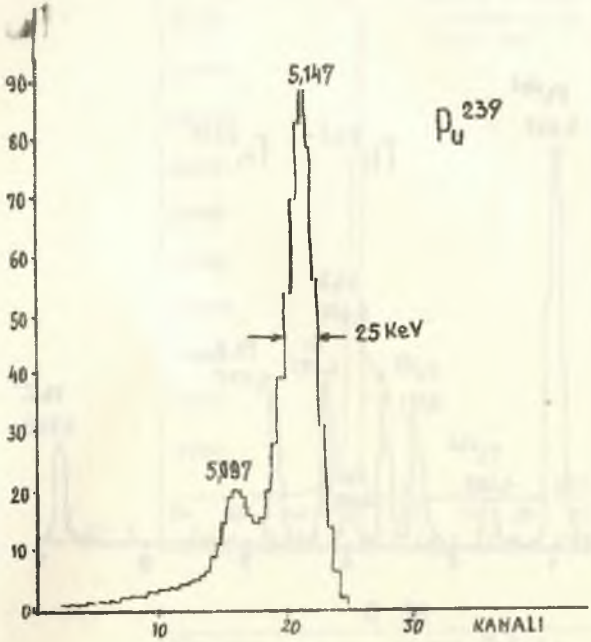
Sl.4


N1
Th232
4,007
Th232 i Th230
ThX
5,681
Tn
6,282
ThA
6,775
Th228
5,421
ThC'
8,780
Th230
4,682
ThC
6,047
MeV

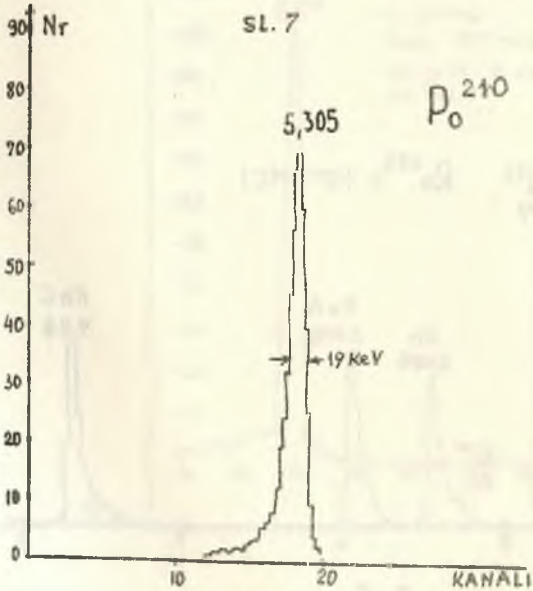
Sl. 5


Nr
Ra226
4,777
Ra226 + POTOMCI
RaA
5,998
RaC'
7,68
Rn
5,486
Po210
5,3
4,59
MeV

Sl. 6


5,147
P_u^{239}
25 KeV
5,087
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20
30
KANALI

SL. 7


Nr
P_o^{210}
5,305
19 KeV
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
10
20
KANALI

SL. 8

Dakle, uz efikasnost od 3o% u intervalu energija alfa zračenja od 4,5 do 5,5 MeV može se navedenom spektrometrijskom metodom odrediti alfa aktivnost od oko o,1 pCi za vreme merenja od 1 časa.

Stabilnost rada ove aparature omogućava produženje merenja i do 15 časova. Zahvaljujući tome moguća su merenja sadržaja Pu 239 u uzorcima hrane, humanom materijalu itd.sa znatno boljom tačnošću nego što se to postiže ostalim metodama.

Summary

THE ADVANTAGES OF USE OF ALPHA SPECTROMETRIC METHOD WITH SEMICODUCTOR DETECTOR OVER IONIZATION CHAMBER IN RADIOTOXICOLOGY. In this paper a paralel review of possibilities and alpha radiation spectra measurement in biological material and in some samples from biosphere by alpha spectrometric methods with semiconductor detector, "Ortec" the model BA-o45-3oo-1oo with active surface of 3 cm2 and ionization chamber with a grating of type S14 "Intertechnique" was given.

Literatura

1. Akimov Ju.K. i sot.: Poluprovodnikovie detektori jedrenih častici ih primenenie. str.148. Atomizdat.Moskva (1967).

2. Perry K.E.G.: Some applications of surface Barrier Solid-State Detectors for Alpha-Activity detection and measurement Techniques in Medicine and Biology. str.685-698 IAEA. Viena (1965)

3. Pradel J., Hajduković D.: Alfa i gama spektrometrija prašine u rudnicima urana. Francusko-jugoslovenski simpozijum, Herceg Novi (1963).

4. Petrović D., Djurić D., Panov D.: Ispitivanje optimalnih uslova odredjivanja Po 21o u biološkom materijalu metodom depozicije. III jugoslovenski simpozijum o radiološkoj zaštiti. Banja luka (1967).

5. Nezami M.: Contribution a l'étude du comportement géophysique du Plomb 21o par application de la spectrometrie alpha. Rapport CEA-R 2886 (1966)

6. Citirano po referenci 4.

MOGUĆNOST MERENJA NISKIH I VISOKIH DOZA TERMOLUMINISCENTNIM DOZIMETRIMA

PETROVIĆ D.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" Beograd

Rezime

Ovo saopštenje ima karakter upoznavanja o mogućnostima dozimetrije u oblasti visokih i niskih doza sa termoluminiscentnim dozimetrima. Cela ova oblast je data pratežno kao literaturni pregled, dok su sopstveni rezultati izneti u oblasti linearnosti III i IV pika (oko 22o i 275 C) i njihovu moguću primenu u oblasti visokih doza.

Posebno je obradjena oblast niskih doza (oko 1 mR) sa literaturnim vrednostima.

Na kraju iz ovih prikaza izvučen je zaključak i program rada u ovoj oblasti.

Uvod

Proanalizirećemo pojedinačno mogućnosti merenja niskih i visokih doza termoluminiscentnim dozimetrima.

- Mogućnosti merenja niskih doza:

  Posmatraćemo nekoliko veličina od kojih zavisi merenje, odnosno TL odgovor LiF: Mn a to su:

- Vrsta LiF: Mn i njegova osetljivost,
- način i program grejanja,
- vrsta PM, odnosno njegova struja zamračenja(dark current)
- konstrukcija uredjaja za čitanje odgovora.

Mi smo u našoj dosadašnjoj praksi radili sa LiF: Mn proizvodnje CON-RAD (TLD-loo) type N i type 7, kao i LiF type CEA, i to u obliku praška.

Cameron et al. (1) su proučavali promenu osetljivosti u funkciji temperature odnosno vremena regenerisanja. Vidimo da se

prvobitna osetljivost ne dobija sem za krivu od 36o°C.(gr1) Isti autori daju na sledećem grafiku povećanje osetljivosti (hiperosetljivost) koja počinje već kod doza od oko $1o^3$ R. (gr.2).

Ove rezultate samo prikazujemo kao mogućnost povećanja osetljivosti samog LiF (TDL-1oo), ali za sada nemamo definitivan odgovor, ma da je niz autora ispitivao ovu hiperosetljivost (1,2).

Ono što mi smatramo bitnim, je relativno jednostavno menjanje osetljivosti LiF (TLD-1oo) u odredjenim granicama.

Osetljivost LiF (TLD-1oo i CEA) se može formirati i brzinom hladjenja (3,4).

- Ciklus grejanja sa svoje strane ima uticaja, ali u prvom redu na reproduktivnost i tačnost merenja. Odredjenim ciklusom grejanje u samom čitaču LiF može dobijati odredjene karakteristike samim čitanjem TL materije (4).

- Vrsta fotomultiplikatora, koja se upotrebljava u TL dozimetriji, mora imati najveću osetljivost u domenu spektra LiF, odnosno TL materije koja se upotrebljava.

Posebno naglašavamo da od struje zamračenja (dark curent) samog PM zavisi u mnogome donja granica merenja. Posebno naglašavamo mogućnost hladjenje PM radi smanjenja struje zamračenja. Sintherlangan, et al. (5) su hladjenjem PM sa smešom suvog leda i alkohola (- 7o°C) redukovali struju zamračenja $5.1o^{-11}$A. Od same konstrukcije uredjaja zavisi mogućnost registrovanja niskih doza. Spomenućemo redom te mogućnosti:

- na prvom mestu zavisi od linearnog povećanja signala, mada ova linearnost može važiti i u vrlo ograničenom intervalu,

- upotreba optičkih filtra za uklanjanje infracrvenih talasa, odnosno upotreba materijala za grejne plakete, koji imaju vrlo malo zračenje ingracrvenih talasa,

- ugradjivanjem standardnog izvora u samu aparaturu (5) kako bi se izbegla greška nejednakog rasprostiranja praška na grejnoj plaketi,

- protok raznih gasova, posebno azota radi uklanjanja TL odgovora koji ne potiče od radijacije.

Ovo bi u najkraćem bili izneti uslovi koji bi doprinali s jedne strane tačnost i reproduktivnosti merenja, a s druge strane omogućili registrovanje malih doza, reda veličine 1 mR.

Mogućnost merenja visokih doza

Brojni autori su utvrdili linearnost LiF različite proizvodnje, koja se kreće do oko 1000 R, dok za CaF_2 linearnost je nešto veća.

Mogućnost detekcije visokih doza je proučavan od autora sa dozimeterskim pikom iz krive sjaja i u poslednje vreme sa pikom na 275°C (IV pik) (3) odnosno pikom na 450°C (6).

Autori (6) daju vrednosti za krivu sjaja viših temperatura (400-475°C) kao funkciju ekspozicije od 10^5 do 10^9 R. (U ovom slučaju upotrebljavan je LiF Isomet 1 i 2). (gr.3).

S druge strane sejanjem kristala u odredjene frakcije dobija se veća mogućnost detekcije visokih doza (6).

Razume se da izvesne mogućnosti možemo postići i posebnom konstrukcijom uredjaja za čitanje TL odgovora.

Naši rezultati

U ovom radu je ispitivana linearnost prašaka različite proizvodnje i njihova promena osetljivosti posle različitih tretmana regenerisanja.

Naši rezultati uglavnom daju linearnost LiF razl.proizvodnje, merenih na CON-RAD čitaču. do 600-700 R.

Veoma interesantni rezultati su kretanje osetljivosti u zavisnosti od temperature regenerisanja LiF prethodno ozračenog sa 1200 R.(gr 5).

Odgovor je sniman sa vrednošću od 200 R. Dok je odnos S/So dat kao odgovor na 200 R istog praška pre i posle navedenog tretmana.

Iz ovog grafikona vidimo vrlo dinamičnu promenu osetljivosti svih vrsta ispitivanih prašaka do oko 500°C, dok se iznad ove temperature osetljivost bitno ne menja i dobija stalne karakteristike.

Na sledećem (grafiku 4) dajemo naše rezultate za linearnost IV-og pika (na 275°C).

Vidimo da linearnost TL dogovora u oba slučaja prelazi granicu od 1000 R. Ovim rezultatom zajedno sa liter.podacima smatramo da TL dozimetri dobijaju jednu novu dimenziju i to u oblasti visokih doza. Nemamo za sada konkretnijih podataka koji bi potkrepili ili oborili ovu mogućnost.

Zaključak

Posmatrane mogućnosti u oblasti merenja niskih i visokih doza termoluminiscentnim dozimetrima proširuju dosadašnju primenu i daju nove perspektive.

Ovaj rad je preliminarno saopštenje u kome je dato iskustvo na razradi merne tehnike i metode za merenje niskih doza, sa osvrtom i na ekstremno visoke doze.

Pitanje promene osetljivosti Tl materijala i posebni uslovi merenja su prikupljeni i dati.

Summary

Observed possibilities in the field of the low and high doses measurements by thermoluminescent dosimeters enlarge up to now application and give new perspectives.

This paper is a preliminary communication where it was given an experience of the measuring technique and method of the low doses measurement with regard to extremely high doses also.

A question of a change of sensibility of the Tl material and special conditions of the measurements were collected and given.

Literature

1. Cameron et al.: Symposium on solide state and chemical radiation dosimetry in medicine and biology: Vienna, 3-7 October 1966

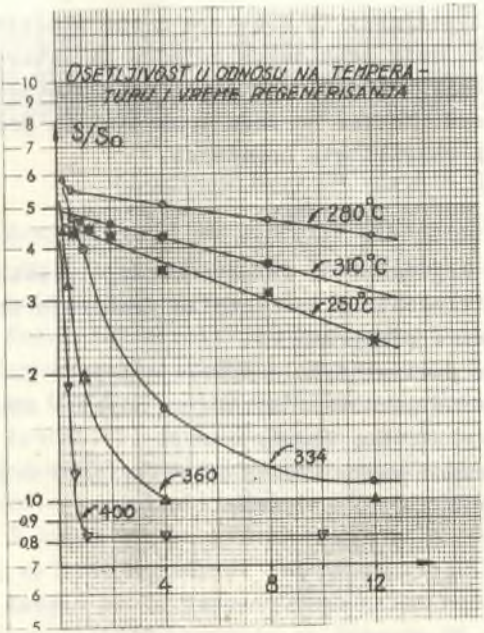
2. Cameron J.R., Zimmerman D.W., Bland R.W. USAEC Rept.COO-1105-102 (1965)

3. Claffy E. W.: USAEC Rept. CONF-650637

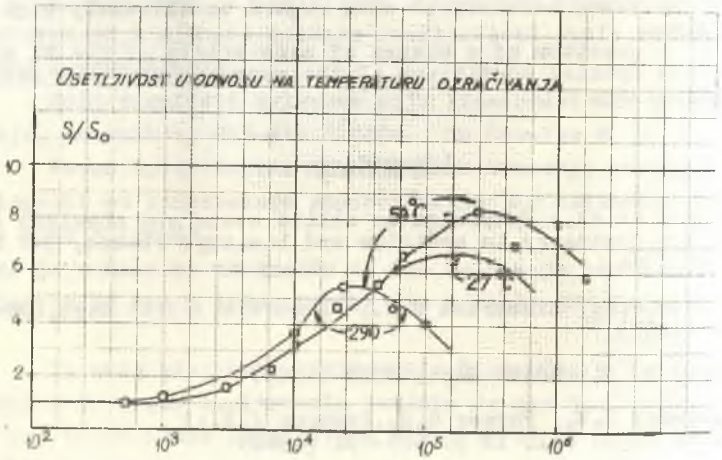
4. Zimmerman D.W., Phyner G.R.,Cameron J.R.: Health Phys. Vol. 12 p. 525-531 (1966)

5. Suntharlingen et al. AEC Report No COO - 1105-106.

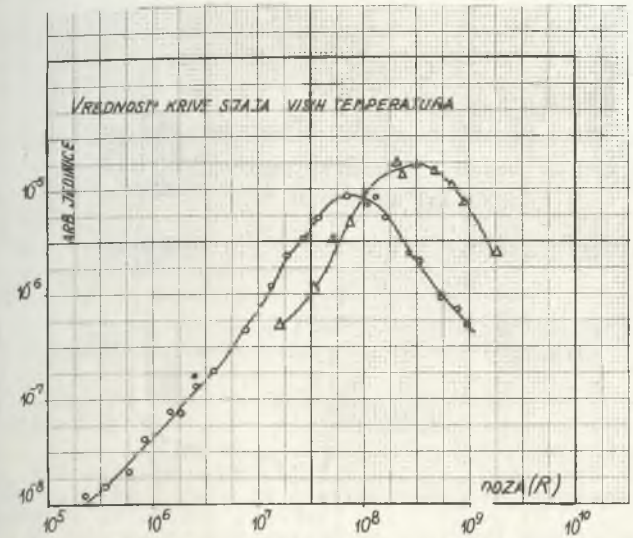
6. Goldstein N., Tochilin E., Miller W. G. Health Phys. Vol. 14, pp 159-162 (1968)

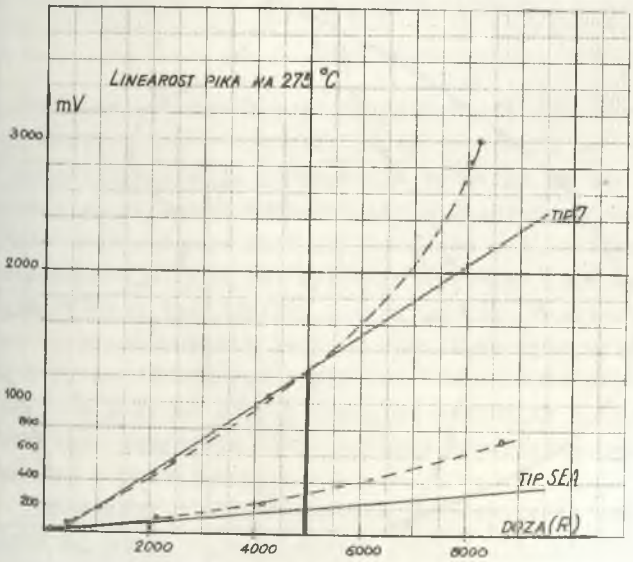


Grafik 1

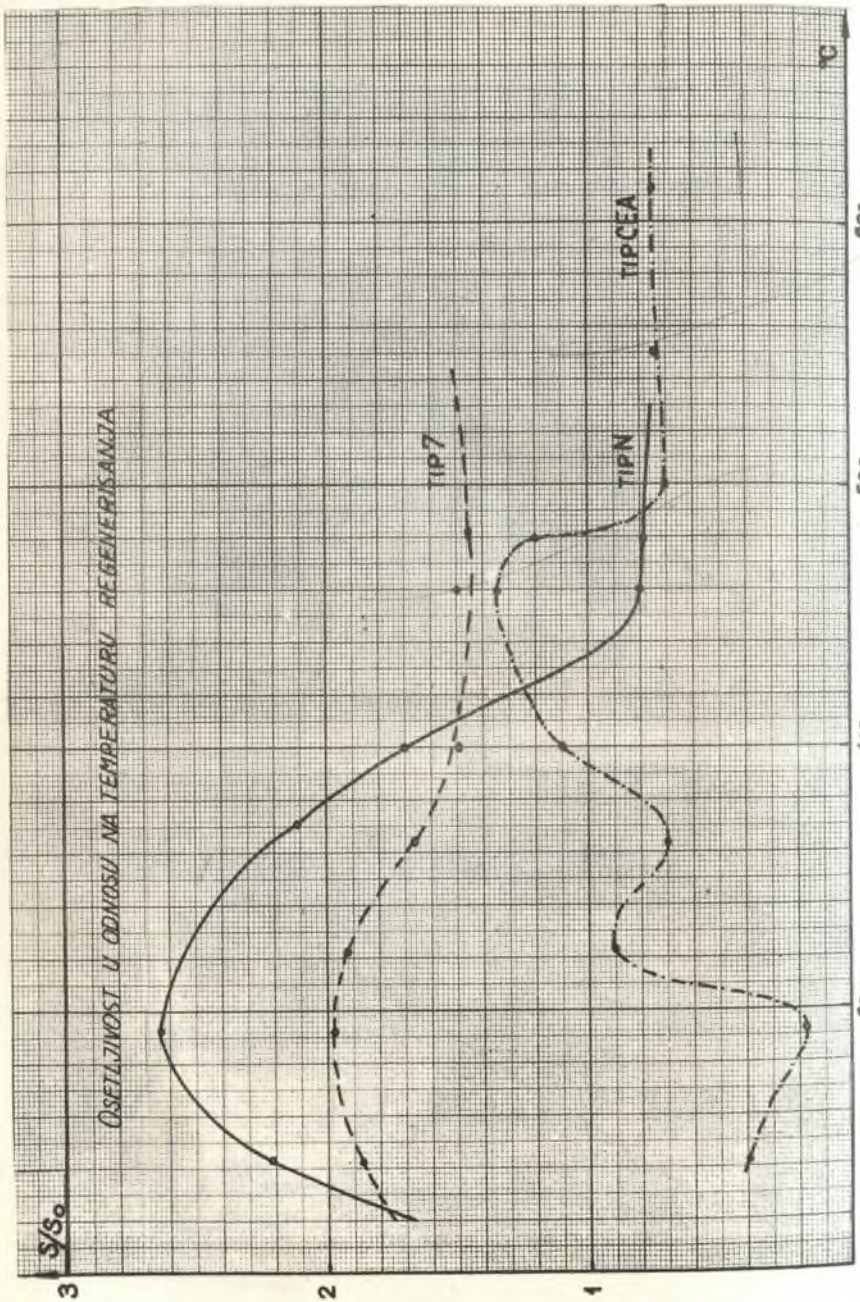


Grafik 2


VREDNOSTI KRIVE SJAJA VISIH TEMPERATURA
ARB. JEDINICE
10^{-5}
10^{-6}
10^{-7}
10^{-8}
DOZA (R)
10^{5}
10^{6}
10^{7}
10^{8}
10^{9}
10^{10}


LINEAROST PIKA NA 275 °C
mV
3000
2000
1000
800
600
400
200
TIP 7
TIP SE1
DOZA (R)
2000
4000
6000
8000

Grafik 4


OSETLJIVOST U ODNOSU NA TEMPERATURU REGENERISANJA
S/S₀
3
2
1
300
400
500
600
°C
TIP7
TIPN
TIPCEA

Grafik 5

PROCENA TELESNOG DEPOA Ra 226 NA OSNOVU MERENJA CELOG TELA (W.B.C.) I PREKO Rn 222 U IZDAHNUTOM VAZDUHU

PETROVIĆ D., JEREMIĆ M., PANOV D., NOVAK Lj., RANKOVIĆ M.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović - Beograd

Rezime

Kod radnika u industriji satova, preciznih instrumenata i drugih, koji rade sa svetlećim bojama, procena interne kontaminacije je složen problem.

U radu se iznose rezultati dobijeni raznim metodama za evaluaciju telesnog opterećenja Ra 226.

Merenja su vršena preko gama - aktivnosti celog tela i preko aktivnosti Rn 222 u izdahnutom vazduhu.

Uvod

Primena svetlećih boja pri izradi fluorescentnih brojčanika na časovnicima u upotrebi je od pre punih pet decenija. Osnovni konstituenti koji sačinjavaju mešavinu za ove svetleće boje sastoje se od nekog radionuklida i fluorescentne supstance, obično, cink sulfida koji pod uticajem radioaktivnosti izaziva fluorescenciju. Kao radioaktivne materije dugo vremena su pretežno korišćeni Radijum-226 i Radijum-228 (Mezotorijum), ali budući da su mnogi radnici koji su radili sa ovim materijama naročito u prvim decenijama posle početka njihove primene, teško oboleli, a neki od njih i umrli od posledica kontaminacije, one se sve više zamenjuju manje opasnim Americijumom-241, Promecijumom-147 i Tricijumom.

Opasnosti od kontaminacije radioaktivnim emiterima u fluorescentnoj smesi nije pridavana ozbiljnija pažnja sve do 1928. godine kada je Dr Martalnd konstatovao u preduzeću za izradu svetležih brojčanika u New Jersey-u 14 smrtnih slučajeva, a kao posledica kontaminacije Radijumom-226 koji se nalazio u

svetlećoj boji za cifarnike. Opterećenje Radijumom kod umrlih radnica iznosilo je 1o-18o mikrograma, odnosno 1oo do 18oo puta veće od maksimalno dopuštenih koncentracija, dok je kod preživelih opterećenje iznosilo 2-1o mikrograma. Medju najčešćim oštećenjima izazvanim dejstvom Radijuma on je naveo nekrozu mandibule, sarkom kosti, hematološke promene u vidu aplastične anemije i dr.

I druga, dalja, posmatranja i iskustva drugih autora potvrdila su ove analize.

Glenn (2) i saradnici navode slučaj žene koja je posle 14 meseci rada sa radijumom i mezotorijumom umrla od raka sfenoidalnog sinusa posle 39 godina.

J. Abatt (3) opisuje smrtni slučaj o leukemije kod jednog hemičara koji je dugi niz godina radio sa većim koncentracijama radijuma i radona i radioaktivnim bojama.

Hurch (4) je 195o godine našao da opterećenje tela kod profesionalno izloženih lica iznosi 1,2 - 1,6 x 10^{-7} gr. Ra 226.

Wenger i Soucas (5) su kod 86 radnika koji su radili sa svetležim bojama u industriji satova u Švajcarskoj, odredjivali opterećenje organizma radijumom putem antropogamametrije i količine radona u izdahnutom vazduhu i konstatovali da je gotovo u svim slučajevima ovo opterećenje iznosilo od o,o1 - 1,o mikrograma Radijuma-226, odnosno od 1/1o doze do doze 1o puta veće od tolerantne.

Zavod za radiološku zaštitu Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" u Beogradu duži niz godina vrši zdravstvenu kontrolu i procenu telesnog opterećenja Radijumom-226 kod lica koja rade sa radioaktivnom svetlećom masom u industriji satova u Beogradu

Metod rada

Problem je bio evaluacija rezultata telesnog depoa Ra 226 preko merenja Rn 222 u izdahnutom vazduhu. Harley i Jetter (6) za eliminisanje Rn 222 iz organizma (klirens) daju petofazni sistem (eksponencijalna funkcija podeljena u 5 faza)

Posle 16 h. od ulaska u atmosferu sa niskom koncentracijom radona, nastupa V faza, tokom koje dolazi do potpunog os-

lobadjanje pluća od atmosferskog radona(za oko 72 h). Ovo bi značilo izolaciju pacijenta u toku 3 dana.

Hickey i Campbell (7) daju matematički model za odredjivanje telesnog depoa Ra 226 preko Rn 222 u udahnutom vazduhu. Ovaj model se zasniva na radovima Harley-a i sar. (6) koji nalazi da u toku jedne faze, predhodno udahnuti radon se oslobadja iz organizma prema eksponencijalnoj jednačini:

$$A/A_0 = e^{-kt}$$

Ao,A = koncentracija radona,
t = vreme od početka disanja,
k = konstanta, koja se ne menja tokom jedne faze.

Na grafiku 1 (I.- sadržan radon od prethodno udahnutog atmosferskog vazduha;
II.- Radon proizveden od telesnog depoa Ra 226,
III.- Koncentracije radona udisanje tokom merenja) su prikazane šematski sve veličine i njihovi nivoi (7).

Koncentracije radona su tokom eksperimenta konstantne, a isto tako i brzina oslobadjanja radona koji potiče od telesnih depoa Ra 226.

Hickey et al. (7) u svom radu napominju da je moguća drugačija granica faza pri nižim - atmosferskim koncentracijama radona.

Radovi na proučavanju oslobadjanja radona iz organizma (6) su radjeni sa koncentracijama od 10^{-8}Ci/l.

U toku naših merenja mi smo se služili sličnim modelom, s tom razlikom što smo merenja vršili 10 min. od početka disanja niskih koncentracija radona.

Na grafikonu 2 je prikazan šematski naš model za oslobadjanje radona iz organizma gde je:
I. Zadržan radon od prethodno udahnutog atmosferskog vazduha,
II. Koncentracije radona udisane tokom merenja,
III. Radon proizveden od telesnog depoa Ra 226.

Koncentracije radona udisane tokom merenja, u našem slučaju bile su relativno visoke, tako da već posle 10 min. od početka disanja se uspostavlja ravnoteža. U ovom slučaju merena vrednost se sastoji iz radona koji potiče od telesnog depoa Ra 226 i radona koji se udiše.

Vennart je (8) ukazao da se u plućima uspostavlja ravnoteža sa niskom koncentracijom radona posle 3 min., što su izvesni autori osporavali.

Metoda rad, kojom su merene količine Rn 222 u izdahnutom vazduhu je data u predhodnom radu.

Uporedna metoda je bila merenje ukupne gama - aktivnosti celog tela sa procenom za telesni depo Ra 226 preko foto pika Ra 226 (17o kev.).

Merenja su vršena u Institutu za nuklearne nauke "Boris Kidrič" na sopstvenom hole body Counter-u (W.B.C.).

Standard je meren preko istog pika, na 5 različitih mesta sa prosečnom efikasnošću od 1,4 %.

Karakterističan grafik jedne neeksponirane i jedne eksponirane osobe dati su na graf. 3 i 4.

Medicinska zapažanja

U toku poslednih nekoliko godina 29 osoba ženskog pola i dve osobe muškog pola, angažovane ranije ili sada na izradi brojčanika pomoću svetleće mase u kojoj je kao radioaktivni konstituens bio Radijum-226, praćeno je putem višekratnog sistematskog pregleda u toku godine.

Posebna pažnja posvećivana je radnoj anamnezi, promenama u krvnoj slici i izmenama u strukturi mandibule.

Od svih ispitivanih radnika hematološki poremećaji konstatovani su kod sedam osoba: tri slučaja anemije ispod 3,5oo.ooo, tri leukopenije ispod 4.ooo i dva slučaja leukocitoze iznad lo.ooo leukocita. Kod jedne radnice konstatovana je anemija sa leukocitozom.

Radiografije mandibule ni kod jednog od ispitivanih radnika nisu pokazale znake patoloških promena.

Analizom uslova rada pokazalo se da se posao obavlja u uslovima znatne kontaminacije radnih površina,alata i radnog odela, pri čemu je dolazilo do višestrukog prekoračivanja maksimalno dopuštenih koncentracija i u takvim uslovima normalno postojala je mogućnost znatne unutrašnje kontaminacije zaposlenih radnika.

Medjutim, kao što su pokazali dosadašnji rezultati višegodišnje medicinske kontrole, značajnije promene zdravstve-

nog stanja zaposlenih radnika za sada nisu zapažene.

Naši rezultati

Na tabeli 1 prikazujemo uporedna merenja preko Rn 222 u izdahnutom vazduhu, metodom koja je ranije saopštena na ovom simpozijumu i metodom (W.B.C.)

Prikazujemo 5 slučajeva;

1) X.M. je dugogodišnji radnik, još od pre rata na ovim poslovima, sa već utvrdjenom ekspozicijom.

2) A.D. i K.M. su sa višegodišnjim stažom, bez karakterističnih medicinskih promena.

3) K.B. i J.M. su radnici, koji su samo povremeno zamenjivali otsutne na ovim poslovima.

U slučajevima A.D. i K.M. postoji veoma značajno odstupanje u rezultatima. Mi smo skloni da damo prednost metodi preko Rn 222 u izdahnutom vazduhu, koja se pokazala osetljivijom, u čemu se slažemo sa zaključkom Vennart-a (8).

Na tabeli 2 prikazujemo merenja telesnog depoa Ra 226 tokom 1966 i 1968 god. Promene su jako individualne i ne postoje nikakve zakonomernosti.

Nismo imali tokom naših merenja ni jedan slučaj velikog prekoračenja MDK koji je preporučen za profesionalno izložena lica.

Zaključak

Posmatrajući ove rezultate, smatramo da metoda kojom smo radili u potpunosti zadovoljava.

Ovom metodom se ne postiže velika tačnost, ali je veoma osetljiva.

Medjutim, slažemo se sa većinom autora, da ni jedno odredjivanje telesnog depoa neće biti kompletno, bez merenja deponovane i izdahnute frakcije Rn 222.

Summary

In conclusion, we can say that the method which we used is quite satisfactory.

With these method is not possible to obtain a preciseness but it is very sensitive.

However, we agree with others authors, that the estimation of the body burden will be not complete without measurements of both the retained and exhaled fractions of Rn 222.

Literature

1. Martland H., Coulon P., Knef J.: (1925) J.A.M.A. 85,1769

2. Glenn A., Gelindo I., Lawrence E., Am: J. Rentg. 83 (1960), 465

3. Abbatt D., Br. J. of Radiology, 1958, p.67

4. Hursh B., Gates A., Nucleonics Hand. 46/1950

5. Wenger P., Soucas K.; Radiolog. Clinic. biol. (1965),34,67

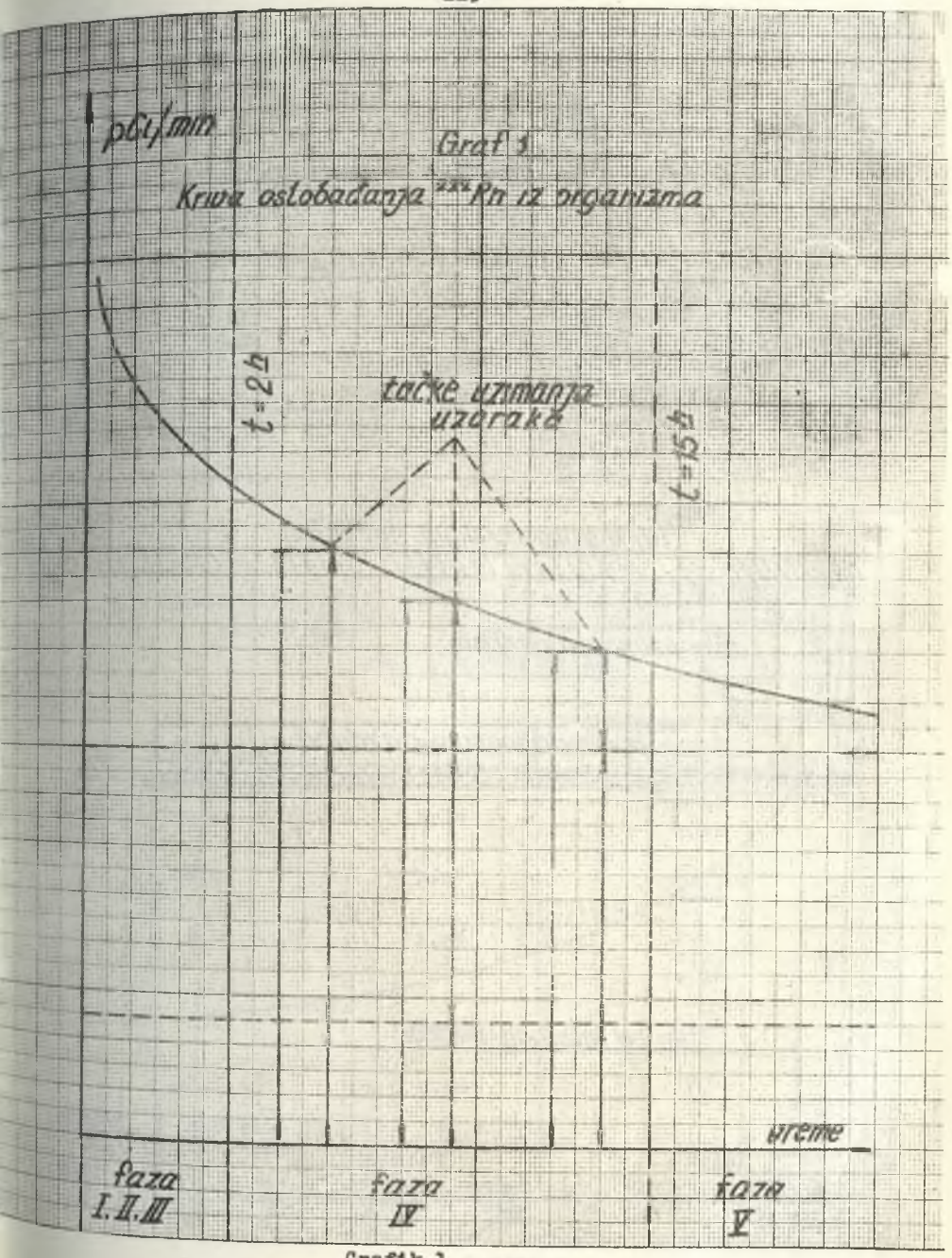
6. Harley J. H., Jetter E. and Nelson N. Elimination of Radon from the Body. Report # 2, Analytical Branch, New York Operations Office, U.S. Atomic Energy Commission, March 22, 1951

7. Hickey J.L.S., Campbell S.D.: Health Phys. Vol 14, p.119-125 (1968)

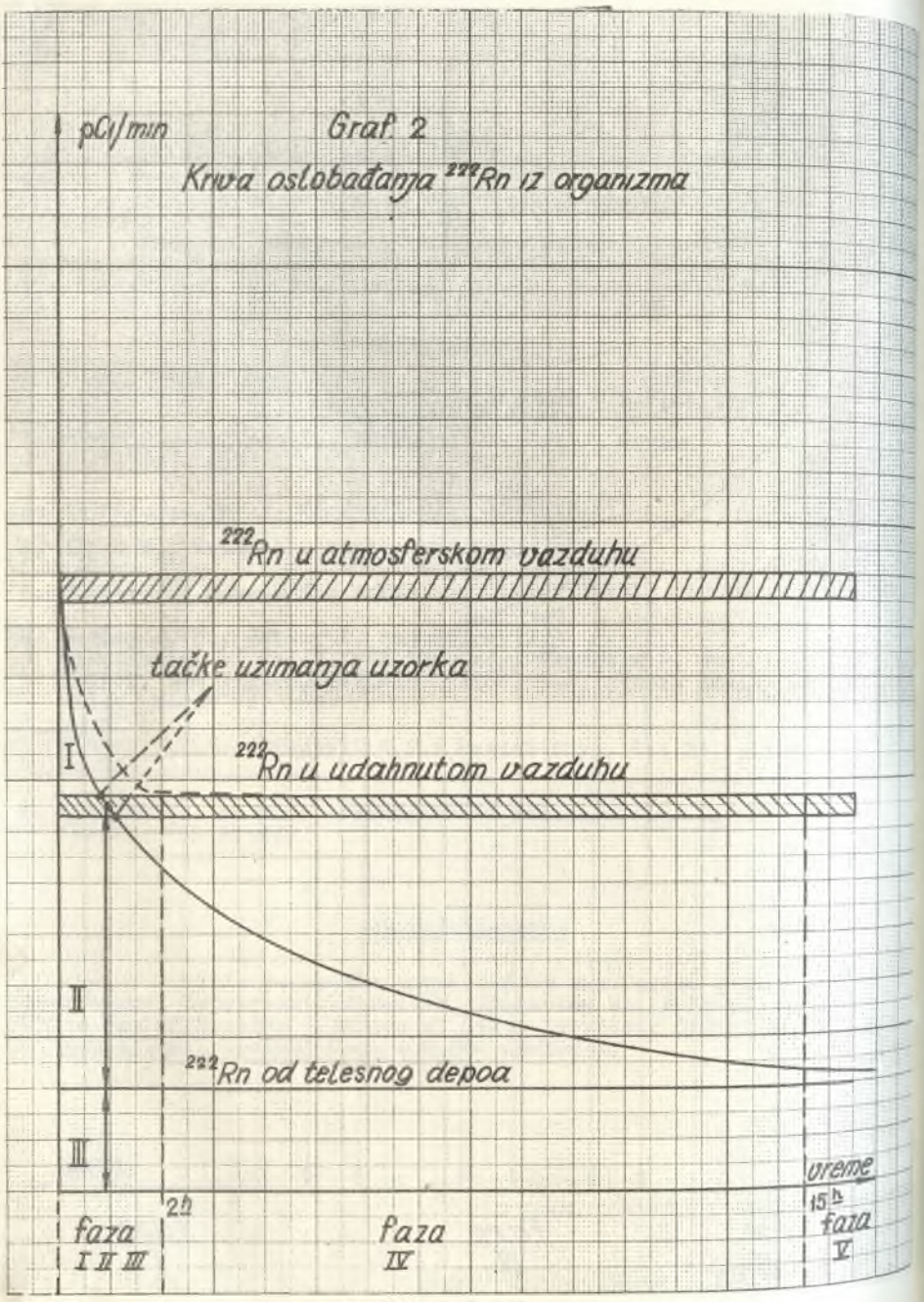
8. Vennart J., et al.: Assessment of radioactivity in Man IAEA, Vienna, Vol 2, 277

Acknowledgements

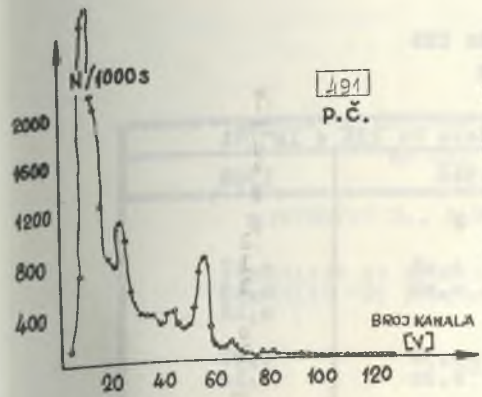
This paper was supported by the United States Governement, Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service - Bureau of State Services, Division of Occupational Health, Contract BSS-OH-YUG-2.


pCi/min
Graf 1
Kriva oslobađanja 222Rn iz organizma
t=2h
tačke uzimanja uzoraka
t=5h
vreme
faza I.II.III
faza IV
faza V

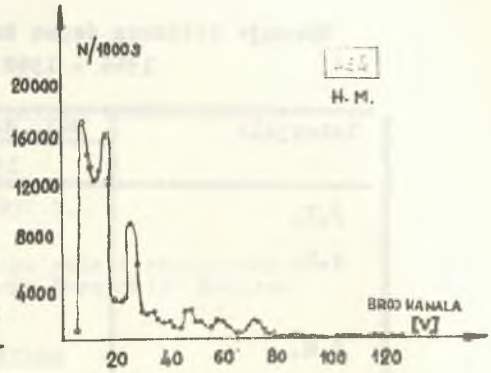
Grafik 1


pCi/min
Graf. 2
Kriva oslobađanja 222Rn iz organizma
222Rn u atmosferskom vazduhu
tačke uzimanja uzorka
I
222Rn u udahnutom vazduhu
II
222Rn od telesnog depoa
III
vreme
2h
15h
faza
I II III
faza
IV
faza
V

Grafik 2



Grafik 3



Grafik 4

TAB. 1

Uporedni rezultati merenja telesnog depoa Ra 226 metoda W.B.C.[1] preko Rn 222 u izdahnutom vazduhu

(dati u 10^{-7}Ci Ra 226)

Inicijali	WBC	Preko Rn 222 u izdahnutom vazduhu
H.M.	1,1o	1,o5 1,11
K.B.	o,o4	o,o6 o,o4
A.D.	o,o4	o,17 o,19 o,16
K.M.	o,o4	o,2o o,19
J.I.	o,o4	Ø
normalna vrednost	o,o2	o,o2

TAB. 2

Merenja telesnog depoa Ra 226
1966 - 1968

Inicijali	Del. depo Ra 226 u 10^{-7}Ci	
	1966	1968
J.I.	ø	ø
A.D.	0,06 0,08	0,17 0,19 0,16
D.M.	0,32 0,20	0,07 0,10
B.K.	0,14 0,12	0,25 0,23
K.M.	0,06 0,06	0,16 0,14
N.D.	- 0,06	0,35 0,36
V.B.	0,03 0,02	0,06 0,05
M.O.	0,08 0,06	0,02 0,02
O.K.	0,06 -	0,09 0,09
B.J.	0,02 -	0,03 0,07

METODA ZA MERENJE NISKIH KONCENTRACIJA Rn 222

PETROVIĆ D., PANOV D.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" Beograd

Rezime

U saopštenju se iznosi princip rada metode za merenje niskih koncentracija Rn 222.

Merenja i metodika su razradjena za procenu telesnog depoa Ra 226, preko koncentracije Rn 222 u izdahnutom vazduhu. Dat je kratak pregled osnovnih parametara metode sa osvrtom na primenu metode kod merenja Rn-a u izdahnutom vazduhu.

Metoda je proverena i odredjena njena greška za koncentracije od 10^{-10} do 10^{-13} Ci/l.

Uvod

U cilju procene telesnog depoa Ra 226 kod radnika u industriji svetlećih brojčanika u toku 1964 i 1965 god. uvedena je metoda odredjivanja niskih koncentracija Rn 222 u izdahnutom vazduhu. Prema preporukama Internacionalne komisije za radiološku zaštitu, maksimalno dozvoljeni telesni depo Ra 226 iznosi o,1 /ug., odnosno 10^{-7} Ci(1). Ova količina Ra 226 deponovana u organizmu davala bi u izdahnutom vazduhu 12,6 pCi/min (2), kako pri mirovanju čovek diše brzinom od 6 l/min (3), ove koncentracije iznosile bi 2,1 pCi/l (apsolutna vrednost).

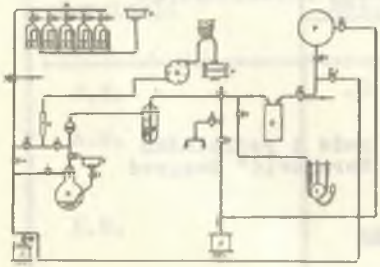
S obzirom na metodu (4) sa granicom osetljivosti od o,5 pCi/l, koja nije odgovarala mi smo razradili metodu za niske koncentracije Rn 222.

Metoda rada

Naša metoda rada je modificirana metoda za mikro-odredjivanje Ra 226(5).

Vazduh u kome se odredjuje količina radona provlači se

kroz aparaturu prikazanoj na šemi 1.



Šema 1. - Aparatura za odredjivanje niskih koncentracija radona.

Šema 2. - Bakarni trap

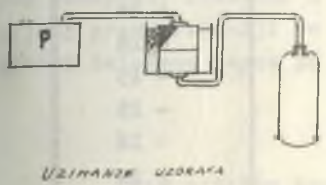
Vazduh ulazi u aparaturu preko adsorbera za vlagu ($CaCl_2$), zatim preko rotametra i adsorbera za CO_2 (Sode line).

Ovako očišćen vazduh odlazi u bakarni trap (šema 2) koji je ohladjen prethodno tečnim azotom (t.k.-195,8°C) u kome se kondenzuje Rn 222 (t.k.-61,8°C i t.t.-110°C). Zatim se bakarni trap zagreva na 20°C i oslobodjeni gasovi se mere balonom scintilatorom,metodom opisanoj od Pradel-a et al. (4).

Pre i posle uzimanja uzorka, cela aparatura se evakuiše do 5 Torr-a (mm/Hg) zbog uklanjanja tragova radona, njegovih potomaka i zbog oslobodjenih kondenzovanih gasova - kiseonika, azota i preostalih količina CO_2.

Metoda je standardizovana standardom Ra 226(2,64. 10^{-10}Ci) i nadjen je prinos od 70%, dok greška na ovom nivou iznosi ± 2%, a na nivou 10^{-11}Ci ± 3%.

Način uzimanja uzoraka izdahnutog vazduha je prikazan na šemi 3.



Šema 3.- Uzimanje uzorka izdahnutog vazduha

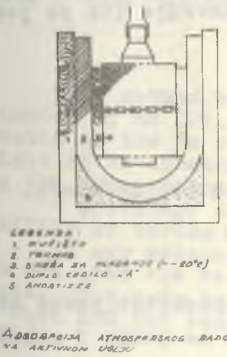
Pacijent diše preko zaštitne maske atmosferski vazduh, provučen kroz sistem cedila od aktivnog uglja, prikazan na šemi 4. "Sistem cedila" se sastoji iz dva zaštitna cedila (proizvodnje Miloje Zakić tip "A") spojeno i stavljeno u Düard-ov sud, hladjena smešom sitnog leda i natrijum hlorida, tehn., do temperatu e od 2o°C. Izdahnuti vazduh je hvaten u poluvinilsku kesu i odmah provlačen kroz aparaturu.

Uzorci su uzimani od 1o l i 2o l i provlačeni kroz aparaturu brzinom od 6o l/h.

Pri gore navedenim uslovima ispitivane su količine radona koje predju kroz cedilo u odnosu na brzinu provlačenja i temperaturu cedila.

Rezultati su dati u tabeli 1.

Š-5



Šema 4.- Sistem cedila od aktivnog uglja

TAB. 1

Koncentracija radona koje prodju kroz cedilo u odnosu na temp. cedile i brzinu provlačenja

pCi/l	l/h	°C
o,o6	6o	- 18
o,o5	6o	- 2o
o,o5	6o	- 15
o,o5	2oo	- 15
o,o5	24o	- 15
o,o8	36o	- 18
o,6o	36o	+ 2s

Za brzine do 24o l/h i temperaturu od - 15 do - 2o°C nema promena u koncentracijama radona.

Za brzinu od 6o l/h i temperature cedilo od - 2o°C, "osnovna aktivnost" cedilo je konstantno i iznosi 0,o46 ± o,oo4 pCi/l (za 18 merenja).

Normalne vrednosti - sadržaj radona u izdahnutom vazduhu neeksponiranih osoba, iznose o,o5o ± o,oo3 pCi/l (za 8 merenja)

Po završenim merenjima izračunavanje ide po jednostavnoj formuli:

$$A = \frac{N_{cor.}}{2,22 . f . F_1 . F_2} \quad (\text{u Ci/l})$$

N_{cor} = korigovana vrednost uzorka data u br.imp/min/l.

A = (pCi/l) radona u izdahnutom vazduhu

2,22 dez/min = 1,pCi

f= 3 - faktor s kojim se deli dobijeni rezultat prema metodi Pradel-a i saradn. (4)(posle 3 h na svaka 3 otkucaja 1 potiče od radona a 2 od potomaka

F_1= o,6 faktor za prinos, efikasnost metode (4) scintilacionih balona

F_2= o,7 prinos ove metode

pa prema tome:

$$A = \frac{N_{cor.}}{2,8} \text{ (u pCi/l)}$$

Ova vrednost, izražena u broju pCi/l zamenjujemo direktno proporcijom, prema relaciji da 12,6 pCi/min, odnosno 2,1 pCi/l iznosi 10^{-7}Ci telesnog depoa Ra 226 (2,6).

Zaključak

Ovom metodom moguća je evaluacija rezultata za telesni depo Ra 226. Njene granice su date vremenom od početka disanja niskih koncentracija radona (u našem slučaju lo min) i visinom koncentracije radona u vazduhu koji pacijent diše za vreme merenja.

Pogodnost metode je njena preciznost i mogućnost uzimanja zapreminski velikih uzoraka.

U našim merenjima, sa uzorkom zapremine lo l izmerena je koncentracija Rn 222 od o,1 pCi/l, što obračunati na telesni depo Ra 226 iznosi 5o puta manju vrednost od maksimalno dozvoljene količine (5.10^{-9}Ci Ra 226).

Summary

This method enables the evaluation of the results for body burden of Ra 226. Its limits were given by time from start of breathe of low Ra concentrations (in our case lo min.) and by height of Ra concentration in air that the patient breathes during the measurements.

A privilege of this method is its preciseness and possibility of taking samples of large volume.

In our measurements, with a sample volume of lo lit. it was measured the Ra concentration of o,1 pCi/l, which accounted upon body burden of Ra 226 amounts 5o times less value than MPC for occupationally exposed persons (5.10^{-9}Ci Ra 226).

Literature

1. Recomendations of the International Commission on Radiological Protection, Report of Committe II, Pargamon Press (1969)

2. Vauuart at al.: Assesment of radioactivity in Man IAEA, Vienna, Vol 2, 277 (1964)

3. Guyton C.A.: Medicinske fiziologije: p.490: Izd. Medicinske knjige Beograd - Zagreb (1963)

4. Pradel J., Fuhnnen - Beniex E., Bull. d'Inform. Scient. et Techn. Fr. No 2, p. 12 (1956) (CENS)

5. Nepublikovane metode Institute u Ročesteru - lično saopštenje

Acknowledgements

This paper was supported by the United States Governement, Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service - Bureau of State Services, Division of Occupational Health, Contract BSS-OH-YUG-2.

REZULTATI UPOREDNOG PRAĆENJA KONCENTRACIJE URANA U RADNOJ ATMOSFERI I U URINU RADNIKA PRI PRERADI URANA

PANTELIĆ LJ., LAZIĆ M. i JEREMIĆ M.

Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina u Beogradu

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" u Beogradu

Rezime

U tehnologiji urana u pojedinim fazama procesa dobijanja uran metala osoblje je izloženo mogućnosti kontaminacije organizma jedinjenjima urana.

U radu se iznose rezultati praćenja odnosa urana u radnoj atmosferi i u urinu eksponovanog osoblja, kao i osvrt na sistematsku kontrolu zdravstvenog stanja ovih radnika.

Ovim ispitivanjima obuhvaćena su 24 lica, a izvršeno je 81 analiza.

Uvod

O problemu toksičnosti urana i njegovih jedinjenja postoji u svetskoj literaturi veliki broj radova. Podaci ukazuju na dvojako dejstvo urana: prvenstveno, njegovo dejstvo na organizam kao teškog metala, a zatim na njegove radiotoksične osobine.

Pri preradi urana i njegovih jedinjenja, kao kontrola stepena izloženosti, prihvaćen je postupak odredjivanja koncentracije urana u urinu. Ovaj postupak nije izraz samo kontrolne individualne zaštite, već služi i kao podatak o uslovima rada. Postoji mišljenje da je kontrola urina, pri postupcima tehnološke prerade urana, daleko bolji pokazatelj stanja industrijske higijene nego odredjivanje krvne slike.

Stav je Quigley-a da treba nastojati da se koncentracije kod izloženih radnika kreću ispod 25 mikrograma na l/l urina. Quigley preporučuje da se u slučaju utvrdjivanja većih koncentracija od 100 i iznad 100 mikrograma urana/ l urina treba radnika ukloniti sa radnog mesta (2). Donja granica pro-

izlučuje fecesom u prvih nekoliko dana. Šestovalentni uran taloži se podjednako u kostima i bubrezima, manje u jetri, a izlučuje se do 5o% urinom, u prvih 24 časa.

Obzirom na činjenicu da se šestovalentni uran u tako visokom procentu izlučuje urinom, praktički je najopravdaniji postupak odredjivanja urana u urinu kada se pretpostavlja mogućnost kontaminacije jedinjenjima šestovalentnog urana.

Rezultati kontrole

Osoblje koje smo kontrolisali tokom 1968.godine pretežno je rukovale sa amonijum diuranatom, rastvorljivim šestovalentnim jedinjenjem urana, koje se, kako je već podvučeno, izlučuje 5o% putem urina u prvih 24 h, te smo u istom odredjivali koncentraciju urana.

Paralelno sa odredjivanjem koncentracija urana u urinu, odredjivali smo i koncentracije urana u vazduhu radnih prostorija. Analize su vršene svaki put kada su radnici rukovali sa jedinjenjima urana.

Broj uzoraka urina po jednom radniku je bio neujednačen jer je odredjivanje urana u urinu zavisilo od učestalosti kontakta radnika sa uranom. Najveći broj odredjivanja je 10 uzoraka kod jednog radnika a zatim u dva slučaja po 9 uzoraka, u tri slučaja 7 uzoraka, u jednom slučaju 6, zatim u jednom slučaju 5 uzoraka, i slede po 4,3,2 i u 11 slučajeva po 1 uzorak.

U svrhu paralelnog praćenja sadržaja urana u urinu kontrolisanih osoba i u vazduhu radnih prostorija uzorci urana iz vazduha uzimani su pomoću "Staplex" aparata sa filtrima TFA 2133. Filtri su spaljivani i količina urana odredjivana je volumetrijskom ili fluorimetrijskom metodom, u zavisnosti od koncentracije urana u vazduhu.

U tabelarnom prikazu rezultata naveli smo opis poslova, vrstu materijala, količine materijala pri radu, kao i rezultate urana u radnoj atmosferi, izražene u mgr/m^3 i urana u urinu, izražene u mikrogramima na liter.

Ukupno je analiziran 81 uzorak urina kod 24 kontrolisana radnika (tabela br.1). Broj analiza sa nalazom urana u urinu iznosio je 8, vrednosti su se kretale od 13 do 29 gama

cene kontaminacije iznosi 5 mikrograma urana/l urina dok se vrednosti niže od ove ne uzimaju u obzir (2).

Cilj našega rada, polazeći od ovih stanovišta, bio je praćenje pojave urana u urinu zavisno od prisustva urana u radnoj atmosferi kod radnika angažovanih na poslovima prerade uranonosnih ruda i soli urana.

Podaci koje komentarišemo u ovom saopštenju rezultat su sistematske kontrole uslova rada u toku 1968.godine pri niže navedenim poslovima.

Postupci za dobijanje i preradu uranskih soli

Pri poslovima pripreme faze rada su bile sledeće:

- uzimanje srednjih probe i uzorkovanje, ručno i na "Jonson" aparatu
- homogenizovanje
- sejanje
- drobljenje; primarno, do krupnoće zrna od nekoliko milimetara i sekundarno do krupnoće zrna od nekoliko mikrona.

Pri tehnološkoj preradi bile su zastupljene sledeće faze:

- ekstrakcija i reekstrakcija, koje su se odvijale prema sledećoj šemi: rastvaranje tehničkog koncentrata amonijum diuranata azotnom kiselinom; filtriranje; ekstrakcija polaznog rastvora; reekstrakcija; taloženje reekstrakta amonijakom; ispiranje i sušenje taloga amonijum diuranata.
- redukcija uranskih rastvora u autoklavu gde dolazi do redukovanja amonijum diuranata do uran dioksida uz prisustvo nikla kao katalizatora.

U ovim fazama rada gde dolazi do stvaranja prašine, kao što je slučaj u pripremi rudnih uzoraka ili rada sa sprašenim materijalom (u tehnološkoj preradi, postupci odmeravanja, rastvaranja i sušenja uranskih koncentrata) dolazi do slabijeg ili jačeg zagadjenja, a samim tim stvaraju se uslovi za koncentraciju putem respiratornog sistema.

Iz literature je poznato (3) da se četvorovalentni uran taloži najviše u jetri, znatno manje u kostima i bubrezima, a izlučuje se u prvih 24 časa urinom, dok se izvestan procenat

urana po litri urina.
Svih 8 kontaminacija detektovano je pri sledećim tehnološkim postupcima: redukcija uranskih rastvora (1 slučaj), ekstrakcija uranskog rastvora (1 slučaj). U oba ova slučaja nadjene vrednosti urana u urinu iznosile su 13 gama urana na 1 urina, a vrednosti urana u radnoj okolini nisu prelazile MDK. Pretpostavlja se da je do kontaminacije došlo pri rukovanju sprašenim materijalom u fazi sušenja. Uzorci vazduha uzimani su u sredini radne prostorije, a može se pretpostaviti da su pored izvora gde su se radnici nalazili vrednosti u vazduhu prelazile dozvoljenu dozu.

Pri redukciji uranskih rastvora (skidanje UO_2 sa katalizatorom) utvrdjen je jedan slučaj kontaminacije od 18 gama urana nal litar urina i istovremenim prekoračenjem MDK u radnoj okolini ($6x10^{-4}$ gr U/m^3vazduha).

Pri postupku mešanja amonijum diuranata u avanu utvrdeno je 5 kontaminacija (od 16 do 29 gama urana/l urina) sa istovremenim prekoračenjem MDK u radnoj okolini ($1,4x10^{-4}$ gr urana/m^3 vazduha).

Pri pripremi rudnih uzoraka nije putem urina detektovan ni jedan slučaj kontaminacije i ako je u 5 slučajeva konstatovano prekoračenje MDK za uran u radnoj okolini. Pri postupcima drobljenja i sejanja vrednosti u radnoj okolini iznosile su $5,1 \times 10^{-4}$gr urana/m^3, pri rajbovanju i sejanju uranskog taloga nalaz je bio $3,28 \times 10^{-4}$ gr urana/m^3 i u jednom slučaju primarnog i sekundarnog drobljenja uranske rude koncentracija je iznosila $5,97 \times 10^{-5}$ gr urana/m^3.

Analiziranje slučajeva nastalih kontaminacija pokazalo je da radnici nisu adekvatno koristili postojeće boksove i zaštitnu opremu, čime je nastajanje kontaminacije bilo olakšano.

Podatak da i pored prekoračenja maksimalno dozvoljenih koncentracija, u pripremi rudnih uzoraka nije konstatovan nijedan slučaj kontaminacije putem odredjivanja urana u urinu ukazuje na adekvatno pridržavanje propisa iz oblasti zaštite i korišćenje propisanih sredstava lične i opšte zaštite.

Kontrola zdravstvenog stanja radnika

U slučajevima gde smo konstatovali kontaminaciju odredjivali smo posle 24 časa u novim uzorcima koncentraciju urana

u urinu. U većini slučajeva koncentracije su bile ispod 5o% od prethodno nadjenih vrednosti.

U jednom slučaju kod koncentracije od 29 gama urana/l urina vrednost posle 24 sata iznosila je 28 gama urana/l, kroz 3 dana 16 gama urana/l urina. Ovde se pretpostavlja da je usled neuklanjanja radnika sa radnog mesta (jer se radilo o relativno niskim vrednostima) i nepromenjenih uslova rada dolazilo najverovatnije do ponovnih kontaminacija.

Zaključak

U cilju praćenja pojave urana u urinu u zavisnosti od prisustva urana u radnoj atmosferi izvršili smo kod 24 radnika, angažovana na poslovima prerade uranonosnih ruda i soli urana, 81 analizu urana u urinu i odgovarajući broj analiza koncentracija urana u radnoj atmosferi.

U 8 slučajeva konstatovano je prisustvo urana u urinu u koncentracijama od 13-29 mikrograma urana /l urina.

U 6 slučajeva kontaminacije konstatovano je prekoračenje MDK za uran u radnoj atmosferi, dok u 2 slučaja kontaminacije nije konstatovano prekoračenje MDK.

Analizom dobijenih podataka utvrdjeno je da je do kontaminacije dolazilo na mestima na kojima nije pravilno korišćena propisana zaštitna oprema, a da na radnim mestima gde je ova oprema adekvatno korišćena do kontaminacije nije dolazilo i kada su koncentracije urana prekoračivale MDK, čime se potvrdjuje zavisnost pojave urana u urinu od korišćenja zaštitne opreme.

Summary

In the different phases of the production of uranium metal, workers are exposed to the possibility of contamination by uranium compounds.

In this paper the results of the study of uranium concentrations in the working atmosphere and in the urine of workers are presented, as well as data concerning sistematic health control of these workers.

During this investigation 24 persons have been examined and 81 analysis have been done.

TAB. 1

Broj uzorka	Opis poslova	Vrste materijala	Količina	Rezultati	
				U u radnoj atmosferi g/m^3	uran u urinu /ugr/l
1.	Ekstrakcija uranskih rastvora	U-rastvor	-	$5,2x10^{-6}$	13
2.	Redukcija uranskih rastvora u autoklavu	Rastvor sa 5-3o gr U/l	3 l	Ø-$5,2x10^{-7}$	13
3.	Redukcija uranskih rastvora, skidanje UO_2 sa katalizatorom	UO_2 i $(NH_4)_2U_2O_7$	3o g 6o g	$6x10^{-4}$!	18
4.	Drobljenje i sejanje	Uranska ruda	2oo kg	$5,1x10^{-4}$!	Ø
5.	"	"	"	$5,1x10^{-4}$!	Ø
6.	"	"	"	$5,1x10^{-4}$!	Ø
7.	Mešanje u avanu	$(NH_4)_2U_2O_7$	25ogr	$1,4x10^{-4}$!	29
8.	"	"	"	$1,4x10^{-4}$!	28
9.	"	"	"	$1,4x10^{-4}$!	26
1o.	Rajbovanje i sejanje	Uranski talog	1oo gr	$3,28x10^{-4}$!	Ø
11.	Mešanje u avanu	$(NH_4)\ U_2O_7$	25ogr	$1,4x10^{-4}$!	16
12.	"	"	"	$1,4x10^{-4}$!	19
13.	"	"	"	$1,4x10^{-4}$!	Ø
14.	Primarno i sekundarno drobljenje	Uranska ruda	92 kg	$5,97x10^{-5}$!	Ø

Napomena: Rastvoran uran u atmosferi MDK - $5,00x10^{-5}$ g/m^3
Nerastvoran uran u atmosferi MDK - $2,5ox10^{-4}$ g/m^3

Literatura

1. Quigley J. Surveillance medicale des travailleurs exposes aux radiations ionisantes
Actes officiels du Symposium International tenu à Stress-a Ispra (Italie) du 2 an 5 mai 1961., 93 (1963) Euratom, Varese

2. Graham T., Actes officiels du Simposium International, 94 (1963), Euratom, Varese

3. Andreeva S., Gigiena truda pri rabote s uranom i ego soedineniami, 18 (196o), MEDGIZ, Moskva

4. Rodden J. Analytical Chemistry of the Manhattan Project, 122 (195o) Mc Graw-Hill Book Company, inc.,New-York.

Kubović M., Jakaša Đ., Bistrović M.

ZAVOD ZA KLINIČKU ONKOLOGIJU I RADIOTERAPIJU KLINIČKOG BOLNIČKOG CENTRA, ZAGREB i BOLNICE ZA PLUĆNE BOLESTI "JORDANOVAC" ZAGREB

OŠTEĆENJA PLUĆNOG PARENHIMA IZA PRIMJENE POSTOPERATIVNE TELEKOBALT TERAPIJE KOD KARCINOMA MAME

Kod primjene ionizantne terapije na odredjeni maligni proces često dolazi i do oštećenja tkiva odnosno organa koji se nalaze u snopu ionizantnih zraka (1).

Na oštećenje plućnog parenhima iza primjene ionizantne terapije na maligni tumor u predjelu prsnog koša već su 1922. godine upozorili Groover i sar. (2). Iza toga nailazimo na više opširnijih publikacija u kojima se nastoji ta problematika što bolje upoznati, kako prcko eksperimentalnih radova na životinjama tako i pomoću kliničkih i laboratorijskih pretraga (2, 3, 4, 5, 9, 12).

Oštećenja pluća koja su opisali spomenuti autori mogu se prema vremenu kad se javljaju svrstati u dvije grupe.

U prvu grupu ubrajamo promjene koje nastaju par sati do nekoliko dana iza ionizantne terapije. Drugu grupu predstavljaju promjene plućnog tkiva koja nastaju nakon nekoliko sedmica odnosno mjeseci iza završetka radioterapije.

Kao najranije promjene pluća, svi autori prikazuju napetost i dilataciju plućnih kapilara (5, 9).

Te se promjene usporedjuju s ranim radijacijskim eritemom kože.

Nakon napetosti i dilatacije kapilara javlja se edem stijenki alveola.

U to vrijeme zapaža se povećani broj makrofaga i poremetnja propusnosti kapilarnih stijenki. Iza toga slijedi pojava bjelančevinastog eksudata u alveolama, a ubrzo se u alveolarnom eksudatu izdiferencira hijalina membrana. Isto tako u to vrijeme je anaplazija epitela bronha i alveola (5, 9).

Za promjene druge grupe svojstveno je bujanje kolagenih vlakana i stvaranje fibrinoznih tračaka koji sve više indduriraju alveolarna septa, perivaskularna područja, a i ostale dije-

love plućnog tkiva. Te promjene opisane su pod pojmom radijacijskog pneumonitisa.

Rane promjene na plućima iza ionizantne terapije nalikuju na sliku virusne pneumonije kod koje su naglašene promjene u plućnom intersticiju. Ove promjene pokušali su neki autori obrazložiti mehanizmom Eppinger-Rössleove serozne upale odnosno Schürmann-Mac Mahonove dizorije (9).

Superinfekcija utječe na tok i razvitak kasnijih promjena pluća.

Teži slučajevi radiopneumonitisa završavaju pod slikom alveolo-kapilarnog bloka (Hamman-Rich), dok većina slučajeva ostaje u fazi djelomične fibrozne induracije plućnog parenhima (14).

U našem referatu iznosimo rezultate praćenja plućnih promjena registriranih kod bolesnica s kacinomom mame koje su iza radikalne operacije primale postoperativnu TCT. Oštećenja plućnog parenhima zapazili smo kod 11,2% bolesnica liječenih na našem Zavodu 1967/68 god. (31 bolesnica).

Postoperativnu TCT-terapiju primjenjivali smo preko tri kožna polja: sternalnog veličine 7x14 cm, aksilarnog 10x10 cm i supraklavikularnog 10x12 cm.

Položaj kožnih polja i njihov odnos prema plućnom parenhimu prikazan je na sl.1.

Na svako kožno polje aplicirali smo ekspozicionu dnevnu dozu od 300 r.

Ukupna ekspoziciona doza iznosila je po polju 4200 r. Jedan dan smo obasjavali samo jedno kožno polje, a drugi dan ostala dva kožna polja. Tako smo to ponavljali kroz dvadeset i osam dana.

Naša telegama aparatura je Jupiter Junior V Barazzetti. Obasjavali smo s udaljenošću od 60 cm od izvora do kože bolesnice.

Na gamagramima koje smo snimili za sva tri kožna polja vidi se koliko su pluća izvrgnuta direktnom snopu gama zraka kod aplikacije TCT na svako pojedino kožno polje (sl.2, 3, 4).

Na sl.5 prikazali smo moguću dozu u tkivu pluća za svako pojedino kožno polje. Naglašavamo da je veličina doze ovisila i

o pojedinačnom namještenju kao i o ekskurziji pluća za vrijeme primjene TCT.

Vidimo da se doza u dijelovima pluća koji su u snopu gama zraka kreće do 5o% od ukupne ekspozicione doze po kožnom polju.

Na kontrolnim pregledima prema izjavama naših bolesnica saznali smo da je 4,5% od njih obolio od bronhopneumonije u razdoblju iza TCT-a.

Strani autori opisuju znatno veći broj bolesnica koje obole od bronhopneumonije iza radioterapije kod karcinoma mame.

Mi smo pratili oštećenja pluća koja su se razvila u razdoblju iza završetka TCT-e.

Kroz to vrijeme registrirali smo i vrijednosti funkcije pluća, te plinske analize krvi.

Radi bolje ilustracije iznosimo dva slučaja iz ove grupe (31) bolesnica i jedan slučaj koji je primio postoperativnu rtg. terapiju.

(Slučaj 2). Bolesnica je radikalno operirana u V mjesecu 1967.g. radi karcinoma l.mame, a iza toga je primila postoperativno TCT. Odmah iza TCT javlja se infiltrat l.infraklavikularno (sl.6).

Pacijentica je bila pod stalnom kontrolom od 15 dana. Eksudat je nakon šest tjedana nestao a ostale su residue u formi fibroznih ožiljaka. Taj nalaz se je zadržao sve do danas (sl.7). Spirografske vrijednosti plućne ventilacije su na donjoj razini.

Volumen minutne ventilacije (v.m.v.) 6ooo ml, vitalni kapacitet (v.k.) 27oo ml, maksimalni minutni volumen (m.m.v.) 57ooo ml., rezerva ventilacije 1:9,5 $\left(\frac{\text{v.m.v.}}{\text{m.m.v.}}\right)$.

Plinska analiza krvi kod iste pacijentice na zadnjem kontrolnom pregledu bila je slijedeća:

O_2 - kapacitet u vol.% 17,84

O_2 - saturacija u % 93

CO_2 u vol.% plazme 59,98, pH (krvi) % 7,4o, a pH plazme 7,46.

Bolesnica br.35 je primila postoperativnu rtg terapiju. Taj slučaj nije ubrojen u spomenutih 31 bolesnica koje su pri-

male TCT. Iznosimo ga da prikažemo važnost detaljne rentgenološke obrade na kontrolnim pregledima.

Pacijentica je operirana 1959.g., a iza toga primala rtg.terapiju. Kontrolni statusi su bili uredni. Kod nje su se redovno radile sumacione rtg snimke pluća u mjestu stanovanja. Tek prošle godine primili smo je na Zavod radi detaljnije kontrolne obrade jer se tužila na poteškoće kod disanja. Sum.rtg snimka i tada nije pokazivala veća odstupanja (sl.8), dok tomogrami pokazuju fibrozne promjene l.pluća (sl.9).

Funkcionalno su postojale smetnje ventilacije srednjeg stupnja restriktivnog tipa, ali ventilacija u mirovanju još je ekonomična (v.m.v. 4800 ml, v.k. 1600 m., m.m.v. 55000, rezerva ventilacije 1:11,4).

(Slučaj 9). Bolesnica je operirana u XI mj.1967.g. radi karcinoma desne mame, a zatim slijedi TCT. Odmah iza završetka TCT kod bolesnice ustanovljene su na sumacionoj rtg snimci promjene u smislu infiltrata d.retraklavikularno (sl.10).

Opisana promjena pluća d.retroklavikularno može imitirati specifični infiltrat (s obzirom na lokalizaciju) ili virusnu pneumoniju.

Na kontrolnim rtg snimcima do danas opisane promjene su se i dalje zadržale (sl.11).

U ovom slučaju ventilacione vrijednosti su bile u granicama normale osim m.m.v. koji je smanjen za oko 30%.

Kod svih promatranih bolesnica učinjena je i bronhoskopija koja je kod svih slučajeva pokazala uredni nalaz, a aspiracioni sekret bronha istražili smo na maligne stanice i BK.

U nijednom slučaju nalaz nije bio pozitivan kako u smislu BK tako i u smislu nalaza malignih stanica.

Kod dvadeset i pet naših bolesnica primijenili smo terapiju kortikosteroidima. Samo kod osam od njih pokazali su se oni efikasni (naš 1.slučaj).

Hepatogram, krvne slike i elektroforeze krvnih bjelančevina nisu ni kod jednog slučaja pokazivali znatnija odstupanja od normalnih vrijednosti.

Z a k l j u č a k

Kod 11,5% bolesnica s karcinomom dojke koje su tokom 1967-68.god. primale postoperativno TCT razvila su se plućna oštećenja. Radilo se o promjenama pluća u vidu infiltrata odn. fibrioznih tračaka. Sekundarna infekcija vrši vidan utjecaj na kasniji tok i jačinu tih promjena.

Za registraciju promjena potrebno je sumacionu rtg snimku pluća nadopuniti tomogramima. Nalazi spirometrije kao i plinske analize krvi kod ovih bolesnica nisu pokazivali znatnija odstupanja od normalnih vrijednosti.

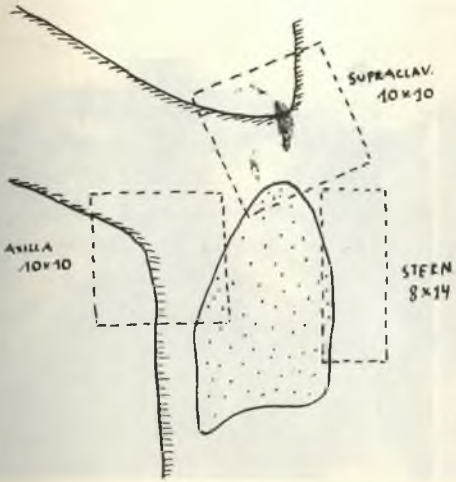
S u m m a r y

With 11,5% patient women with ca mammae who in the course of 1967-68 received the post op.TCT pulmonary injuries were stated. The pulmonary changes had a form of infiltrations or fibrous indurations. Secondary infections had an obvious influence on the later developpement and the strength of these changes.

It is necessary, for the registration of changes, to complete the sum. x-ray picture of lungs by tomogrammes. The spyrometrical findings as well as the gas analysis of the blood with the mentioned patients did not show any important divergences from the normal values.

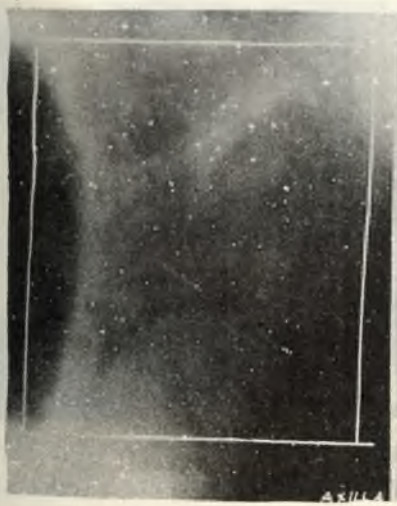
L i t e r a t u r a

1. Hellriegel W.: Strahlenth 1oo/1 (1956), 153. - 2. Groover F.A., Cristie A.C., Merritt E.A.: South M.Y.15 (1922) : 44o. - 3. Desjardins A.U.: Amer.J.Roent. 16 (1926) : 444. - 4. Warren S., Gates O.: Arch.Path. 3o (194o) : 44o. - 5. Warren S.: Arch. Path. 34 (1942) : 917. - 6. Golden A.: Arch.Path.38 (1944) : 187. - 7. Ellinger F.: Schweiz.med.Wschr. 81 (1951) : 61. - 8. Cottier H.: Strahlenth. 1oo/3 (1956) : 385. - 9. Henzi H.: Strahlenth. 1oo/2 (1956) : 275. - 1o. Borić-Matovinović D. Usmeno saopćenje Zagreb, 1969. - 11. Eppinger H.: Die seröse Entzündung, Wien 1935. - 12. Kubović M.: Ionizantna terapija ca bronchi - Habil.radnja Zagreb, 1966. - 13. Schürmann P., Mac Mahon H.E.: Virh.Arch.Pat.Anat. 291 (1933) 47. - 14. Kubović M.: Ionizantna terapija raka pluća Z.L.H. Zagreb, 1967.

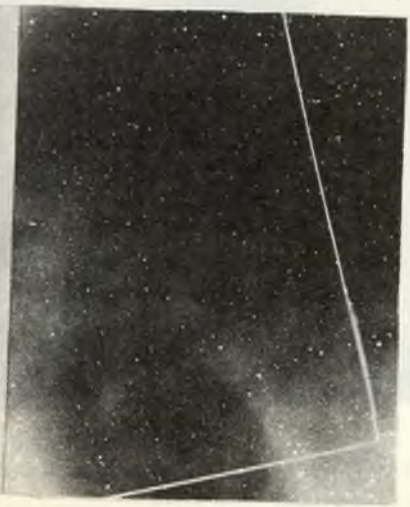


Sl.1 Položaj kožnih polja TCT-e kod karcinoma mame

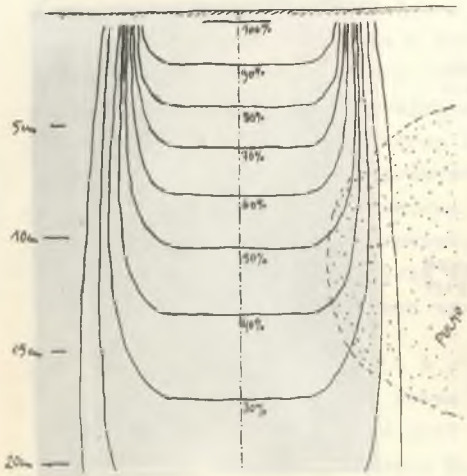
Sl.2 Kobaltogram sternalnog kožnog polja



Sl.3 Kobaltogram aksilarnog kožnog polja



Sl. 4 Kobaltogram supraklavikularnog kožnog polja



Sl.5 Doza koju prime pojedini dijelovi plućnog parenh. od ukup. exp.doze pojedinog kož.polja kod postop.TCT-e karc.dojke

Sl.6 Sumaciona rtg snimka kod sl.br.2 učinjena odmah iza TCT. Vidi se infiltrat l.infraklavikularno

Sl. 7 Sumaciona rtg snimka kod iste

Sl.8 Sumaciona rtg snimka sl.

Sl.9 Tomogrami kod iste bolesnice gdje se vide fibrozne promjene l.pluća

Sl.1o Sumaciona rtg snimka bolesnice br.9 neposredno iza TCT. Nadje se infiltrat d.retroklavikularno

Sl.11 Nedavno učinjeni tomogrami kod iste bolesnice pokazuju da su se opisane promjene d.retroklavikularno zadržale

BRAHITERAPIJA SA RADIJUMOM ; PROBLEMI RADIOLOŠKE ZAŠTITE I MOGUĆNOST ZAMENE RADIJUMA SA RADIOAKTIVNIM KOBALTOM /Co-60/

VUJNIĆ V.,MERKAŠ Z.
RADIOLOŠKI INSTITUT MEDICINSKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Primena radijuma u lečenju malignih oboljenja obavlja se već dugi niz godina. Fokusi sa radijumom aplikuju se površinski, intersticijalno i intrakavitarno a zajednički naziv ove metodologije jeste brahiterapija.
U fokusima se radijum nalazi u vidu praha radijum sulfata /$RaSO_4$/. Intenzivna upotreba fokusa dovodi do njihovog oštećenja, dolazi do ispuštanja radona a nisu retki ni slučajevi pŕskanja fokusa i rasturanja $RaSO_4$. Posledice su veoma ozbiljne kontaminacije osoblja, bolničkih odeljenja i uredjaja.
Jedina alternativa je zamena radijumskih fokusa sa fokusima koji sadrže radioaktivni kobalt /Co-60/ ili neki drugi radioaktivni izotop.
U radu se detaljnije govori o problemima radiološke zaštite kod primene radijuma, daje se opis fokusa sa Co-60 i diskutuje se aktuelnost zamene radijuma, a putem jedne koordinirane akcije stručnih udruženja.

Brahiterapija sa radijumom

Uspešno tretiranje malignih lezija u velikom broju slučajeva moguće je samo ako se neposredno u tumor postave mali zatvoreni radioaktivni izvori - fokusi. U ove svrhe sve do 50-tih godina koristio se isključivo radijum. Fokusi su bili konstruisani u vidu igala i tuba načinjenih od legure platine sa iridijumom, a radijum u njima bio je u vidu praha radijum sulfata /$RaSO_4$/. Da bi se ovakvi fokusi mogli uspešno koristiti u radioterapiji potrebno je imati više vrsta igala i tuba, koje se razlikuju medjusobno po aktivnoj dužini, totalnoj dužini,specifičnom linearnom kao i totalnom aktivitetu, po debljini filtracije itd. /1,2,3,4,/.

Ukupni aktivitet koji je neki radioterapiski centar morao da ima da bi uspešno obavljao ovakvu vrstu terapije, iznosio je oko jedan gram radijuma,koji se čuvao u nekom manje ili više pogodnom

spremištu.

Sl. 1. Spremište za radijumske fokuse na Radiološkom institutu u Beogradu.

"Kućni red" u takvome spremištu je obično dosta strog. Fokusa nikada nije manje od 100 do 200 i oni se često prebrojavaju. Gubitak jednoga od njih, obzirom na radiotoksičnost radijuma i mogućnost dospevanja u ruke nestručnih lica, imao bi dimenzije prave katastrofe.

Da bi fokusi mogli i se aplikuju oni moraju da prodju kroz čitav niz pripremnih radova: vadjenje iz spremišta, vezivanje konaca, sterilizacija, itd.Sterilni fokusi se aplikuju bilo direktnim ubadanjem u tkivo tumora,bilo postavljanjem na površinu tela pomoću pogodne mulaže, bilo stavljanjem u telesne šupljine - što je poznato pod nazivom intersticijalna, površinska i intrakavitarna brahiterapija /5,6/. Po završetku aplikacije foksui ponovo prolaze kroz čitav niz operacija da bi na kraju ponovo dospeli u spremište.

Broj aplikacija sa tako osetljivim iglama i tubama može da se ponovi 100, 200 pa i više puta godišnje, što zavisi od broja bolesnika.

Sa gledišta radiološke zaštite prave se kapitalne greške, ali ne radi neznanja ili nedostatka organizacije i potrebnih pomagala već jednostavno što je za dugo izgledalo nemoguće drugačije raditi, a bolesnici se moraju lečiti. Ovde treba istaći da je od svih lica profesionalno izloženih zračenju, osoblje iz radioterapiskih ustanova gde se primenjuju metode brahiterapije očito u najnepovoljnijoj situaciji.

Stalno prisutne opasnosti su brojne i spomenućemo najglavnije:

1/. Usled čestoga hvatanja fokusa sa pincetama dolazi do njihovog oštećivanja,pojavljuju se na njima mikro pukotine kroz koje počinje da izlazi radon.Npr.,na Radiološkom institutu je tokom poslednjih godina u više navrata proveravan deo radijumskog stoka testom na radon i nadjeno je da od 314 proverenih fokusa ukupne aktivnosti 1487 mgr Ra, njih 70 sa ukupnom aktivnošću od 346 mgr Ra ispušta Rn! Ovi neispravni fokusi su morali biti povučeni iz upotrebe i zatopljeni sa parafinom.

2/. Kod starih fokusa koji su bili u intenzivnoj upotrebi može da dodje i do spontanog prskanja,što se dešava prilikom sterilizacije zbog porasta pritiska nagomilanih gasova. Ovakvi slučajevi su opisani u literaturi a u našoj zemlji ih nije bilo /7/.

3/. Moguće je i mehaničko lomljenje fokusa prilikom neopreznog rukovanja. Ovakav slučaj se je desio kod nas u Ljubljani, došlo je do prosipanja prha $RaSO_4$ a o teškim posledicama tog akcidenta u više navrata smo bili obaveštavani./8/.

4/. Metode koje se primenjuju neminovno rezultuju u povećanim dozama zračenja na osoblje. Na Radiološkom institutu skoro svake godine bilo je više slučajeva prekomernog ozračivanja - preko 5 rem godišnje, a znatan broj lica primao je preko 3 rem godišnje.

Zamena radijuma sa radioaktivnim kobaltom /Co-60/

Iz svega gore iznetog vidi se da je došao poslednji trenutak za organizovanu akciju koja bi poboljšala postojeće stanje. Koliko je problem aktuelan najbolje pokazuje i činjenica da su Medjunarodna agencija za atomsku energiju i Svetska zdrastvena organizacija organizovale više seminara posvećenih brahiterapiji./ MAAE je u vezi sa ovim publikovala i odličnu monografiju, koja sadrži skoro 400 referenci! Kod nas na ovome polju nije uradjeno ništa organizovano, ali su pojedine institucije uspešno počele rešavati probleme zamene radijumasa veštačkim radioizotopim

Najakutniji problem brahiterapije jeste intrakavitarna terapija carcinoma colli uteri. Na radiološkom institutu od oko 4500 bolesnika koji se svake godine leče uz pomoć raznih radioterapiskih metoda, oko 600 do 700 njih ima Ca colli uteri. Ova cifra stavlja Radiološki institut u red izuzetnih ustanova te vrste u svetu. Do 1964 godine u intrakavitarnoj terapiji koristio se je isključivo radijum, a u aprilu mesecu 1964 godine radijum je u potpunosti zamenjen fokusima koji sadrže radioaktivni kobalt /Co-60/,/10,1. To je bilo moguće zbog činjenice da gama zračenja radijuma i kobalta imaju isto radiobiološko dejstvo. Uvodjenjem kobaltnih fokusa izbegnute su opasnosti komtaminacije radijumom odnosno radonom, došlo je do konstrukcionog poboljšanja oblika fokusa što se pozitivno odrazilo na manipulativnost i u vezi sa tim smanjenje doza zračenja na osoblje. Rezultati lečenja su ostali na onom nivou koji se postiže sa radijumom; ova važna činjenica je postignuta na taj način što dugogodišnje iskustvo sa radijumom, u pogledu jačine fokusa, rasporeda fokusa, vremena držanja i frakcioniranja doza zračenja nije bilo bitno izmenjeno.

Osnovni nedostatak kobaltnih fokusa jeste relativno kratak period poluraspada Co-60, koji zahteva uvodjenje korekture posle svakoga perioda od 3-4 meseca i zamenu fokusa posle 4 do 5 godina. Meseca marta 1969 mi smo obnovili kobaltne fokuse pošto je sa predhodnim ptzetirano preko 3500 bolesnica. Sadašnji fokusi koji

se koriste intravaginalno načinjeni su od plastike kostalena i sadrže po 16 mC Co-60. Sonde, koje se koriste intrauteralno, sadrže po 32 odnosno 48 mC Co-60 i načinjene su od čelika koji ne rdja.

Sl.2. Ovoidi i sonde - ginekološki fokusi sa Co-60.

Sl.3. Izodozna raspodela oko ginekoloških fokusa sa Co-60.

Bolja manipulativnost kobaltnih fokusa smanila je doze na osoblje,ali smo smatrali da se u tom pogledu može još više učiniti. Iz tih razloga smo uveli specijalni sistem Henškeovih ginekoloških aplikatora sa kojim se leči oko 25% bolesnica. Ovaj sistem sastoji se od neaktivnih cevčica koje se postavljaju u uterus i vaginu, a fokusi se u njih uvlače tek kada se bolesnica nalazi u sobi. /12/. Na taj način osoblje u aplikacionoj sali uopšte nije izloženo zračenju a radiolog može bez žurbe da obavi aplikaciju, bolesnica koja se odnosi do svoje sobe kroz duge hodnike i liftom nema u sebi aktiviteta.

Sl.4. Sistem Henškeovih aplikatora sa fokusima od Co-60.

Originalno je ova vrsta aplikatora zamišljena kao nosač za iridijumske fokuse /Ir-192/. Medjutim,mi smo iridijum zamenili sa kobaltom iz razloga što Ir-192 ima suviše kratak period poluraspada /svega 74 dana/ tako da je korekturu za raspad potrebno menjati svake sedmice,što jako komplikuje rad. Važna prednost Ir-192 nad Co-60 i radijumom je relativno niska energija gama zračenja /0,32 MeV/ koja olakšava mere zaštite oko spremišta /13/. Uzimajući i ovo u obzir najidealnija zamena radijuma bila bi izotop cezijuma Cs-137 /14/, Ovaj izotop ima energiju veću nego Ir-192 /0,66 MeV/ ali period poluraspada skoro 6 puta duži nego Co-60 /30 godina/. Medjutim,ozbiljan nedostatak fokusa sa Cs-137 jeste njihova visoka cena /slična ceni radijuma/ i nemogućnost nabavke na domaćem tržištu.

Pored sistema Henškeovih aplikatora za intravaginalnu terapiju uveli smo i Henškeov sistem za intersticijalnu terapiju. Kod ovoga sistema, umesto direktnog postavljanja radijumskih igala u tkivo tumora, uvlače se prvo neaktivne tanke cevčice od najlona i aplikacija se završi u potpunosti sa neaktivnim materijalom /15/. Posle toga se u već postavljene cevčice hitro uvlače iridijumski fokusi /žice odredjene dužine koje sadrže Ir-192/.

Sl.5. Prikaz intersticijelne terapije sa Ir-192,Ca maxsilae.

Medjutim,ova metoda nije naišla na veliki odziv kod radiologa,za mnoge od njih 20 i više godina rada sa radijumskim iglama ostavilo je isuviše dubokog traga. Sretna okolnost je što intersticijelna aplikacija ima oko 20 puta manje,a površinskih i 100 puta manje nego

intrakavitarnih. Broj ovih aplikacija je nizak delimično i iz razloga što se ova vrsta zračenja može nadoknaditi spoljnim zračenjem, osim toga u izvesnoj meri se i izbegava proširenje indikacija za ovu vrstu terapije.Ne treba zaboraviti da kod intersticijalne brahiterapije fokusi ostaju u bolesniku od 5 do 7 dana a za to vreme potrebna je stalna nega bolesnika,što može dovesti do vrlo ozbiljnog povećanja doza zračenja na osoblje, jer su mere zaštite u ovakvoj situaciji skoro nemoguće.

Zaključak

Opasnosti od primene radijuma u brahiterapiji tako su mnogobrojne da je svakako potrebno izvršiti njegovu zamenu sa nekim od veštački načinjenih radioaktivnih izotopa. Na nekim radioterapiskim ustanovama kod nas ova zamena je već i izvedena,ali radijum još nije svugde odbačen.Potrebna je koordinirana akcija udruženja za Radiološku zaštitu i Radiologiju i nuklearnu medicinu da bi se ovaj cilj postigao. U tom smislu predlažemo oformljene jedne stručne komisije koja bi izvršila anketiranje ustanova u kojima se obavlja brahiterapija i na osnovu rezultata takve ankete preduzela potrebne mere u cilju zamene radijuma sa drugim pogodnim radioaktivnim izotopima.

BRAHYTHERAPY WITH RADIUM; THE PROBLEMS OF RADIOLOGICAI PROTECTION AND POSSIBILITY OF REPLACEMENT OF RADIUM WITH RADIOACTIVE COBALT /Co-60/

VUJNIĆ V.,Radiol.Phys.,MERKAŠ Z.,Dr.Sc.
RADIOLOGICAL INSTITUTE,MEDICAL FACULTY,BELGRADE

The use of Radium in the treatment of malignant diseases was performed for a long period of time. Sources with Radium were applicated superficially,interstitially and intracavitary; the common name for this methodology is Brahytherapy. In these sources /colled focuses/ Radinm is packed as a sulphate /$RaSO_4$/. Intensive use of focuses can demage them, the result is Radon leakage and sometimes total beak-up, with subsequent heavy contamination of personal, hospital departments and equipment.

The only alternative is the replacement of Ra focuses fith focuses containing radioactive Cobalt /Co-60/, or some other radioisotops. Details about problems of radiological protection concerning Radium applications, as well as description of focuses with Co-60 are given, and the actuality of replacement of Radium, through the coordinated action of some professional societies, are discussed.

Literatura

1/. Wilson,C.W.,Radium Therapy: Its Physical Aspects and Extension with Radioactive Isotopes,Second Edition /1956/, Bailliere Tindall and Cox,London.

2/. Johns,H.E.,The Physics of Radiology,2nd edn,/1961/, Charles C. Thomas,Springfield,Ill.

3/. Hine,G.J.,Brownell,G.L.,/Eds/,Radiation Dosimetry,/1956/, Academic Press,New York.

4/. Glasser,O.,et al,Physical Foundations of Radiology,3rd edn, /1961/,Paul B.Hoeber,New York.

5/. Meredith,W.J.,Radium Dosage,The Manchester System,/1947/, E.and S. Livingstone Ltd.,Edinburgh.

6/. Paterson,R.,Parker,H.M.,A dosage System for Interstitial Radium Therapy,Br.J.Radiol.,11,252/1938/.

7/. Morgan,G.E.,Gas Pressure in Sealed Radium Containers, Am.J.Roentg.,85,949/1961/.

8/. Matijašić,A.,Kontaminacija radijumom na Onkološkom institutu u Ljubljani,Saopštenje pročitano na V Kongresu za radiologiju i nuklearnu medicinu SFRJ,Beograd,septembar,1964.

9/. Physical Aspects of Radioisotope Brahhytherapy,/1967/, Tech.Reports Serues No.75,IAEA,Vienna.

10/. Merkaš,Z.,Vujnić,V.,Nemoda,Dj.,Intrakavitarna terapija karcinoma portionis vaginalis uteri sa radioaktivnim kobaltom /Co-60/,Radioaktivni izotopi i zračenja,IV,108/1965/.

11/. Fletcher,G.H.,et al,Physical Factors in the use of Cobal-60 in Interstitial and Intracavitary Therapy,Am.J.Roentg., 71,1021/1954/.

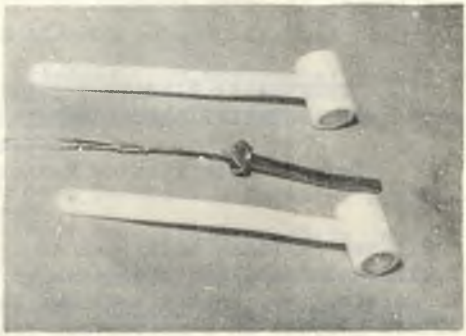
12/. Henschke ,U.K.,et al.Afterloading Applicator for Treatment of Cancer of the Uterus,N.Y.med.J.,64,624/1964/.

13/. Thoraeus,R.,Attenuation of Gamma Radiation from Co^{60},Cs^{137}, Ir^{192} and Ra^{226} in various Materials used in Radiotherapy, Acta.radiol./Ther./,3,81/1965/.

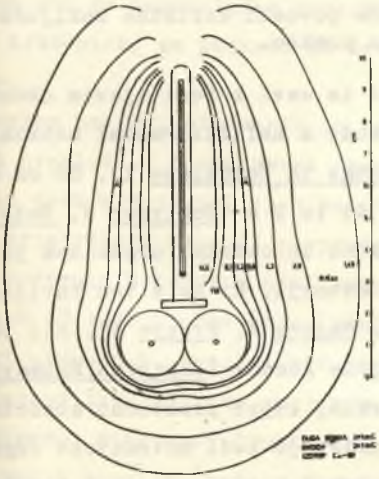
14/. Kottmeier,H.L.,et al,Cs-137 as a Radiation Source for Intracavitary Gynecological Application,Swedish Cancer Soc. Yearbook 1960-62 /1963/ 397.

15/. Henschke,U.K.,et al,Afterloading in Interstitial and Intracavitary Radiation Therapy,Am.J.Roentg.,90,386/1963/.

Sl. 1



Sl. 2



Sl. 3

Sl. 4

Sl. 5

POSKUSI NA ŽIVALIH V ZVEZI Z OBSEVANJEM VSE KOŽE Z NEFILTRIRANIMI MEHKIMI RENTGENSKIMI ŽARKI

Betetto M.
Dermatološka klinika Medicinske fakultete v Ljubljani

Resumé

Pri več skupinah buder, ki smo jih na enak način obsevali z nefiltriranimi mehkimi rentgenskimi žarki, smo preiskovali hemogram in germinativni epitel testisa. Rezultate obsevanja smo primerjali med grupami in z neobsevano kontrolo.

Učinek na germinativni epitel je bil viden že v 12. tednu obsevanja. Nasprotno smo efekt žarkov na hemogram lahko ugotovili samo z retrogradnim primerjanjem krivulj števila krvnih celic obsevanih in neobsevanih buder v teku 40 tednov, medtem ko se je število celic v posameznih hemogramih gibalo vselej v fizioloških mejah.

Iz rezultatov poskusov je mogoče povzeti koristne zaključke za radiološko zaščito in terapevtsko prakso.

Pri rentgenski terapiji z žarki iz cevi z berilijevim okencem se je uveljavilo tudi obsevanje kože z nefiltriranimi mehkimi žarki iz razdalje 50 cm (Green,Jennings in Hendtlass 1), 80 cm (Wiskemann 2), 90 cm (Proppe 3, Wagner 4) in 2 m (Schirren 5, Betetto 6,

Zavedajoč se, kako velikega pomena za celotni organizem je lahko tako diferentna terapija, so vsi avtorji, ki se s tem bavijo,skrbno preiskovali hemogram (Schirren 5, Wagner 4, Proppe 3), ali pa merili doze, ki so jih pri tem prejele gonade (Schirren,Haumayr in Dittmar 8). Čeprav pri mehkih žarkih, kljub praktični absorbciji žarkov v koži, malenkostne doze zadevajo tudi notranjost organizma, ni doslej nihče poročal o spremembah v hemogramu, iz katerih bi se moglo sklepati na okvaro hematopoetskega sistema. Edino po merjenjih doz na gonadah lahko predvidevamo njihovo okvaro, če jih ne bi ustrezno zaščitili.

O eksperimentih, ki bi dokazovali škodljivost ali neškodljivost take terapije za pacijenta, nam ni ničesar znanega. Zato smo izvršili ustrezne poskuse na budrah. Pod pogoji, ki so zelo slični terapevtskemu obsevanju kože iz daljave, smo obsevali 2 skupini po 20 buder in iskali spremembe v hemogramu in na germinativnem

POSKUSI NA ŽIVALIH V ZVEZI Z OBSEVANJEM VSE KOŽE Z NEFILTRIRANIMI MEHKIMI RENTGENSKIMI ŽARKI

Betetto M.
Dermatološka klinika Medicinske fakultete v Ljubljani

Resumé

Pri več skupinah buder, ki smo jih na enak način obsevali z nefiltriranimi mehkimi rentgenskimi žarki, smo preiskovali hemogram in germinativni epitel testisa. Rezultate obsevanja smo primerjali med grupami in z neobsevano kontrolo.

Učinek na germinativni epitel je bil viden že v 12. tednu obsevanja. Nasprotno smo efekt žarkov na hemogram lahko ugotovili samo z retrogradnim primerjanjem krivulj števila krvnih celic obsevanih in neobsevanih buder v teku 40 tednov, medtem ko se je število celic v posameznih hemogramih gibalo vselej v fizioloških mejah.

Iz rezultatov poskusov je mogoče povzeti koristne zaključke za radiološko zaščito in terapevtsko prakso.

Pri rentgenski terapiji z žarki iz cevi z berilijevim okencem se je uveljavilo tudi obsevanje kože z nefiltriranimi mehkimi žarki iz razdalje 50 cm (Green,Jennings in Hendtlass 1), 80 cm (Wiskemann 2), 90 cm (Proppe 3, Wagner 4) in 2 m (Schirren 5, Betetto 6,7)

Zavedajoč se, kako velikega pomena za celotni organizem je lahko tako diferentna terapija, so vsi avtorji, ki se s tem bavijo,skrbno preiskovali hemogram (Schirren 5, Wagner 4, Proppe 3), ali pa merili doze, ki so jih pri tem prejele gonade (Schirren.Haumayr in Dittmar 8). Čeprav pri mehkih žarkih, kljub praktični absorbciji žarkov v koži, malenkostne doze zadevajo tudi notranjost organizma, ni doslej nihče poročal o spremembah v hemogramu, iz katerih bi se moglo sklepati na okvaro hematopoetskega sistema. Edino po merjenjih doz na gonadah lahko predvidevamo njihovo okvaro, če jih ne bi ustrezno zaščitili.

O eksperimentih, ki bi dokazovali škodljivost ali neškodljivost take terapije za pacijenta, nam ni ničesar znanega. Zato smo izvršili ustrezne poskuse na budrah. Pod pogoji, ki so zelo slični terapevtskemu obsevanju kože iz daljave, smo obsevali 2 skupini po 20 buder in iskali spremembe v hemogramu in na germinativnem

epitelu testisa ter rezultate primerjali med grupama ter z neobsevanima kontrolnima skupinama.

Budre smo obsevali z nefiltriranimi mehkimi žarki iz razdalje 1 m pri napetosti 50 kV od zgoraj in od obeh strani. Obsevali smo trikrat tedensko skozi 40 oziroma 24 tednov. Pod navedenimi pogoji obsevanja je znašala plast polovične absorbcije tkiva emitiranih žarkov 1,4 mm (merjeno v celonu).

Na ta način smo v hematološkem delu poskusov z dnevnimi površinskimi dozami (PD) po 3 x 50 r oziroma ca 6 ur na položaju gonad, v 40 tednih obsevanja dosegli 18.000 r skupne PD (6.000 r na polje) oziroma ca 720 r na gonadah. Pri iskanju okvar germinativnega epitela testisa smo na isti način obsevali drugo enako skupino buder in pri tem v 24 tednih dosegli 10.800 r skupne PD (3.600 r na polje) oziroma ca 360 r na položaju testisa.

Doze na gonadah smo merili na mrtvi budri kot živalskem fantomu. Pri tem smo za hematološke poskuse postavili kamero na abdominalno stran hrbtenice, za poskuse na testisu pa v pelvis med obema testisoma.

Hemogram smo pri obsevanih in neobsevanih budrah pregledovali v rednih presledkih tekom vsega eksperimenta. Šteli smo absolutna števila vseh krvnih celic in določali tudi odstotek hemoglobina.

Pri primerjanju krivulj povprečnega števila krvnih celic neobsevanih kontrolnih buder z analognimi krivuljami obsevanih buder tekom vseh 40 tednov obsevanja (diagram 1), se jasno vidi počasen padec pri obsevanih, posebno kar se tiče limfocitov in skupnega števila levkocitov. (Zaradi omejenega prostora in časa ne moremo podati analognih diagramov drugih krvnih celic.) Vse krivulje, tudi pri neobsevanih živalih, kažejo dokaj visoke amplitude, ki pa se nikoli ne spuste pod normalni minimum. Niti en hemogram obsevanih buder sam po sebi ni patološki oziroma ne kaže nič, iz česar bi se dalo sklepati na rentgensko okvaro hematopoetskega sistema. Le-to je mogoče ugotoviti samo iz počasnega padca krivulje obsevanih buder v primerjavi z neobsevanimi v teku vseh 40 tednov obsevanja.

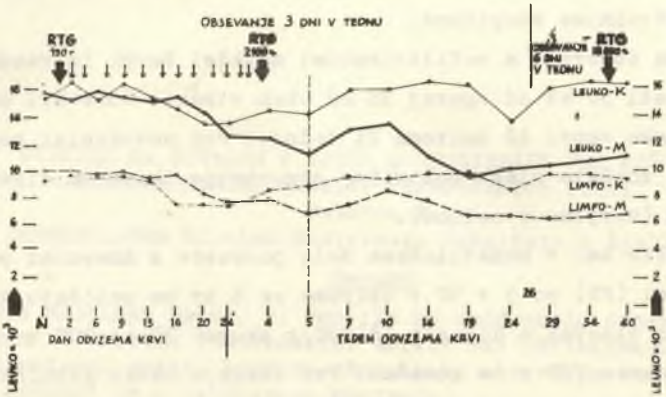


Diagram 1: Krivulje limfocitov in skupnega števila levkocitov pri skupini buder obsevanih z nefiltriranimi mehkimi žarki Siemensovega Dermopana (D) v primerjavi z neobsevano kontrolno skupino (K) v teku 40 tednov. Tudi pri obsevanih živalih ni nobeno število celic pod normalo, vendar njihova krivulja v primerjavi z neobsevano kontrolo počasi pada.

Pri takih rezultatih poskusov lahko z gotovostjo trdimo, da pri velikem človeku, pri katerem mehki žarki dosti težje prodro do hematopoetskega sistema kot pri majhni budri, ni mogoče pričakovati v hemogramu sprememb, iz katerih bi se pri terapevtskem obsevanju kože iz daljave moglo sklepati na rentgensko okvaro.

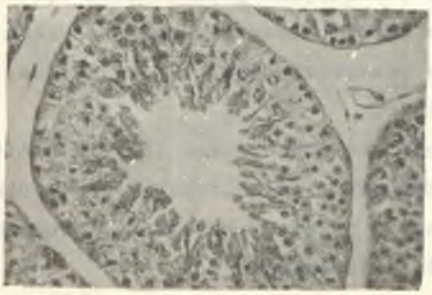
Razen tega poskusi mimogrede dokazujejo, da obsevanje periferne cirkulirajoče krvi - ker ravno to v koži obsevamo - gotovo nima na hemogram nobenega vpliva.

Efekt žarkov na germinativni epitel smo preiskovali histološko. V ta namen smo v enakomernih presledkih jemali testis trojici iz obsevane in neobsevane skupine buder.

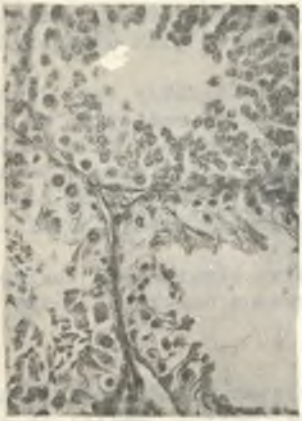
Spremembe po obsevanju so se pojavile v 12. tednu obsevanja po doseženih 5.400 r PD oziroma 180 r na položaju testisa (sliki 1 in 2).

Pri nadaljevanju obsevanja so celice germinativnega epitela postajale vse bolj redke v sledečem vrstnem redu: spermatogonije, spermatociti, spermatide, spermiji. V 24. tednu eksperimenta po doseženih 10.800 r skupne PD oziroma 360 r na gonadah, ni bilo

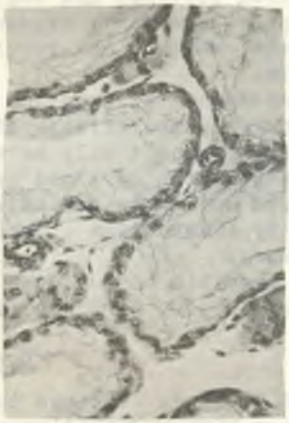
več mogoče ugotoviti nobenih elementov germinativnega ciklusa (slika 3). S tem smo zaključili poskus zaključili.



Slika 1: Normalni germinativni epitel testisa budre (1:250)



Slika 2: Germinativni epitel budre v 12.tednu obsevanja po doseženih 5.400 r skupne PD nefiltriranih mehkih žarkov. V epitelu se začno kazati prazna mesta (1:250).



Slika 3: Po doseženih 9.000 r skupne PD v 20.tednu obsevanja ni več mogoče diferencirati celic germinativnega ciklusa. Vidi se samo ena plast celic na bazalni membrani (1:250).

Okvara germinativnega epitela testisa po mehkih rentgenskih žarkih je bila torej zelo težka. Ta ugotovitev je velikega praktičnega pomena, saj je testis človeka mnogo bolj izpostavljen mehkim rentgenskim žarkom kot pri budri, katere testis je zaščiten v globini pelvisa.

Če primerjamo rezultate naših hematoloških poskusov z onimi na testisu, ne moremo prezreti dejstva, da je ostal hemogram po dozah, ki so močno prizadejale germinativni epitel, še vedno normalen. Zaradi tega moramo hemogram, kot praktično najpomembnejši indikator kronične rentgenske okvare pri človeku, presojati s precejšno resignacijo.

Ker je reaktivnost hematopoetskega in germinativnega sistema proti ionizirajočim žarkom pri človeku zelo podobna budrini, je mogoče rezultate naših poskusov koristno uporabiti pri terapevtskem obsevanju kože iz daljave.

Summary

Concerning some animal tests with long distance X-ray irradiation

The blood pictures and seminal epithelia of several groups of guinea pigs, similarly exposed to unfiltered soft ray irradiation, were examined and results were compared with unexposed controlls.

Whereas the effects on the testes became clearly visible on the 12th week, the effects of soft unfiltered radiation on the blood picture could only be established retrograde by a comparative evaluation of blood cell curves projected over 400 weeks in exposed and unexposed animals; but they could not be established by examination of single, numerically always physiological hemogrammes.

It is possible to act upon the results obtained in therapeutic practice, subject to protective measures as described being taken.

Literatura

1. Green,E., W.A. Jennings in R. Hendtlass: Low Woltage X-ray therapy with a Beryllium-window tube. Brit.J. Radiol.24,134, 1951.
2. Wiskemann,A.: Röntgen-Oberflächentherapie mit Berylliumgefensterten Röhren. Hautarzt 2,456,1951.
3. Proppe,A.: Fortschritte in der Methodik der dermatologischen Röntgentherapie. Arch.Derm.Syph. 2oo, 1o7,1955.
4. Wagner,G.: Die Grossfeldtechnik in der dermatologischen Strahlentherapie. Zeitschr.Haut u. Geschlechtskrkh. 22,267. 1957.
5. Schirren,C.G.: Röntgen-Fernbestrahlung von psoriatischen Erythrodermien. Zbl. Haut u. Geschlechtskrkh. 29,337,1955.
6. Betetto,M.: Rentgensko obsevanje vse kože in celega organizma, SBK,Ljubljana,1966.
7. Betetto,M.: Rentgensko obsevanje kože iz daljave v dermatološki praksi. Zdr.V. 37,151,1968.

8. Schirren,C.G., W. Haumayr in H. Dittmar: Zum Problem des Strahlenschutzes: die genetische Strahlenbelastung des Patienten bei der Hautröntgentherapie. Strahlentherapie 108,127,1959.

PROFESIONALNA OŠTEĆENJA KOŽE U LICA IZLOŽENIH DEJSTVU JONIZUJUĆIH ZRAČENJA

JEREMIĆ M., KILIBARDA M.

Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu
"Dr Dragomir Karajović" Beograd

Rezime

Oštećenja kože usled jonizujućih zračenja, posle kontaktnih dermatita i ekcema, spadaju medju najčešća profesionalna oboljenja kože. Prema zapažanjima pojedinih autora ova oboljenja čine 10% svih profesionalnih dermatoza.

Dispanzer za radijaciona oštećenja Instituta za medicinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" duži niz godina vrši sistematsku kontrolu lica profesionalno izloženih dejstvu jonizujućih zračenja. U okviru sistematske kontrole izvršen je pregled kože kod 1664 osobe koje su u toku svoje profesije različito dugo izložene dejstvu ovih zračenja. Takodje su posmatrani i redovno kontrolisani svi slučajevi kod kojih je postojao radiodermatitis profesionalnog porekla i praćena njegova zavisnost od uslova rada.

Pri ovim ispitivanjima nadjeno je 52 slučaja hroničnog oštećenja kože različitog stepena. U radu se iznosi učestanost profesionalnih radiodermatitisa kod ispitivanih radnika prema profesionalnoj strukturi i u odnosu na dužinu radnog staža eksponovanih osoba, kao i karakteristična zapažanja iz ovog ispitivanja.

Posebam problem u patologiji radijacionih oštećenja pretstavljeju oštećenja kože. Medju ovim oštećenjima posebno mesto zauzimaju profesionalna oštećenja. Ona prema nekim statistikama, posle kontaktnih dermatita i ekcema, spadaju medju najčešća oboljenja kože i čine 10% svih profesionalnih dermatoza (1). Značej ovih oštećenja nije samo u njihovoj učestelosti, već i u težini i upornosti oboljenja, pa često i u nepovoljnoj prognozi.

Do oštećenja kože zračenjem najčešće dolazi usled dejstva elektromagnetnog zračenja malih talasnih dužina koje se kreću od 0,5 Å (meki X zraci) do 0,01 Å (tvrdi gama zraci). Korpuskularna, alfa i beta zračenja prouzrokuju, po pravilu, lakša oštećenja od X i gama zračenja.(2).

R a d i o d e r m a t i t i s u l c e r o s a (III stepen) pretstavlja najtežu formu oštećanja i nastaje posle jednokratnog ozračivanja dozom od 1200-1500 rendgena ili većom od ove. Ovaj akutni radiodermatitis nastaje naglo, posle latencije od, najčešće, 24-48 časova posle ekspozicije. U zahvaćenom regionu dolazi do pojave crvenila praćenog peckanjem, a zatim osećejem topline i pritiska. Crvenilo se povećava, koža postaje ljubičasta, otečena. Javlja se jak svrab, posle koga dolazi vrlo jakog lokalnog bola. Ceo region postaje induriran, sa edemom okoline. Posle nekoliko dana dolazi do formiranja ulkuse. Ulcus ima gangrenozan izgled sa neravnim dnom. Sledećih dana nekroza zahvata sve dublje slojeve, zahvatajući često aponevrozu, mišićno tkivo, pa čak i kost. U ovom slučaju to više ne pretstavlja radiodermatit, već akutnu radionekrozu. Do zarašćivanja dolazi posle mnogih meseci, nekada i godina, vrlo krhkim, beličastim atrofičnim ožiljkom sa depigmentacijom, teleangiektazijama, a ponekad i sa kontrakturama. Epilacija i destrukcija lojnih i znojnih žljezda su definitivne.

Na atrofičnom ožiljku može ponekad, posle mnogo godina, pod uticajem neke traume ili, redje, spontano, da dodje do tardivnog recidiva - tzv. t a r d i v n o g u l c u s a.(5).

H r o n i č n a o š t e ć e n j a nastaju usled stalne i neprekidno ponavljane apsorpcije minimalnih doza zračenja, koje same po sebi ne izazivaju nikakve vidljive reakcije. Vidljiva oštećenja manifestuju se u većini slučajeva posle višegodišnje latencije.

Lokalizacija promena uvek je u zavisnosti od načina rada i ograničena je isključivo na mesta izložena primarnom zračenju: kod rendgenologa najčešća lokalizacija je na šakama, kod stomatologa gotovo uvek bivaju zahvaćeni donji, volarni delovi 1-3 prsta itd.

Evolucija kliničkih promena, koje ovde nemaju izrazite stepene intenzivnosti kao kod akutnih radiodermatita, manifestuje se u četiri stadijuma: zapaljivi, sklerodermički, hiperplastički i kancerogeni. (6)

Z a p a l j i v i s t a d i j u m karakteriše lokalni osećaj topline, osećaj zategnutosti kože, lutajući eritem, lako

Po svome toku oštećenja mogu biti akutne i hronične prirode.

A k u t n a o š t e ć e n j e nastaju usled ozračivanja jednokratnom visokom dozom ili posle ozračivanja višim dozama u kratkim vremenskim intervalima. Ovakva oštećenja u profesionalnoj patologiji dosta su retka i javljaju se, po pravilu, akcidentalno, pri neopreznom rukovanju izvorima jonizujućih zračenja.

Prema intenzivnosti manifestacija razlikujemo tri stepena akutnih oštećenja (3).

R a d i o d e r m a t i t i s e r y t h e m a t o s a (I stepen) nastaje, najčešće, pri jednokratnom ozračivanju kože dozom od 5oo - 8oo rendgena i manifestuje se eritemom koji obično počinje između četvrtog i sedmog dana posle ozračenja. Promene su potpuno reverzibilnog karaktera, ali koža tek u toku treće ili četvrte sedmice dobija svoj normalan izgled. U toku druge ili treće sedmice dolazi, obično, do prolaznog ispadanja dlaka na zahvaćenom delu, koje ponovo počinju da rastu 1-3 meseca, a nekad i docnije.

Pri ozračivanju dozama manjim od 5oo rendgena ne dolazi do pojave eritema, ali može doći do privremenog opadanja dlaka. Neki autori ove promene označavaju kao Dermatitis suberythematosa (4).

R a d i o d e r m a t i t i s b u l l o s a (II stepen) nastaje kao posledica ekspozicije dozama od 8oo-12oo rendgena, a promene se javljaju između 5. i 1o. dana posle ozračenja. Koža je u početku topla i crvena, a potom dobija tamnoljubičastu boju. Gotovo istovremeno dolazi do pojave zapaljivog infiltrata sa jakim bolovima, praćenog limfadenitom i povišenom telesnom temperaturom. Posle nekoliko dana dolazi do pojave plikova različite veličine, ispunjenih seroznom tečnošću, koji ne retko međusobno konfluiraju i koji posle prskanja ostavljaju vlažne erozije, često praćene jakim bolovima. Epitelizacija traje nedeljama i mesecima, a posle zarastanja koža ostaje suva, beličasta, dugo vremena osetljiva na spoljne nadražaje.

zadebljanje kože, suvoća zbog atrofije lojnih žljezda, laka hiperpigmentacija, proredjivanje dlaka.

S k l e r o d e r m i č k i s t a d i j u m izražava se tankom, glatkom, elastičnom i dishromičnom kožom. Javljaju se teleangiektazije, iščezavanje digitalnih otisaka na jagodicama prstiju, a subjektivno, laki bolovi. Istovremeno sa ovim pojavama, a ponekad i ranije, dolazi zbog osetljivosti matriksa na zračenje i do promena na noktima: nokti postaju suvi, bez sjaja, istanjeni, krti, uzdužno izbrazdani ili ispucani i lako se lome.

H i p e r p l a s t i č k i s t a d i j u m karakteriše razvitak nenormalnih epidermalnih tvorevina: hiperkeratoza, papiloma, cornua cutaneum ili akantokeratoma. Na atrofičnoj koži ili na pojedinim keratomima može doći do pojave erozija i ulceracija se torpidnim, polako progredirajućim tokom. Ove ulceracije, obično, ne krvave i ne pokazuju tendenciju ka supuraciji, ali su vrlo bolne i veoma otporne na svaku terapiju.

Opisani stadijumi pretstavljaju hronični radiodermatit u užem smislu, posle koga, ne retko, posle duge ekspozicije i dugog latentnog perioda (često do 2o godina) nastaje poslednji ili

K a n c e r o g e n i s t a d i j u m. Maligna transformacija nastaje ili na ivici neke ulceracije ili, što je češći slučaj, na izmenjenom epidermu koji je od ranije pokazivao tendenciju ka papilomatoznoj ili keratotičnoj proliferaciji. Izuzetno, kancerizacija može da zahvati vezivno tkivo. Medju malignim neoplazmama daleko najčešće dolazi do stvaranja spinocelularnog epitelioma čija je malignost različita, ali u većini slučajeva sa ozbiljnom prognozom. Redje dolazi do stvaranja bazocelularnog karcinoma, a izuzetno retko do fibrosarkoma derma, pogotovo u profesionalnoj patologiji.

Koža zahvaćena radiodermatitom veoma je osetljiva na sekundarne uticaje: sunčani zraci, hladnoća, toplota, razne hemikalije, trenje ili biološko starenje potpomažu pojavu i progrediranje promena i posle izdvajanja oštećenog lica iz sfere dejstva jonizujućih zračenja.

Naša iskustva

Dispanzer za radijaciona oštećenja Instituta za medi-

cinu rada i radiološku zaštitu "Dr Dragomir Karajović" duži niz godina vrši sistematsku kontrolu lica profesionalno izloženih dejstvu jonizujućih zračenja. U okviru ove kontrole izvršena je i pregled koža u svih osoba koje su u toku svoje profesije različito dugo bile ili su mogle biti izložene dejstvu ovih zračenja, počev od radnika zaposlenih u rudnicima urana i tehnologiji i metalurgiji nuklearnih sirovina, do radnika zaposlenih na primeni jonizujućih zračenja u industriji, radioizotopskim laboratorijama, radiološkoj, stomatološkoj i ftisiološkoj službi na teritoriji SR Srbije.

U ovome saopštanju dat je prikaz profesionalnih oštećenja kože kod 3o6 zdravstvenih i industrijskih radnika, kod koji smo u toku dosadašnje kontrole mogli konstatovati bilo kakve promene na koži izazvane dejstvom jonizujućih zračenja. U razmatranja i obradu nismo uzimali radnika zaposlene u rudnicima urana, tehnologiji i metalurgiji nuklearnih sirovina i radioizotopskim laboratorijama. Njihov broj iznosi 1358 osoba od ukupnog broja od 1664 lica koja su do sada bila kontrolisana u našem Dispanzeru, ali medju njima nije registrovan nijedan slučaj profesionalnog radiodermatita.

Na pomenutom materijalu zapazili smo u početnim oštećenjima prvo promene na noktima i to u vidu longitudinalnih brazda, sa nešto pojačanom suvoćom koža, većom krtošću i lomljivošću nokata, a ponekad i sa umerenim nedostatkom dlaka na prstima. Subjektivne tegobe kod ovih pacijenata bile su izražene u vidu peckanja. Kod nešto jačih hroničnih oštećenja postojala je u izvesnoj meri atrofija kože sa lakom sklerozom, veći gubitak dlaka, gubitak brazda na jagodicama prstiju, jače izbrazdanost na noktima, ponekad uzdužna izbrazdanost. Kod manjeg broja pacijenata našli smo i ulcerozne promene, cikatrikse od ranijih ulceracija, verukozne promene i jače izraženu sklerozu. Samo u jednom slučaju mogli smo sa sigurnošću konstatovati pojavu epitelioma (histološki potvrdjen Epithelioma spinocellulare).

Profesionalna struktura pomenute grupe ispitivanih radnika, koja obuhvata 3o6 osoba bila je sledeća:

- ftiziologa	44
- rendgenologa	41
- Rö tehničara	155
- bolničara i babica	41
- lekara opšte prakse	1o
- administr.službenika	15

Od svih pregledanih lica kod 66 lica konstatovana su hronična oštećenja kože različitog stepena. Relativno najveći broj oštećenja nadjen je kod ftiziologa - 15 ili 31%, zatim kod radiologa - 1o ili 24%, a nešto manji procenat (19%) kod rendgen tehničara i ostalog zaposlenog osoblja.

Interesantno je bilo pogledati broj oštećenja u odnosu na dužinu radnog staža eksponovanih osoba. Kod pacijenata sa dužinom radnog staža do 5 godina našli smo 7 slučajeva radiodermatita I stepena, od koji 6 slučajeva sa početnim oštećenjima kože. Kod osoba eksponovanih od 6 do 1o godina nadjeno je 8 slučajeva sa početnim oštećenjima i 2 radiodermatita II stepena. Povećavanjem dužine eksponovanog radnog staža povećava se i broj oštećenja, kao što se i očekivalo, tako da je kod radnog staža od 11 do 15 godina nadjeno 1o radiodermatita I stepena i 4 stepena radiodermatita II stepena. Posmatrajući skupinu pacijenata sa još dužim radnim stažom zapazili zapazili smo sasvim mali broj početnih oštećenja, dok se broj izraženih radiodermatita povećao, a pojavila su se i oštećenja III stepena. Tako, kod pacijenata sa radnim stažom od 16 do 2o godina nadjen je samo jedan slučaj sa incipijentnim promenama i 7 jasno izraženih radiodermatita II stepena, a kod osoba sa stažom od 21 do 25 godina 5 radiodermatita II stepena, dok smo našli i 1 slučaj radiodermatita III stepena. Kod osoba sa dužinom radnog staža preko 25 godina našli smo 2 slučaja radiodermatita II stepena, četiri slučaja III stepena i 1 slučaj spinocelularnog karcinoma. Na tabeli br.1 dat je prikaz nastalih oštećenja u zavisnosti od dužine eksponovanog radnog staža.

TAB. 1

		stadijumi oštećenja				Ukupno
		I	II	III	Ca	
dužina ekspozicije	do 5 god.	7				7
	6 - 1o god.	8	2			1o
	11 - 15 god.	1o	4			14
	16 - 2o god.	1	7			8
	21 - 25 god.		5	1		6
	preko 25 god.		2	4	1	7
U k u p n o:		26	2o	5	1	52

U vezi sa akutnim profesionalnim oštećenjima, koja su dosta retka, ukazali bismo na 6 radnica iz jednog industrijskog preduzeća koje su akcidentalno ozračene industrijskim rendgenom 1951.godine i koje smo od toga doba povremeno kon rolisali u našem Dispanzeru

Sve ove radnice radile su bez ikakve kvalifikacije za rad sa izvorima jonizujućih zračenja sa industrijskim rendgen aparatom, na kontroli materijala, a da pri tom nisu imale nikakvu zaštitu, osim olovne ploče koja je bila postavljena do visine kukova. Posle relativno kratke ekspozicije od nekoliko meseci sve su dobile, pored drugih promena, teška oštećenja desne šake drugog i trećeg stepena. Kod jedne od ovih radnica ulceracije su na kažiprstu desne ruke trajale sve do 1959 godine dok je kod dve radnice, zbog progredirajućih ulceracija, izvršena amutacija jednog prsta. Radna sposobnost ovih pacijentkinja znatno je smanjena, a sadašnje stanje nastalih oštećenja sastoji se iz jasno vidljive skleratrofije desne šake sa kontrakturama prstiju. Motorna snaga zahvaćenog ekstremiteta znatno je smanjena.

U novije vreme, kada su zaštitne mere znatno poboljšane, ne vidimo više teža oštećenja usled dejstva jonizujućih zračenja, dok su laka oštećenja i pored upotrebe zaštitnih sredstava, zapažena i nadalje kod izvesnog broja eksponovanih osoba. Kod posmatranih osoba sa radiodermatitom III stepena iz radne anamneze uvek smo dobijali podatak o ranijoj nedovoljnoj zaštiti, o upotrebi starih rendgen aparata i o dugotrajnom prekovremenom radu. Iz ovoga sledi naša, svakako opravdana, pretpostavka da naši sistematski pregledi neće u budućnosti registrovati veći broj oštećenja III stepena kod osoba koje su posle pet ili deset godina ekspozicije pokazivala početna oštećenja kože.

U slučajevima lakših oštećenja, osim preporuke striktnog pridržavanja mera lične i opšte zaštite, kao i češće kontrole oštećenih lica, nismo zahtevali prevodjenje na drugi posao ili zabranu rada sa izvorima jonizujućih zračenja, dok smo u slučajevima težih oštećenja tražili prekvalifikaciju ili penzionisanje.

Ovim saopštenjem nije dat potpun pregled broja i stepena profesionalnih oštećenja ove vrste na teritoriji naše Republike, jer se u našem Dispanzeru, od ukupnog broja pomenute grupe radnika, redovno kontroliše samo 3o6 lica. Prema podacima kojima raspolaže dozimetrijska služba našeg Instituta zvanično je registrovano 143o lica, a postoji i izvestan broj izvora jonizujućih zračenja i osoba koje sa njima rade i koje, protivno svim zakonskim propisima, nisu nigde registrovane.

Summary

The skin injuries due to ionizing radiation,after contact dermatites and eczemas, belong to the most frequent occupational diseases of the skin. According to the opservations of some authors these diseases represent lo per cent. of all occupational dermatoses.

The Dispensary of Radion Imairments of the Institute of Occupational and Radiological Health "Dr Dragomir Karajović" for a number of years performs the regular control of the persons occupationally exposed to the effect of ionizing radiations. In the frame of this control in all examined, the skin examination was made in 1664 persons who during they work are exposed to the effect of these radiations of various duration. All cases where radiodermatitis of occupational origin existed were observed and regularly controlled and also its dependence upon the working conditions has been followed.

At these investigations 52 cases of chronic skin injuries of various degree were found. In this paper a frequency of occupational radiodermatites in the examined workers according to occupational structure and in relation to employment time of exposed persons just as characteristic observations from these investigation are given.

Literatura

1. Suher J.; Oštećenje kože rendgenom i Ra zračenjem (lično saopštenje
2. Behrens Ch.: Atomic Medicine, 285 (1959), The Williams and Wilkins Company, Baltimor
3. Lacassagne A.: Lésions provoquées par le radiations ionisantes, 11(196o), Masson et Cie, Paris
4. Chromow M.: Kombinierte Strahlenschadigungen,223(1959), Akademie Verlag, Berlin
5. Lacassagne A., Gricouroff G.: Action des radiations ionisantes sur l'organisme, 21 (1956),Masson et Cie, Paris
6. Simonin C.: Médecine du travail, 531(1956), Librairie Maloine, Paris.

DOZE KOJU DOBIJU GONADE PACIJENATA USLED DIAGNOSTIČKE UPOTREBE X-ZRAKA U SLOVENIJI

Mirjana Mihailović, M.Pavlič, M.V.Mihailović i G.Klanjšček

Institut za fiziko Medicinske fakultete Univerze v Ljubljani

Poznato je, da je upotreba rentgena u medicinskoj diagnostici najveći izvor radiacije, kojima je izloženo stanovništvo pored prirodnoga radioaktivnog fona (background) (Larson 1958, Adrian Report, 196o; Seelentag et al., 196o; Zuppinger, et al., 1961). Postoje dve grupe štetnih efekata zračenja, to su oni, koji se manifestiraju u recipientu zračenja (somatski), i oni, koji se manifestuju kod pokolenja (genetski). Genetski efekti radiacija zavise od iznosa doza koji je absorbovan i povezani su sa dužinom doba produktivnosti i sa plodnosti roditelja.

Ovaj članak opisuje odredjivanje gonadnih doza pri upotrebi X-zraka u diagnostici i genetsku dozu, koja dolazi usled toga.

Svi stanovnici Jugoslavije su zdravstveno zaštičeni, to je omogučilo, da se lakše dodje do pouzdanih informacija o broju i razpodeli pregleda kao i o različitim tehnikama pregleda. Skupljene su informacije o diagnostičkim pregledima u 1960 i 1963 godini. Preko 2000 merenja gonadnih doza na pacijentima su bila izvršena u više različitih ustanova pod stvarnim radnim uslovima i odredjena je značajna genetska doza.

Dobijena je srednja gonadna doza od 11,3 mR na godinu na stanovnika i odgovarajuča genetska doza od 9,1 mR na godinu.

METODA I MATERIAL

Internacionalna komisija za radiološku zaštitu (ICRP) i Internacionalna komisija za radiološke jedinice (ICRU) su preporučile sledeču definiciju za godišnju genetsku dozu X-radiacije.

$$G = \frac{\sum D_{ix} N_{ix} P_i}{\sum P_i N_i}$$

gde je D_{ix} srednja gonadna doza, koju dobije osoba u starosnoj grupi i pri pregledu x; P_i je faktor očekivanja dece u svakoj grupi i; N_{ix} je broj pregleda date vrste x; N_i je broj osoba u svakoj starosnoj grupi. Imenilac $P_i N_i$ predstavlja očekivani broj naraštaja u populaciji. Brojilac predstavlja ukupnu dozu, koju je dobio naraštaj.

Bitne tačke pri odredjivanju doza su:

1.) Treba dobiti što potpunije podatke o broju i razpodeli pregleda N_{ix}

2.) Treba napraviti što bolje sample, da može da se odredi gde da se izvrše direktna merenja na pacientima pod stvarnim uslovima, da bi se odredila srednja doza D_{ix}.

Odredjivanje broja ozračenih lica.

Da se dobiju informacije o broju ozračenih lica, u svakoj grupi usvojen je sledeći postupak: skupljanjem odgovora sa upitnika, koji je poslat svim ustanovama u Sloveniji, napravljen je prvi statistički pregled. Zahtevani su sledeći podaci, koji se odnose na rentgensku diagnostiku:

a) broj rentgenskih aparata u ustanovi
b) broj upotrebljenih filmova
c) ukupan broj radiografskih i diaskopskih pregleda u 196o godini.

Očekivalo se, da bi srednja gonadna doza mogla da varira u različitim tipovima ustanova, zbog toga su obaveštenja o broju ozračenih osoba bila analizirana posebno za različite grupe ustanova. Rezultati prvoga upitnika su dati u tabeli 1. Pokazalo se relativno veliki broj pregleda, 1,545.214 ili približno jedan pregled na stanovnika na godinu.

Odredjivanje razpodele tipova pregleda: Pošto je ustanovljen ukupan broj radiografskih i diaskopskih pregleda na godinu, napravljen je sample (sample broj 1) da bi se dobila informacija o razpodeli različitih tipova pregleda u svakom tipu ustanove (pogledaj kolonu 2 i 3 u tabeli I). Informacije, koje se odnose na vrstu ustanove, pokrajinu itd. uzete su u obzir, da bi moglo, da se izaberu reprezentativen ustanove.

Grupe studenata medicine bile su poslate u izabrane ustanove, da skupe podatke o razpodeli pregleda po godinama

starosti i po polu. Dobijeni su podaci o približno 25% svih izvršenih pregleda u 1960 godini. Kao primer dati su rezultati za kliniku u tabeli II.

Odredjivanje ustanova, u kojima treba da se izvrše merenja. Rezultati, koji se odnose na razpodelu pregleda, a koji su dobijeni iz sampla I, bili su upotrebljeni pri odabiranju reprezentativnih ustanova u kojima bi trebalo, da se vrše merenja gonadnih doza (Sample 2). Rezultati su dani u tabeli III. Ukupni broj planiranih merenja bio je oko 2.000 (u stvari izvršeno je 2.219 merenja na pacientima), što pretstavlja 5,5% od broja pregleda, koji su upotrebljeni, da se dobiju informacije o tipovima pregleda ili 1,4‰ od svih pregleda izvršenih u toku godine. Pri planiranju i vršenju merenja, učinjen je znatan napor, da bi broj merenja svakoga tipa pregleda bio proporcionalan njegovom udelu u ukupnoj genetskoj dozi. Iz više razloga to je bilo vrlo težko postiči, jer je pojedina merenja bilo lakše izvršiti nego druga.

Faktor očekivanja rodjenja deteta

Faktor očekivanja rodjenja deteta je bio odredjen iz podataka, koji su dobijeni od statističkog zavoda Slovenije. Prvo, odredjen je broj potencialnih očeva i majki te srednji broj beba rodjenih na godinu u svakoj starosnoj grupi, od 0-14, 15-29, 30-49 i preko 50 godina. Iz tih podataka izračunat je broj beba na oca na godinu i broj beba na majku na godinu. Tada je bilo odredjeno srednja dužina vremena, koju lice u datoj starosnoj grupi provede u toj starosnoj grupi i tako u svim starosnim grupama do smrti.

Proizvod toga vremena i broja dece na godinu na oca i na majku pretstavlja očekivani broj dece. Sabirajući na taj način popravljeni broj očekivane dece na godinu, računajući od kraja do sredine jedne starosne grupe bio je odredjen faktor očekivanih rodjenja dece. Rezultat je dan u tabeli IV.

MERENJA I ODREDJIVANJA SREDNJE GONADNE DOZE

Metoda merenja i instrumentacija

Kao najpogodnija izabrana je indirektna metoda merenja gonadnih doza za ženske i direktna metoda merenja za muške. Na muškim pacientima ionizacijska komora bila je postavljena uzduž skrotuma. Kod ženskih pacienata ionizacijska komora, bila je smeštena sa spoljašne strane abdominalnog zida na visini iliac crest. Merenja su vršili grupa fizičara i tehničara, koji su išli na izabrana mesta i tamo ostali dok nisu izvršili odredjeni broj merenja. Najpogodniji instrument za merenje pokazao se onaj koji su razvili Stuart i Osborn 1959. Ovaj dozimetar ima odgovarajuče obsege doza (o,45 mr do 15o r) i odgovarajuče obsege brzine doza. On takodje daje odgovor sa istom tačnosti ± 2% u celom intervalu diagnostične upotrebe. Za kalibraciju je upotrebljena kalibisana Victoreen komora.

Odredjivanje gonadnih doza za žene

Gonadna doza za žene je odredjena tako, da je izmerena doza na iliac crest pomnožena jednim konverzacijskim faktorom. Upotrebljeni su konverzijski faktori, dobijeni od članova British Adrian Committee. Desilo se, da je u našem samplu bio dosta veliki broj merenja izvan polja izpitivanih od

britanske grupe. Da ne bi pokvarili sample izključujući neka merenja, izvedeno je nekoliko formula. Ove formule bile su proverene vrednostima u području gdje su vrednosti bile poznate i tada je izvršena extrapulacija na osnovu tih vrednosti.

Rezultati

Ustanovljeno je, da srednje gonadne doze znatno variraju u različitim tipova ustanova, koje vrše iste preglede. Uporedjene je dato u tabeli V. Kao što bi moglo da se očekuje, ustanova, koja je povezana sa klinikom, poliklinika, je bila najbolja. Male bolnice su bile najgore. Ove razlike dolaze zbog toga, što u malim bolnicama često rade nespecijalizovani rentgenolozi i što ove bolnice ne mogu lako da dobiju novu opremu.

U tabeli V. pokazani su rezultati merenja iz svih ustanova. Pregledi su poredjeni tako, da je na vrhu tabele najveća doza, broj pregleda je extrapoliran za celu Sloveniju, a dat je i odgovarajući procenat. Prva grupa pregleda na muškima pretstavlja 5o,5% ukupne doze i pretstavlja samo 3% od ukupnog broja pregleda. Odgovarajući brojevi za žene su 55,1 i 4,1%. Odnos procenata doze prema procentima pregleda za oba pola pokazan je u tabeli VII.

Pokazalo se ponovo da je najefikasniji način za smanjivanje gonadne doze kod muških u malom broju pregleda, koji obuhvataju genitourinarni trakt abdomen i pelvis, zaštita gonada pri pregledu.

IZRAČUNAVANJE GENETSKE DOZE

Posebno su izračunate doze za muške i posebno za ženske. Problem se pojavio pri izračunavanju doze foetusa. Doza koju dobijaju gonade foetusa može da se podeli na dva dela: 1) zračenje koje foetus dobija pri pregledima koji su u vezi sa graviditetom, može lako, da se uzme u obzir; 2) Zračenje koje dobiju gonade foetusa za vreme pregleda majke, što nije u vezi sa graviditetom. Obično ne postoje informacije o tome, da li je pregledana žena gravidna ili ne. Zbog toga je broj gravidnih žena izračunat iz statističkih podataka o broju beba i statističkih podataka o razpodeli različitih vrsta pregleda za žene u odgovarajučoj starosnoj grupi. Ali ova procena treba da se koriguje zbog izbegavanja, da se gravidne žene podvrgnu rentgenološkom diagnostičnom pregledu. Na osnovu grube ocene, koja bazira uglavnom na utisku lekara na klinikama, broj pregleda gravidnih žena smanjen je za jednu četvrtinu.

Faktor očekivanja rodjenja dece za gravidne žene je popravljen uzevši u obzir da je taj faktor manji za gravidne žene, nego za one koje nisu. Odlučeno je, da se faktor očekivanja rodjenja dece za gravidne žene izračuna tako, da od odgovarajučih faktora za negravidne žene oduzmemo o,99 za sve starosne grupe, te da se stavi 0 za žene iznad 3o godina.

Uzeto je, da je gonadna doza foetusa isto kao doza koju dobije majka. Napravljena je ocena, koja se uzima u obzir zbog verovatno veče doze koja dobija foetus u toku ispitivanja abdomena i pelvisa u poznoj trudnoči.

Izračunata genetska doza iz svih raspoloživih informacija data je u tabeli VIII. Ukupna genetska doza na stanovnika na godinu u 196o godini iznosi

9,1 ± 1,0 mR

Standardna greška je samo ocenjena.

DISKUSIJA

Analiza radioloških pregleda kao izvora gonadnih doza te data ocena genetske doze biče diskutovana sa tri različita stanovišta.

Provera metode. Moguča su tri glavna izvora greške. Prvo je da je sample nereprezentativan. Kao što je spomenuto ukupan broj radiografskih i diaskopskih pregleda bio je dobro poznat. Razpodela tipova pregleda bila je odredjena iz sampla 1 (koji je bio prilično velik -25%), i standardna devijacija je bila mala. Ipak, loš izvor reprezentativnih ustanova u samplu II može, da dovede do velikih grešaka jer je izmereno samo 1,4 promila od ukupnog broja pregleda.

Drugi izvor eventualne greške su sistematske greške u merenju doze. Više puta su vršene kontrole merenja i ustanovljeno je, da je taj izvor greške beznačajan.

Da bi se proverila oba dva sampla izračunata je srednja gonadna doza na različite načine. Rezultati su varirali za 1o%, što je istoga reda veličine, kao standardna greška merenja.

Kako, da se smanje doze: Odredjena genetska doza je rezultat uticaja više faktora. Doze bi mogle da se smanje samo ako se smanji broj malog broja pregleda, koji najviše doprinose dozi.

Nepotrebni pregledi bi se najlakše mogli da izbegnu boljom saradnjom izmedju kliničarima i rentgenologa.

Drugi faktor, sistematsko školovanje tehničkog osoblja. Tehničari moraju biti podučeni i kontrolisani u upotrebi zaštitnih sredstava za pacienta te da izbegavaju uzroke ponovog slikanja i time smanje moguči broj expozicija pacienta. Veoma je važno što pre uvesti nove tehnike te novu opremu s kojima se smanjuje doza pacienta.

Odredjivanje genetske doze: Postoji veoma važan momenat pri odredjivanju genetskih doza. Odredjivanje genetske doze daje mnogo korisnih informacija o zdravstvenoj službi. Doze kao i razpodela mogu da se upotrebe za uporedjivanje zdravstvene službe u različitim državama, kao i da se uporede službe u različitim ustanovama u istoj državi (tabela V).

Da bi se sledile promene gonadnih doza pokupljeni su podaci o broju i razpodeli pregleda u 1963 godini. Primedjene su dve bitne razlike od 1960 godine. Prvo povečao se broj pregleda za 25%. U periodu izmedju 1960 i 1963, seosko stanovništvo, uključeno je u zdravstvenu zaštitut te se povečani broj pregleda može dovesti u vezu sa tim. Drugo razpodela pregleda promenula se tako, da se povečao broj pregleda, koji su u vezi sa trudnočom (pelvimetrija) te drugi pregledi, koji znatno doprinose dozi. Ovi pregledi povečavaju žensku gonadnu dozu i genetsku dozu za mnogo veči faktor nego što doprinosi ukupno povečanje broja pregleda.

Genetska doza, koja je odredjena nije velika, ali se nadamo, da će se izpitivanja pokazati korisnim u borbi protiv nepotrebnog povečavanja doze i pored povečanja upotrebe diagnostičke radiologije.

Zahvala

Jedan član ekipe (M.M.) se zahvaljuje Dr.R.E.Ellis i Br.S.B.Osborn za mnogo korisnih informacija i diskusija te za tabele konverzijskih faktora. Dr.K.Koren i Dr.J.Flatby su pomogli svojim izcrpnim informacijama i iskustvom iz merenja gonadnih doza u Norveškoj Dr.W.Seelentag je doprineo svojim iskustvom i korisnim savetima. Avtori se zahvaljuju osobju medicinskih ustanova u različitim ustanovama u Sloveniji te za njihovu pomoč pri dobijanju statističkih podataka i pri vršenju merenja na pacientima. Avtori žele, da se zahvale Dr.Benigeru i Prof.dr.S.Cvahtetu za njihovo interesovanje i podržku. Ovaj rad je bio finansiran od Jugoslovenske nuklearne komisije, Beograd te od fonda Boris Kidrič U Ljubljani.

T A B E L A 4

FAKTOR OČEKIVANJA RODJENJA DETETA (P_1)

Starosna grupa (god)	P_1	
	Muški	Ženske
0 - 14	2.232	2.158
15 - 29	1.713	1.421
3o - 49	0,616	0,342
50 +	0,005	0,00

T A B E L A VII

VEZA IZMEDJU PROCENATA GONADNE DOZE I PROCENATA BROJA PREGLEDA

Vrsta pregleda	Procenat doze		Procenat broja pregleda	
	Muški			
Pelvis	50.5	50.5	3.0	3.0
Pyelogram	14.9	65.4	0.8	3.8
Femur	12.4	77.8	0.8	4.6
Cystogram	3.7	81.5	0.1	4.7
P.C.(radiograf.)	3.6	85.1	3.6	8.3
	Ženske			
Pelvis	55.1	55.1	4.1	4.1
Pyelogram	22.3	77.4	1.1	5.2
P.C.(radiograf.)	4.2	81.6	2.4	7.6
Hysterosalpingographia	3.1	84.7	0.3	7.9
P.C.(diaskop.)	3.0	87.7	37.4	45.3

T A B E L A VIII

GENETSKA DOZA U mr, KOJA DOLAZI OD DIAGNOSTIČKE RENTGENOLOG

Vrsta pregleda	Muški	Ženske	Ukupno
	Radiografski pregledi		
1. Pelvis i vertebra lumbosacralis	3.27	2.37	5.64
2. Pyelographia	0.60	0.88	1.48
3. Femur	0.48	0.05	0.53
4. P.C.	0.06	0.12	0.18
5. Angiographia: abdomen	0.08	0.01	0.09
6. Ruka i ručni zglob	0.14	0.01	0.15
7. Abdomen	0.01	0.01	0.02
8. Cystographia	0.07	0.06	0.13
9. Koleno	0.02	0.01	0.03
10. Vertebra thoracalis	0.01	0.02	0.03
11. Lubanja	0.02	0.02	0.04
12. Tomographia:thorax	0.02	0.06	0.08
13. Zubi	0.02	0.01	0.03
14. Cholecystographia	0.01	0.01	0.02
15. Lakatni zglob	0.02	0.01	0.03
16. Tomographia:abdomen	0.01	0.01	0.02
17. Rebra	0.01	0.01	0.02
18. Noga i stopalo	0.01	0.02	0.03
19. Irrigographia			
20. Vrat i vertebra cervicalis		0.01	0.01
21. Hysterosalpingographia		0.13	0.13
22. Trudnoča		0.01	0.01
Ukupno	4.86	3.84	8.70
	Diaskopski pregledi		
1. P.C.	0.06	0.16	0.22
2. Želudac i duodenum	0.02	0.03	0.05
3. Irrigoscopia	0.02	0.01	0.03
4. Intestinum	0.01	0.01	0.02
Ukupno	0.11	0.21	0.32
Masovna fluoroskopija	0.05	0.06	0.11
Ukupno	5.02	4.11	9.13

T A B E L A I

BROJ PREGLEDA, TIPOVI USTANOVA I OPREMA

Tipovi ustanova	Broj ustanova sa rentgen aparatima	Broj ustanova u samplu 1	Broj ustanova u samplu 2	Broj diaskopskih pregleda	Broj radiografskih pregleda	Broj rentgenskih aparata	Broj ustanova, koje vrše samo diaskopiju
1. Klinika	1	1	1	28.822	54.507	17	
2. Druge bolnice	29	9	6	59.257	218.237	47	
3. Poliklinike	1	1	1	26.770	112.765	10	
4. Zdravstveni domovi	78	7	6	201.436	93.463	146	
5. Antituberkulozni dispanzeri	49	3	8	243.035		51	49
6. Bolnice za tuberkulozu	8	4	3	95.334	64.203	29	
7. Zubne ambulante	78	3	7		109.332	78	
8. Centar za fluoroskopiju					258.053		
Ukupno				654.654	890.560		

T A B E L A II.

RAZPODELA RAZLIČITIH VRSTA PREGLEDA PO GODINAMA STAROSTI I POLU U RAZLIČITIM USTANOVAMA (Sample 1)

K l i n i k a

Vrsta pregleda	Muški				Ženske				Procenat od ukupnog pregleda na godinu	
	0-14	15-29	30-49	50 i preko	0-14	15-29	30-49	50 i preko	Muški	Ženske
					Radiografski pregledi					
1. Pelvis i vertebra lumbosacralis	128	13	58	125	226	24	126	114	13,7	15,o
2. Pyelogram	15	29	45	7o	31	25	128	88	11,1	1o,8
3. Femur	3o	25	28	67	2o	1o	2o	63	11,5	11,4
4. PC	1o6	42	36	152	9o	19	3o	92	1o,o	9,8
5. Angiographia: abdomen		4	26	24		6	12	37	11,o	12,o
6. Ruka i ručni zglob	32	11	18	6	14	2	8	8	9,7	8,8
7. Abdomen	22			3	12	5	3	1	7,1	15,1
8. Cystographia			8	24	4	8	6		11,5	11,5
9. Koleno	19	11	15	6	14	6	7	39	1o,o	9,9
1o. Vertebra thoracalis	6	11	6	5o	13	11	26	18	11,7	12,2
11. Lubanja	232	215	2o9	194	2oo	168	17o	188	1o,5	1o,7
12. Tomographia: thorax	23	6	33	1o7	1	7	16	62	1o,7	1o,5
13. Zubi			6	1			1	8	11,4	11,3
14. Cholecystographia	2	2	16	18	1o	2o	46	42	11,5	1o,9
15. Nadlaktica i lakatni zglob	37	29	23	25	29	8	6	25	11,3	11,5
16. Tomographia: abdomen			4				9	9	11,4	11,5
17. Rebra	1	5	8	28	7	2	17	46	11,3	11,3
18. Noga i stopalo	33	51	87	6o	25	17	41	62	11,5	11,2
19. Irrigographia	6	5	4	15	2			12	11,0	10,5
2o. Želudac i duodenum	2	13	27	46		12	9	23	11,5	11,5
21. Angiographia: thorax	7		2	11	3	8		2	11,6	11,6
22. Bronchographia				6	6				11,5	11,6
23. Vertebra cervicalis	6	11	23	61	5	14	38	4o	1o,5	11,1
24. Ramo	1	2	6	25	4	4	13	46	11,5	1o,7
25. Oesophagus	4	2	5	29	6	2	1	6	11,5	11,5
26. Intestinum				11				5	8,5	11,4
27. Angiographia: cerebri		6	22	12		3	1o	8	11,5	14,2
28. Pneumoencephalographia		1o	22	12		11	12	4	11,5	11,5
29. Tomographia: lubanja				3		4		8	11,2	11,4
3o. Hysterosalpingographia						3	2			11,5
31. Trudnoća							5			11,6
Srednja vrednost									11,o	11,5
					Diaskopski pregledi					
1. PC	179	91	157	468	144	91	191	399	7,5	7,6
2. Želudac i duodenum	3	24	47	1o5	1	31	42	91	8,6	8,6
3. Irrigoscopia	2	2	7	14	1	8	3	25	8,6	8,5
4. Intestinum	7	2	3	26	2		7	12	8,5	8,4
5. Oesophagus	6	1		25	6	4	5	12	8,6	8,6
Srednja vrednost									7,[illegible]	7,[illegible]

T A B E L A III.

BROJ MJERENJA U RAZLICITIM REPREZENTATIVNIM USTANOVAMA (Sample 2)

Vrsta pregleda	Klinika	Druge bolnice	Poliklinika	Zdravstveni domovi	Antituberkulozni dispanzeri	Bolnice za tuberkulozu	Zubne ambulante	Centar za fluoroskopiju	Promili od ukupnog broja pregleda
				Radiografski pregledi					
1. Pelvis i vertebra lumbosacralis	1o	88	28	64					2,5
2. Pyelogram	4	12	28						2,9
3. Femur	1	5	5	1					1,4
4. PC	35	58	13	33		47			4,o
5. Angiographia: abdomen		5							2,3
6. Ruka i ručni zglob	2	55	12	21					1,1
7. Abdomen	2	3	3	3					5,o
8. Cystographia	4								2,4
9. Koleno		39	14	8					2,2
1o. Vertebra thoracalis		25	5	11					7,0
11. Lubanja	81	27	8	38		2			3,3
12. Tomographia: thorax		28	43	3		9o			3,1
13. Zubi	4	1					21o		1,6
14. Cholecystographia	9	11	1	7					2,5
15. Nadlaktice i laktni zglob		5							0,2
16. Rebra		1	2	3					0,5
17. Noga i stopalo	2	86	12	2					1,4
18. Irrigographia	13	8	1o						3,0
19. Želudac i duodenum	6	21	15	11					5,0
20. Vertebra cervicalis	6	11	2	15					3,5
21. Rama		7	6	8					1,4
22. Oesophagus		1							0,9
23. Intestinum	1								1,2
24. Pneumoencephalographia			1						1,4
25. Hysterosalpingographia			14						5,8
26. [illegible]			3						47,0
27. Masovna fluoroskopija								21	0,09
Ukupno	18o	497	225	225		139	21o	21	
				Diaskopski pregledi					
1. PC	6	139	11	74		231	19		0,8
2. Želudac i duodenum	4	93	31	57			1		3,8
3. Irrigographia	8	9	42						2o,5
4. Intestinum	3		8						1,5
5. Oesophagus		3	4						3,6
Ukupno	21	244	96	131		231	2o		

T A B E L A VI.

RADIODIAGNOSTIČNI PREGLEDI KAO IZVOR GONADNIH DOZA ZA OBA POLA

Vrsta pregleda	Muški: Doza (r)	Muški: Procenat od ukupne doze	Muški: Broj pregleda	Muški: Procenat od ukupnog broja pregleda	Ženske: Doza (r)	Ženske: Procenat od ukupne doze	Ženske: Broj pregleda	Ženske: Procenat od ukupnog broja pregleda
Radiografski pregledi								
1. Pelvis i vertebra lumbo-sacralis	5.077,95	50,47	25.239	3.01	5,884.83	55.14	29,155	4.11
2. Pyelogram	1,502.33	14,90	6.997	0,85	2.347,16	22,26	8;037	1,14
3. Femur	1.240,07	12,35	5.507	0,75	91,44	0,86	3.008	0,42
4. Cystographia	368,37	3,66	703	0,08	61,42	0,57	999	0,14
5. PC	360,57	3,58	29.852	3,57	437,31	4,22	17.017	2,40
6. Ruka i ručni zglob	327,05	3,24	56.344	6,73	51,24	0,48	27.322	3,86
7. Angiographia: abdomen	309,30	3,07	943	0,10	122,30	1,18	1.223	0,17
8. Koleno	117,97	1,17	16.449	1,98	11,03	0,10	11.822	1,68
9. Vertebra thoracalis	116,64	11,15	3.345	0,45	9,82	0,09	2.545	0,36
10. Tomographia: thorax	48,07	0,48	30.922	3,69	236,67	2,22	20,977	2,95
11. Zubi	41,19	0,41	56.035	6,69	72,49	0,68	82.051	11,58
12. Cholecystographia	29,47	0,29	2.351	0,28	34,70	0,33	8.836	1,26
13. Lubanja	24,20	0,24	26.271	3,13	19,13	0,18	20.626	2,91
14. Nadlaktica i lakatni zglob	24,18	0,24	16.779	2,01	1,90	0,02	9.599	1,36
15. Tomographia: abdomen	22,78	0,23	134	0,01	69,28	0,65	163	0,02
16. Rebra	16,55	0,16	7.106	0,85	15,45	0,15	3.861	0,55
17. Abdomen	15,30	0,15	717	0,08	14,20	0,14	719	0,10
18. Noga i stopalo	14,19	0,14	46.380	5,54	3,25	0,03	26.293	3,72
19. Irrigographia	6,69	0,07	744	0,08	8,66	0,08	279	0,04
20. Želudac i duodenum	6,44	0,06	7.531	0,90	8,38	0,08	3.027	0,43
21. Vertebra cervicalis	3,34	0,03	5.051	0,60	25,44	0,24	4.786	0,69
22. Angiographia: thorax	3,32	0,03	1.184	0,14	1,30	0,01	538	0,08
23. Bronchographia	1,86	0,02	1.554	0,18	3,31	0,03	753	0,11
24. Mamma	1,20	0,01	9.296	1,11	4,26	0,04	5.241	0,74
25. Intestinuum	0,38		469	0,05	0,50		319	0,04
26. Oesophagus	0,29		793	0,08	0,05		372	0,05
27. Angiographia: cerebri	0,20		376	0,04	0,16		183	0,02
28. Pneumoencephalographia	0,10		504	0,06	0,21		235	0,03
29. Tomographia: lubanja	0,03		141	0,01	0,12		143	0,02
30. Hysterosalpingographia					333,37	3,14	2.398	0,34
31. Trudnoća					32,00	0,30	64	0,01
Ukupno	9.680,04	96,15	359.767	43,05	9.901,38	93,07	292.740	41,34

Vrste pregleda	Muški				Ženske			
	Doza (r)	Procenat od ukupne doze	Broj pregleda	Procenat od ukupnog broja pregleda	Doza (r)	Procenat od ukupne doze	Broj pregleda	Procenat od ukupnog broja pregleda
				Diaskopski pregledi				
1. RO	144.80	1.47	329,970	39.38	321.04	5.02	264,867	37.40
2. Želudac i duodenum	96.02	0.96	23,411	3.39	182.33	1.71	20,073	2.83
3. Irrigoscopy	71.09	0.70	1,262	0.15	139.00	1.27	1,622	0.23
4. Intestinum	37.77	0,37	3,505	0,42	39.56	0.37	4,004	0.57
5. Oesophagus	0.95	0.01	982	0,11	1.03		950	0.13
Ukupno:	350.63	3.51	363,158	43.65	678.96	6.37	291,516	41.16
Masovna fluoroscopija	34.17	0.34	113,830	13.50	45.26	0.41	124,163	17.50
Ukupno	10,064.84	100.00	836,795	100.00	10,623.80	100.00	708,419	100.00

T A B E L A V-A

SREDNJA VREDNOST GONADNE DOZE U mr ZA RAZLIČITE TIPOVE PREGLEDA U RAZLIČITIM USTANOVAMA - MUŠKI

Vrsta pregleda	Klinika	Druge bolnice	Poliklinike	Zdravstveni domovi	bolnice za tuberkulozu	Zubne ambulante	Centar za masovnu fluoroskopiju
			Radiografski pregledi				
1. Pelvis i vertebra lumbosacralis	145(3)	536(47)	96.4(2o)	192(31)			
2. Pyelogram	16o(3)		1o4(15)				
3. Femur	15o(1)	485(5)	72.8(5)	5.0(1)			
4. PC	0.24(26)	0.96(43)	0.007(11)	0.12(17)	16.4(24)		
5. Angiographia:abdomen		328(5)					
6. Ruka i ručni zglob	0.1o(1)	6.6(32)	0.18(8)	0.11(1o)			
7. Abdomen	515(2)	43.0(2)	9.0(3)				
8. Cystographia	153(4)						
9. Lubanja	0.07(63)	1o.3(8)	0.06(8)	0.12(15)	0.35(2)		
1o. Sinographia: PC		3.9(12)	0.62(23)	13.0(3)	1.2(48)		
11. Zubi	0.35(4)	1.33(1)				0.81(72)	
12. Cholecystographia	0.59(8)	22.0(3)	0.45(1)				
13. Kolano		2.31(18)	0.81(12)	1.11(6)			
14. Vertebra thoracalis	8.0(4)	7.5o(5)	1.8(4)				
15. Rebra		4.5(1)	0.02(2)	0.11(3)			
16. Noga i stopalo	0.18(2)	0.4o(62)	0.13(12)	0.04(2)			
17. Irrigographia	0.8o(6)	32.0(1)	3.4(2)				
18. Želudac i duodenum	0.47(2)	1.4(18)	0.2o(12)	1.21(8)			
19. Vertebra cervicalis	1.6(6)	0.03(3)	0.26(2)	0.08(5)			
2o. Ramus		0.1o(1)	0.16(5)				
21. Intestinum	0.4o(1)						
22. Pneumoencephalographia			0.25(1)				
23. Masovna fluoroskopija							0.13(1o)
			Diaskopski pregledi				
1. PC	0.26(3)	0.98(78)	0.67(8)	0.25(52)	0.34(1o7)	0.78(11)	
2. Želudac i duodenum	3.5o(1)	1o.2(46)	2.55(22)	0.69(3o)		2.7(1)	
3. Irrigoscopia	68.3(4)	69.0(4)	18.8(3o)				
4. Intestinum	3.0(1)		13.3(5)				
5. Oesophagus		2.6o(2)	0.95(2)				

Op.: Brojevi u zagradi predstavljaju brojeve izvršenih merenja.

T A B E L A V-B

SREDNJA VRIJEDNOST DOZE U mr ZA RAZLIČITE TIPOVE PREGLEDA U RAZLIČITIM USTANOVAMA - ŽENSKE

Vrsta pregleda	Klinika	Druge bolnice	Poliklinike	Zdravstveni domovi	Bolnice za tuberkulozu	Zubne ambulante	Centar za masovnu fluoroskopiju
Radiografski pregledi							
1. Pelvis i vertebra lumbosacralis	7.88(7)	206(41)	136(8)	35.5(33)			
2. Pyelogram	202.0(1)	528(12)	258(13)				
3. PC	0.068(9)	1.20(15)	0.26(2)	0.40(16)	40.3(23)		
4. Ruka i ručni zglob	0.001)1)	0.113(23)	7.12(4)	0.03(11)			
5. Abdomen		19.8(1)					
6. Koleno		0.80(21)	0.036(2)	0.12(2)			
7. Vertebra thoracalis		5.06(21)		2.42(7)			
8. Lubanja	1.37(18)	0.92(19)		0.04(23)			
9. Tomographia: PC		15.7(16)	0.052(20)		8.64(42)		
10. Zubi						0.33(138)	
11. Cholecystographia	1.32(1)	6.55(8)		4.03(7)			
12. Nadlaktica i lakatni zglob		0.18(5)					
13. Noga i stopalo		0.097(24)					
14. Irrigographia	362(7)	351(7)	120(8)				
15. Želudac i duodenum	4.5(4)	0.57(3)	0.32(3)	2.01(3)			
16. Vertebra cervicalis		0.33(8)		7.74(10)			
17. Kame		0.47(6)	0.10(1)	2.14(8)			
18. Oesophagus		0.12(1)					
19. Hysterosalpingographia			139(14)				
20. Trudnoća			500(3)				
21. Masovna fluoroskopija							0.35(5)
Diaskopski pregledi							
1. PC	1.58(3)	0.86(71)	0.32(3)	1.75(22)	0.47(114)	6.34(8)	
2. Želudac i duodenum	30.9(3)	6.70(45)	1.52(9)	4.24(27)			
3. Irrigoscopia	101(4)	92.1(5)	134(12)				
4. Intestinuum	21.4(2)		0.26(3)				
5. Oesophagus		0.44(1)	1.49(2)				

TAB.1. /nastavak/

	500	7	50	čiste	98,6
	2000	7	290	masne	99,6
	2000	20	100	"	99,0
	2000	20	100	"	99,0
	2000	5	400	"	99,7
	2000	5	400	"	99,7
Pamučne bluze	1000	fon	oo	masna	100
	500	"	"	čista	100
	600	"	"	"	100
	2000	"	"	masna	100
	2000	"	"	"	100
	2000	"	"	"	100
Čebad	500	"	"	čista	100
	700	"	"	"	100
	650	"	"	"	100

Na osnovu vrednosti faktora dekontaminacije i procenta uklonjene aktivnosti može se zaključiti da se u uslovima kontaminacije sinterovanim česticama radioaktivnih padavina postupak hemijskog čišćenja odeće tečnim trihloretilenom u mašini INOX D-24 može efikasno primeniti za dekontaminaciju.

Na odeći od vunenog štofa zadržava se nešto više kontaminanta zbog rastrestitosti materijala,no ova količina je bezopasna kako sa gledišta ozračivanja tako i sa gledišta mogućnosti interne kontaminacije.

Vunena čebad upotrebljena za ove oglede bila su u lošem stanju.Opale dlačice vune uslovile su i povoljan efekat dekontaminacije. Kod nove čebadi mogu se očekivati rezultati kao i za vunenu odeću, tj. uklanjanje 98-99 % aktivnosti.

Uzorci trihloretilena posle obavljenog pranja /dekontaminacije/ nisu pokazivali nikakvu radioaktivnost što znači da se bez dekontaminacije trihloretilena može obaviti neograničen broj pranja, uz dodavanje svežih količina na račun normalnog rashoda koji nastaje u procesu rada mašine.

Distribucija čestica sintetičkog radioaktivnog kontaminanta bila je sledeća: u filtru za vazduh zadržano je oko 5 %,u grubom odvajaču oko 10 %, a u talogu na disk filtrima oko 85 % od ukupne aktivnosti.

Zaključak

Primena postupka hemijskog čišćenja trihloretilenom u mašini tipa INOX D-24 efikasna je za dekontaminaciju tekstilnih tkanina kontaminiranih česticama radioaktivnih padavina.

Da bi se mašina mogla koristiti za dekontaminaciju potrebno je izvršiti manje prepravke da bi se postigla bolja hermetizacija i zaštita od zračenja. U protivnom ne postoje uslovi za radiološku bezbednost rada.

Postupak pranja trihloretilenom ne može se koristiti za dekontaminaciju tekstilnih tkanina gde je izmedju kontaminanta i vlakna uspostavljena fizičkohemijska veza. Postupak je ograničen samo na uklanjanje mehanički vezanih čvrstih čestica radioaktivnih padavina.

Mišljenja smo da ovaj postupak za slučaj kontaminacije česticama radioaktivnih padavina ima prednost nad mašinskim pranjem u vodi sa sredstvima za pranje /deterdžentima/, jer je vreme za dekontaminaciju kraće,a osnovna prednost je u tome što ne nastaju velike količine otpadnih radioaktivnih voda.

Abstract

The applicability of the chemical cleaning process for the decontamination of clothes and other textile ware/woolen and cotton fibres/,contaminated with local fallout particles after a groung surface shot is investigated.

The clothes are contaminated with the synthetic particulate contaminant,tagged with the radioisotope Ce-141.The decontamination effectivenes is estimated for the whole cleaning cycle under the normal working conditions of the machine.The experimental results show that the chemical cleaning process could be effectively applied for the radiological decontamination of clothes.

Literatura

1. S.Prosner; J.Bennick
   Preparation of insoluble aerosols containing mixed fission products. LF-31,1966.
2. S.Posner.
   Preparation of insoluble aerosols.
   Health Physics,vol.10,No 12,1964
3. Jelić Lj; Božović H; Mijović D; Cavrić I.
   Sintetička radioaktivna prašina.
   Naučno-tehnički pregled,god.XVII,No 3,1967.

RADIOLOŠKA DEKONTAMINACIJA ODEĆE PROCESOM MAŠINSKOG PRANJA

Nijović D.,Jelić Lj.,Božović R.,Ristić M.,Cavrić I.

Institut za tehničko-medicinsku zaštitu,Beograd

Rezime

Ispitivana je radiološka dekontaminacija odeće postupkom standardnog pranja u mašinama velikog kapaciteta. Vunena i pamučna odeća je kontaminirana sintetičkim praškastim kontaminantom obeleženim sa radioizotopom Ce-141. U procesu pranja korišćeni su domaći komercijalni deterdženti. Eksperimentalni rezultati su pokazali da proces pranja efikasno može da se primeni za dekontaminaciju odeće, kontaminirane česticama radioaktivnih padavina.

Uvod

Kontaminacija odeće sa radioaktivnim izotopima predstavlja vrlo važan i ozbiljan problem naročito pri nuklearnim eksplozijama kada dolazi do obimnih i visokih kontaminacija odeće. Kontaminirana odeća mora odmah da se delimično dekontaminira istresanjem a zatim se vrši potpuna dekontaminacija pranjem.

Dozvoljeni nivoi kontaminacije za odeću su vrlo niski, i isti su ili približni dozvoljenim nivoima kontaminacije za površinu tela /1/.

U slučajevima masovnije kontaminacije, odeća bi mogla da se potpuno dekontaminira /posle istresanja/ u mašinama za pranje veša velikog kapaciteta. Ovakve mašine poseduju servisi, ustanove, Armija i domaćinstva. One bi mogle u slučaju potrebe da se koriste i za radiološku dekontaminaciju, te smo u tom cilju i vršili ova ispitivanja.

Laboratorijski rad

Eksperimentima radiološke dekontaminacije odeće u mašinama za pranje veša predhodili su laboratorijski opiti. Oni su predstavljali prvu fazu ispitivanja i vršeni su na uzorcima tekstila od koga je izradjeno ispitivano odelo. Uzorci su bili veličine 10x10 cm. Kontaminacija je izvodjenjasa sintetičkom radioaktivnom prašinom /2/, specifične aktivnosti 0,8 μCi/gr. Merenje je vršenc monitorom zračenja MZ-1. Ispitivanje je imalo za cilj da se dobije uvid u postupak pranja koji bi bio najefikasniji za dekontaminaciju, odnosno da se odredi broj operacija pranja, optimalna temperatura, koncentracija i vrsta deterdženta kao i količina rastvora potrebnog za pranje 1 kg suvog veša.

Ogledi na ovako malim uzorcima nisu bili dovoljni za donošenje zaključaka o uslovima mašinskog pranja. Neophodno je bilo proveriti laboratorijske rezultate na većim uzorcima tekstila ili izvršiti ispitivanja radiološke dekontaminacije odeće mašinskim putem. Na osnovu laboratorijskih ogleda uspešno je izvršeno ispitivanje efikasnosti domaćih komercijalnih deterdženata za radiološku dekontaminaciju. Na osnovu ovih opita dobijen je relativan redosled efikasnosti deterdženata. Najbolji FD su dobijeni sa 0,5% rastvorom deterdženta "plavi radion", zatim sledi "tajm" itd. To nam je omogućilo da sa odredjenim deterdžentima koji daju najveći efekat pri radiološkoj dekontaminaciji pristupimo eksperimentalnom radu dekontaminacije odeće u mašinama za pranje veša velikog kapaciteta.

Eksperimentalni rad

Za ispitivanje radiološke dekontaminacije korišćemo je odelo od vunenih i pamučnih tkanina i pamučni veš.

Tok eksperimenta se sastojao od kontaminacije u komori, istresanja odeće, merenja, dekontaminacije u mašinama za pranje

veša i ponovnog merenja.

Zadatak ovih eksperimenata bio je da se ispita efikasnost radiološke dekontaminacije odeće u mašinama prema postojećim uputstvima, kao i da se ispita modifikovani način, ukoliko ovaj ne odgovara. Da se proveri efikasnost domaćih komercijalnih deterdženata namenjenih za pranje odeće u mašinama velikog kapaciteta. Osim toga, trebalo je da se ispita veličina vodenog modula za dekontaminaciju odeća na osnovu koga bi se moglo dopisati uputstvo rada pri dekontaminaciji u mašinama različitog kapaciteta.

Kontaminacija

Kao kontaminant za izvodjenje ogleda upotrebljavana je sintetička radioaktivna prašina kojoj je radioaktivna komponenta bio Ce^{141} a nosač zemlja /2/. Ce^{141} se nije ispirao iz čestica nosača vodom niti rastvorom deterdženta, te sva registrovana aktivnost na površini odela dolazila je od čestica kontaminanta. Sintetička radioaktivna prašina po svojim osobinama odgovara osobinama fallout-a nastalog pri prizemnoj nuklearnoj eksploziji. Čestice su bile prečnika 65-160 μ. Specifična aktivnost kontaminanta iznosila je 0,28 mCi/gr.

Kontaminacija je izvodjena u komori. Komora je bila sagradjena od drvenog skeleta presvučenog polivinilskim folijama i hermetizovana. U njoj je odeća postavljana na drvene modele. Ispitivana odeća je kontaminirana u suvom i vlažnom stanju. Kontaminant je ubacivan u komoru preko raspršivača pod pritiskom od pet atmosfera. Pri kontaminaciji u komori se stvarao oblak kontaminanta, koji se ravnomerno taložio po odelu. Na horizontalnim površinama srednja gustina kontaminanta je iznosila 1,5 mg/cm^2. Komora je otvarana posle 24 časa, da bi se kontaminant slegao na površinama. Odelo je skidano sa modela, istresano i nošeno na se-

renje.

Merenje je vršeno sa monitorom zračenja MZ-1 pre i posle dekontaminacije, i to posle istresanja kontaminiranog odela i posle centrifugiranja. Osim toga vršena je i kontrola merenja posle sušenja pri čemu smo konstatovali da se dobijaju isti rezultati kao i posle centrifugiranja. Pored toga, pojedina kontaminirana odela merena su i pre istresanja da bi se dobio podatak o tome, koji deo kontaminanta se uklanja na taj način. Odelo je mereno na više mesta koja najviše dolaze u kontakt sa telom i rukama i koja su najviše izložena kontaminaciji. Meranje je vršeno i duž cele površine odela - duž šava. Merenje je izvodjeno na 1 cm odstojanja od površine odela. Ovakvim postupkom merenja dobijena je slika o količini prisutnog kontaminanta na celoj površini odela pre i posle dekontaminacije.

Dekontaminacija

Dekontaminacija odeće sastojala se od 3 faze: pranje, centrifugiranje i sušenje. Ustvari, dekontaminacija odeće predstavlja samo proces pranja dok su ostale operacije sporedne - prateće operacije. Ogled dekontaminacije tekao je ovim redom: ubacivanje odeće u mašinu, pranje i centrifugiranje, merenje, sušenje i kontrola osušenog odela. U mašinama za pranje veša ispitivana j je metoda prema uputstvu i modifikovana - skraćena metoda /2/.

U tabeli br. 1 prikazana je metoda dekontaminacije prema uputstvu pranja za datu mašinu. Ovom metodom kontaminirana je odeća od vunene i pamučne tkanine uz korišćenje 0,3% rastvora deterdženta "plavi radion".

U tabeli br. 2 prikazana je metoda dekontaminacije metodom pranja skraćenim postupkom. Ova metoda razlikovala se od prve, po tome, što je primenjeno jedno, umesto dva pranja.Na taj način ceo postupak je skraćen i smanjen utrošak rastvora deter-

dženta. Za pranje je korišćen deterdžent "plavi radion" a ispitivan je i deterdžent "tajm" koji je dao slabije rezultate.

TAB. br. 1

Metoda dekontaminacije prema uputstvu pranja za datu mašinu /metoda I/

operacije		temperatura obrade /C°/	vodeni modul	utrošak vode /lit./
kvašenje	v.o.*	40	6,7	200
	p.o.**	80		
pranje I	v.o.	40	4,7	140
	p.o.	80		
pranje II	v.o.	40	4,7	140
	p.o.	80		
ispiranje	v.o.	40	4,7	140
	p.o.	80		
ispiranje sa proticanjem	v.o. p.o.	25	6,7	200

TAB. br. 2

Metoda dekontaminacije skraćenim postupkom pranja /metoda II/

operacije		temperatura obrade /C°/	vodeni modul	utrošak vode(lit)	utrošak deterdžen. /gr./
kvašenje	v.o.	40	6,7	200	350
	p.o.	80			400
pranje	v.o.	40	4,7	140	300
	p.o.	80			350
ispiranje	v.o.	40	4,7	140	
	p.o.	80			
ispiranje sa proticanjem	v.o. p.o.	25	6,7	200	

* v.o. - vunena odeća; ** p.o. - pamučna odeća

U tabelama 1 i 2 date su temperature obrade, vodeni moduli i utrošak vode za pojedine operacije. U njima nije uneto vreme potrebno za punjenje mašine, jer je to pripremna radnja za postupak pranja. Ovaj postupak je u toku naših ogleda znatno skraćen jer je kontaminirano odelo posle merenja stavljano u polietilenske kese, pa je direktno iz njih ubacivano u bubanj mašine. Na taj način je sprečena kontaminacija otvora mašine i radnika. Po uputstvu odelo se ubacivalo ručno i samim tim bi došlo do stresanja kontaminanta na prednji deo mašine što je ovakvim postupkom sprečeno.

Pored gore navedenih vrednosti, u tabelama je dat i vodeni modul za pojedine operacije, koji predstavlja odnos količine vode prema težini suve odeće. Ovaj podatak unet je iz razloga što njegovo poznavanje sprečava primenu određena metode i za perionice različitih kapaciteta. Prema literaturi /3/ optimalni vodeni modul za pranje u mašinama je 5 dok se za ručno pranje povećava na 10-15. Medjutim, kada se pranje primenjuje za radiološku dekontaminaciju odeće, tada se primenjuje vodeni modul 5-6, a za ispiranje oko 8. Odnos količine vode prema težini suve odeće iznosio je u našim ogledima 4,7 za pranje i prvo ispiranje, dok je za kvašenje i drugo ispiranje dostizao 6,7.

Izneti rezultati u tabelama predstavljaju srednju vrednost 7 merenih odela za vunenu odeću, 14 merenih odela za pamučnu odeću i 20 merenih odela za rublje. Početna aktivnost, tj. merena vrednost kontaminacije posle istresanja predstavljala je oko 20% stvarne vrednosti veličine kontaminacije na odelu jer se 80% uklanjalo stresanjem. Pri ocenjivanju efikasnosti opisanih metoda, uzete su srednje vrednosti procenata uklonjene aktivnosti koje daju pojedine metode i unete su u sledeću tabelu.

TAB. br. 5

Efikasnost dekontaminacije odeće korišćenim metodama

metod	% skinute aktivnosti		
	vunena odeća	pamučna odeća	pamučno rublje
metoda I	100	100	100
metoda II /radion/	100	99	96
" /tajm/	96	98	97
" /vlažna odeća/	99	90	97

Kao što se vidi u tabeli, metodom I postiže se potpuna dekontaminacija svog ispitivanog odela. Metodom II dobijeni su zadovoljavajući rezultati, naročito kada se koristi deterdžent "plavi radion". Metodom II /vlažno kontaminirano odelo/ dobijeni su slabiji rezultati, jer se kontaminant sa mokrog odela mnogo manje uklanjao istresanjem. Ponovnim pranjem dobili smo zadovoljavajuće rezultate. Ako se posmatra efikasnost dekontaminacije po vrsti odeće, može se reći da se u svim ogledima vunena odeća najbolje dekontaminira, pa onda sledi pamučno rublje i odelo. Smatramo da su na osnovu dobijenih rezultata, izabrane metode rada dale jasan uvid u mogućnost dekontaminacije odeće mašinama za pranje odela velikog kapaciteta. Treba naglasiti da bi rezultati reda bili mnogo bolji da nisu uzeti najnepovoljniji uslovi, tj. da nije ispitivano iscepano,neupotrebljivo odelo, jer se kontaminant na masnim i iscepanim delovima znatno više zadržavao. Korišćenjem mašina za radiološku dekontaminaciju odeće, skratilo bi se vreme i smanjilo ozračivanje osoblja koje je veliko pri ručnom pranju. Ručno pranje treba koristiti samo kada nema mašina. Eksperimentima odredjena veličina vodenog modula omogućava korišćenje svih mašina za pranje odeće, bez obzira na kapacitet.

Abstract

For the purpose of radiological decontamination of clothes standard laundere process in high capacity washing machines is evaluated. Woolen and cotton clothesare contaminated with synthetic particulate contaminant tagged with radioisotope ^{141}Ce. For the washing process common commercial detergents are used. The experimental results have confirmed that clothes, contaminated with fallout particles, can effectively be decontaminated by laundering process.

Reference

1. Spode E., Chem. Techn., 11, 603 /1959/.
2. Jelić Lj. and al., Naučno-tehnički pregled, 3, 37 /1967/.
3. Zubkin A.S., Obezzaraživanie territorii, sooružanij i transporta, podvergšihsja vozdejstviju oružja massovogo poraženija, 114 /1965/.Atomizdat, Moskva.
4. Gorodinski T.M. and al., Dezaktivacija sredstv individualnoj zaščiti i zaščitnih pokritij, 48 /1964/, Atomizdat, Moskva.
5. Navolin F.V., Himija i tehnologija sintetičeskih mojuščih sredstv, /1964/, Piščevaja promišljenost, Moskva.

KONTAMINABILNOST GUMIRANIH PLATNA I NJIHOVA RADIOLOŠKA DEKONTAMINACIJA

Ristić M.
Institut za tehničko-medicinsku zaštitu, Beograd

Rezime

U radu su izloženi rezultati ispitivanja stepena kontaminacije i mogućnosti radiološke dekontaminacije gumiranih platna, koja se upotrebljavaju za izradu rezervoara za deponovanje čiste vode. Materijali su kontaminirani vodenim rastvorima izotopa: ^{131}J, ^{89}Sr i ^{144}Ce + ^{144}Pr. Dekontaminacioni opiti vršeni su česmenskom vodom i sa 0,5% rastvorom deterdženta. Na osnovu eksperimentalnih rezultata data je ocena upotrebljivosti materijala za izradu rezervoara za čuvanje vode.

Uvod

Potencijalna mogućnost zagadjenja sistema za snabdevanje vodom, postavila bi u prvi plan problem kontaminacije čiste vode. Ovc pitanje najlakše bi bilo rešeno sprečavanjem ulaska radioaktivnih kontaminanata u rezervoare, gde bi se ona čuvala u vanrednim prilikama. Kod procenjivanja opasnosti koje proističu iz kontaminacije spoljašnjih površina rezervoara, neophodno je znati stepen kontaminabilnosti materijala i u kojoj meri i pod kakavim okolnostima mogu da zaštite vodu od prodiranja radioaktivnih izotopa.

Radi dobijanja ovih podataka pristupljeno je ispitivanju stepena kontaminacije i mogućnosti radiološke dekontaminacije gumiranih platna od kojih bi bili izradjeni zaštitni rezervoari. Izvršena ispitivanja odnose se na gumirane materijale (ASSTT, AGSTL i BSSTT), koji s lica imaju sloj gume na bazi polihloroprena debljine 0,3-0,4 mm a sa druge strane, gumu na bazi hlor-

sulfoniranog polietilena iste debljine.

Kontaminacija uzoraka vršena je sa rastvorima pojedinačnih fisionih produkata: ^{131}J, ^{89}Sr i ^{144}Ce + ^{144}Pr. Svi rastvori pripremani su sa destilovanom vodom. pH rastvora bilo je 6-7. Navedeni izotopi bili su bez nosača u obliku jedinjenja NaJ, $SrCl_2$ i $CeCl_3$. Ogledi kontaminacije izvedeni su sa rastvorima sledećih koncentracija: $9,7x10^{-10}$ - $2,7x10^{-9}$ mol/l. Ove koncentracije su prema C.H.Miller-u (1) na nivou onih, koje se mogu očekivati u radioaktivnim padavinama jedan dan nakon nuklearne eksplozije.

Kao materije za dekontaminaciju upotrebljene su česmenska voda i 0,5% rastvor deterdženta "plavi radion".

Eksperimentalni rad

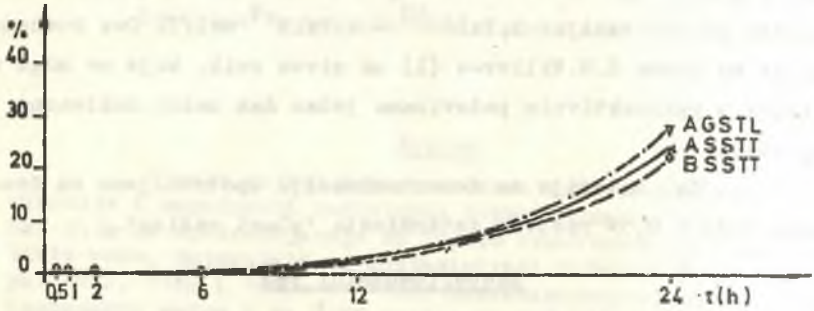
Za ispitivanje kontaminabilnosti korišćena je metoda "nanošenja kapi" (1,2). Na uzorke kružnog oblika Ø 2 cm nanošen je rastvor kontaminanta u obliku kapi. Zapremina kapi iznosila je 250λ. Kontaminacija uzoraka praćena je u funkciji vremena 0,5, 1, 2, 6 i 24 časa. Uzorci sa nanetim kontaminantom ostavljani su otkriveni na sobnoj temperaturi. Posle odredjenog vremena ostatak kapi otklanjan je blagim upijanjem papirnatom vatom. Nakon upijanja kapi, adsorbovana aktivnost merena je na zvonastom GM-brojaču. Posle merenja zaostale aktivnosti vršena je dekontaminacija uzoraka pranjem sa po 50 ml vode, odnosno sa 50 ml rastvora deterdženta. Uzorci su zatim sušeni i ponovo mereni.

Rezultati i diskusija

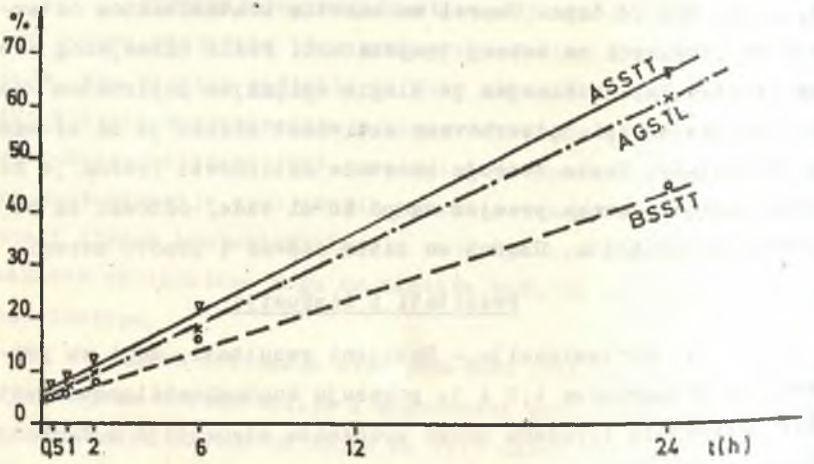
1. Kontaminacija.- Dobijeni rezultati, koji su prikazani na dijagramima 1,2 i 3, pokazuju kontaminabilnost ispitivanih materijala izraženu preko procenata adsorbcije u funkciji vremena kontaminacije.

Sa dijagrama 1,2 i 3 može se videti da procenat adsorbcije u prvom redu zavisi od vremena kontakta površine sa kontaminantom. Istovremeno uporedjujući ove dijagrame evidentno

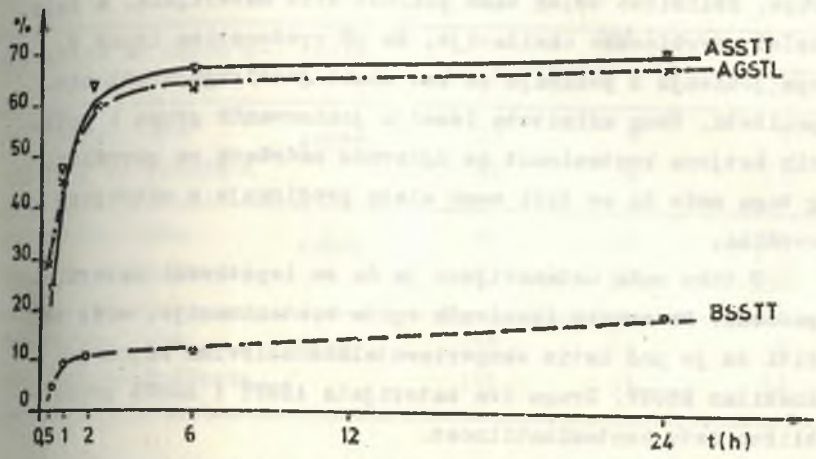
je, da se za isto vreme kontaminacije svi radioaktivni izotopi ne adsorbuju u podjednakom stepenu. Svakako da na ovo, pored ostalog utiču i razlike u valentnosti kao i znaku naelektrisanja radioaktivnog jona.



Dijagram br.1. Kontaminabilnost ^{131}J izražena preko % adsorbcije u funkciji vremena kontaminacije



Dijagram br.2. Kontaminabilnost ^{89}Sr izražena preko % adsorbcije u funkciji vremena kontaminacije



Dijagram br. 3. Kontaminabilnost ^{144}Ce + ^{144}Pr izražena preko % adsorbcije u funkciji vremena kontaminacije

Interesantno je ponašanje ^{131}J. U odnosu na $^{144}Ce+^{144}Pr$ i ^{89}Sr on se vrlo sporo vezuje i njegova adsorbcija je neznatna za 0,5, 1, 2 i 6 časa (0,08-0,35%), dok se kod vremena kontaminacije od 24 časa ona povećava. Objašnjenje ove pojave trebalo bi tražiti u činjenici da se on prvo oksiduje i prelazi u elementarni jod i tek onda hemijski reaguje sa dvogubim vezama ispitivanih materijala (2). Oksidacija jodida u elementarni jod u slabo kiselcj ili neutralnoj sredini (pH 6-7) je relativno spor proces pa je zbog toga hemosorbcija ^{131}J znatno sporija od adsorbcije $^{144}Ce+^{144}Pr$ i ^{89}Sr.

Procenat adsorbcije ^{89}Sr proporcionalno raste sa dužinom vremena kontaminacije (4-64%). Kod $^{144}Ce+^{144}Pr$ nastaje naglo povećanje adsorbcije u vremenu od 0,5-2 časa (3-64%). Daljim povećanjem vremena kontaminacije krive pokazuju saturacioni tok.

Prema Stewenson-u (3) jonska izmena verovatno predstavlja najvažniji mehanizam adsorbcije polivalentnih katjona u po-

površinskoj kontaminaciji radioizotopima. Organske površine kao boje, plastične mase, pamuk, guma i drugo poseduju površinski kisele grupe, delimično usled same prirode ovih materijala, a delimično usled površinskke oksidacije. Na pH vrednostima iznad 2, ove grupe jonizuju i ponašaju se kao slabi jonoizmenjivači niskog kapaciteta. Zbog afiniteta izmedju jonizovanih grupa i polivalentnih katjona kontaminant se uglavnom zadržava na površini, te zbog toga može da se javi samo slabo prodiranje u mikropore ovih površina.

U toku rada ustanovljeno je da su ispitivani materijali hidrofobni. Na osnovu izvedenih opita kontaminacije, može se zaključiti da je pod istim eksperimentalnim uslovima najmanje kontaminabilan BSSTT. Druga dva materijala ASSTT i AGSTL pokazuju približno istu kontaminabilnost.

2. Dekontaminacija.- U tabelama 1,2 i 3 prikazani su faktori dekontaminacije (FD), koji su postignuti sa česmenskom vodom i sa 0,5% rastvorom deterdženta "plavi radion".

TAB. br. 1

Dekontaminacija gumiranih platna;kontaminant ^{131}J

materije za dekontaminaciju	vrste platna	FD		
		0,5	6	24
česmenska voda	ASSTT	∞	893	5
rastvor deterdženta		∞	1531	6
česmenska voda	AGSTL	∞	1140	24
rastvor deterdženta		∞	1410	5
česmenska voda	BSSTT	∞	1480	5
rastvor deterdženta		∞	1884	7

TAB.br. 2

Dekontaminacija gumiranih platna;kontaminant ^{89}Sr

materije za dekontaminaciju	vrste platna	FD		
		0,5	6	24
česmenska voda	ASSTT	33	8	7
rastvor deterdženta		97	21	11
česmenska voda	AGSTL	51	10	8
rastvor deterdženta		183	28	30
česmenska voda	BSSTT	56	11	8
rastvor deterdženta		196	36	33

TAB.br. 3

Dekontaminacija gumiranih platna;kontaminant $^{144}Ce+^{144}Pr$

materije za dekontaminaciju	vrste platna	FD		
		0,5	6	24
česmenska voda	ASSTT	25	8	6
rastvor deterdženta		80	10	10
česmenska voda	AGSTL	27	13	3
rastvor deterdženta		82	29	10
česmenska voda	BSSTT	90	56	8
rastvor deterdženta		266	65	28

Medju ispitivanim dekontaminacionim materijama veću dekontaminacionu moć pokazuje rastvor deterdženta "plavi radion". Deterdženti se prvenstveno primenjuju ako su prisutna zaprljanja uljem, mašću ili česticama. Medjutim, poznato je da su skoro sve površine pokrivene veoma tankim masnim filmom, usled izlaganja zagadjenoj atmosferi a kod organskih materija i zbog površinske

oksidacije. U osnovi dekontaminacije pomoću površinski aktivnih materija leže procesi njihove adsorbcije na granicama faza, smanjenje površinskog napona vode i povećanje njene sposobnosti kvašenja i pranja a samim tim i uklanjanja masnog filma zajedno sa kontaminantom.

Pod ovim eksperimentalnim uslovima postignut je bolji efekat kada je dekontaminacija započeta ranije. Kod vremena kontaminacije od 0,5 časa postignuti su faktori dekontaminacije od 25- ∞, što znači, da se uklanja od 96-100% kontaminanta. Ali, posle 24 časa postignuti faktori su čak i ispod 5 (80% uklonjene aktivnosti). Zbog svega toga, za uspešno izvodjenje dekontaminacije ovih materijala, neophodno je dekontaminaciju početi odmah posle završene kontaminacije.

Zaključci

1. Uporedo je ispitivan stepen kontaminacije i mogućnosti radiološke dekontaminacije gumiranih platna (ASSTT, AGSTL i BSSTT), kontaminiranih pojedinačnim radioaktivnim izotopima: ^{131}J, ^{89}Sr i $^{144}Ce + ^{144}Pr$.

2. Ustanovljeno je da procenat adsorbcije radioaktivnih izotopa zavisi od vremena kontakta površine sa kontaminantom:

- adsorbcija ^{131}J, za 0,5,1,2 i 6 časa je neznatna (0,08-0,35%), dok se kod vremena kontaminacije od 24 časa ona povećava (23-28%);
- adsorbcija ^{89}Sr proporcionalno raste sa dužinom vremena kontaminacije (4-64%);
- kod $^{144}Ce + ^{144}Pr$ nastaje naglo povećanje adsorbcije u vremenu od 0,5-2 časa (3-64%).

3. Radioaktivni izotopi vezuju se površinski, ne prodiru u dubinu materijala, te ne postoji opasnost da će u zatvorenim ili dobro pokrivenim rezervoarima doći do kontaminacije vode.

4. Pod istim eksperimentalnim uslovima od svih ispiti-

vanih gumiranih materijala najmanje je kontaminabilan BSSTT.

5. Od upotrebljavanih dekontaminacionih materija veću dekontaminacionu moć pokazuje 0,5% rastvor deterdženta "plavi radion".

6. Za uspešno izvodjenje dekontaminacije ovih materijala neophodno je dekontaminaciju započeti što pre. Na taj način može se ukloniti 96-100% kontaminanta.

7. S obzirom na to što su ova gumirana platna predvidjena za izradu rezervoara za čistu vodu, smatramo da ona u ovim eksperimentalnim uslovima potpuno zadovoljavaju.

Abstract

This paper describes the estimation of contamination and decontamination of rubber clothes materials that can be used for water storage reservoir construction. The materials are contaminated with the aquas solutions of radioisotopes ^{131}J, ^{89}Sr and ^{144}Ce + ^{144}Pr. The decontamination tests are conducted with the tap water and 0,5% detergent solution. On the base of the experimental results the usefulness of materials for the construction of water storage reservoir is given.

References

1. C.F. Miller, R.Cole and N.J. Heiman, Journal of Coloid Science, 13, 337 (1958)
2. P.C. Tompkins, O.M. Bizzell and C.D. Watson, Nucleonics, 7, 2, August (1950)
3. D.G. Stewenson, "Radiological Decontamination", Research, London, 13, 10, 38, 3-9 (1960)

DEKONTAMINACIJA RADIOAKTIVNIH EFLUENTOV

Pirš M.

Nuklearni inštitut "Jožef Stefan", Ljubljana

Povzetek

Kationski izmenjalec s stabilno zrnato strukturo smo sintetizirali iz bentonita in šote. Raziskave so pokazale, da izmenjalec dobro veže cezij in stroncij, ne adsorbira pa trovalentnih elementov. Kapaciteta je odvisna od koncentracije raztopine. V prisotnosti alkalijskih soli veže cezij selektivno. V razredčenih cezijevih raztopinah prisotnost alkalijskih soli ne vpliva na kapaciteto, pri višjih koncentracijah pa se kapaciteta zniža.

Uvod

Pri čiščenju radioaktivnih odpadnih vod igrajo naravni organski in anorganski ionski izmenjalci veliko vlogo. Posebna prednost naravnih izmenjalcev je njihova nizka cena. Razen tega kažejo nekatere gline posebne lastnosti glede selektivitete cezija. V nasprotju s sintetskimi ionskimi izmenjalci, ki zaradi visoke cene zahtevajo večkratno uporabo, se naravni izmenjalci uporabljajo samo enkrat.

Kot naravni poceni ionski izmenjalci pridejo v poštev predvsem silikatne gline n.pr. montmorilonit, nontronit, vermikulit, kot organski izmenjalci pa huminske kisline (1) vsebujoče substance n.pr. šota ali rjavi premog. Rjavi premog se uporablja v poskusnem pogonu v Molu (2), vermikulit gline v Harwellu (3). Montmorilonitne gline z visoko izmenjalno kapaciteto se uporabljajo pri odstranjevanju fisijskih produktov iz visoko radioaktivnih spojin pri čiščenju odpadnih vod, ker pri žarenju vežejo radionuklide ireverzibilno in jih lahko kot take vskladiščimo. Struktura

Struktura glinastih izmenjalcev se pri temperaturah od 900 do 1200° C poruši in fiksira adsorbirane ione ireverzibilno (4). Vendar pa imajo naravni ionski izmenjalci nekatere lastnosti zaradi katerih jih ne moramo brez nadaljnjega uporabiti za čiščenje radioaktivnih odpadnih vod. Silikatne gline večinoma močno nabrekajo ter zaradi tega otežkočajo delo v kolonah. Organske huminske kisline se ne morejo uporabiti v alkalnem območju, ker kapaciteta močno zavisi od pH. Lahko topni alkalijski humati povzročajo, da pri pH >7 iztekajo iz kolon močno obarvane raztopine.

S kombinacijo huminske kisline in bentonita smo poskušali odpraviti te pomanjkljivosti. S sintezo bentonita in šote lahko dobimo izmenjalce s stabilno zrnato strukturo, ki do pH 9 ne spreminjajo bistveno svojih lastnosti. To dejstvo je bistveno važno zaradi sheme, ki jo planiramo za čiščenje odpadnih vod, da najprej oborimo z dodatkom sode dvo ali trivalentne kovine in nam zaradi tega ostanejo alkalni filtrati.

Pridobivanje in lastnosti izmenjalcev šota-bentonit

Za sintezo izmenjalca smo najprej zmleli na zraku posušen bentonit in šoto. Zmleti šoti smo nato dodali amonijak v prebitku in ugrevali dve do tri ure na 80 - 90° C. Glavna množina huminske kisline v šoti se pri tem pretvori v vodotopni amonhumat, ki omogoča dobro spajanje z dodatnim bentonitom. Maso sušimo pri 110° C, kjer izhlapi prebitni amonijak ter jo nato zdrobimo in presejemo, da dobimo zrna željene velikosti. Po nabrekanju izmenjalec še speremo z vodo in je s tem pripravljen za uporabo. Uporabljali smo zrna velikosti 576 - 1600 mesh/cm^2. Najboljše rezultate dobimo z delci med 576 - 900 mesh/cm^2. Manjši delci od 900 - 1600 mesh/cm^2 sicer mašijo močno kolone, vendar so efluenti močno rjavo obarvani. Med kapacitetami pa ni razlike.

Sintetizirali smo izmenjalce z 1o, 3o, 5o in 7o % bentonita. Uporabili smo tri vrste bentonita iz različnih geoloških plasti. S predposkusi smo ugotovili, da se v kolonah najboljše obnaša izmenjalec s 3o % bentonita I. (kapaciteta za NH_4 ion (5) = o,8 mekv/g) ter smo ga uporabljali v vseh nadaljnih eksperimentih.

Izmenjalec šota-bentonit, nasičen z NH_4 ionom se ponaša kot pufer. Raztopine pH 3 - 9, ki jih prelijemo skozi kolono imajo pri iztoku enak pH $\sim$ 7,2. Slaba stran teh izmenjalcev pa je nestabilna struktura. Prvi efluent je vedno rjavo obarvan, pozneje se tekočina razbarva. Radionuklidi sicer s to barvo ne pasirajo kolone vendar vsebujejo efluenti organske substance, ki pri kombinaciji s kolonami polnjenimi z organskimi ionskimi izmenjalci zastrupijo izmenjalce, da postanejo neučinkoviti.

Adsorbcija radionuklidov eno, dvo in trovalentnih elementov

Modelna mešanica, ki smo jo uporabljali pri poskusih je vsebovala alkalijske soli (KCl, Na_2SO_4, NH_4NO_3) od o,o15 do o,o3 N raztopine. Uporabili smo vodovodno vodo trdote 12 in destilirano vodo v razmerju 1:1, pH 7,5. Tej raztopini smo dodajali Cs-137, Sr-89 in Sr-9o ter Ce-144. Raztopine smo spuščali preko kolone ø 1o mm, množina izmenjalca 2 g. V diagramu 1 je prikazana adsorbcija Cs-137 in Sr-89. Iz slike je razvidno, da Ca ion prvi prebije kolono. Iz diagrama 2 pa je razvidno, da se Sr-9o sicer adsorbira na izmenjalcu, Y-9o pa prehaja preko kolone.

Podobno kot Y-9o, se obnaša tudi Ce-144, ki v celoti prehaja preko kolone. Izmenjalec šota-bentonit adsorbira dobro enovalentne in dvovalentne ione, ne adsorbira pa trovalentnih ionov.

Adsorbcija cezija

Kapaciteta (6) izmenjalca.

Po 1 g bentonita smo stresali s 5o ml markirane raztopine različnih koncentracij do ravnotežja. Raztopini smo nato izmerili

aktivnost. Iz razlike med zacetno in končno aktivnostjo smo izračunali množino cezija, ki se je vezala na izmenjalec. Ker predvidevamo, da bodo kontaminirane odpadne vode vsebovale še razne druge soli smo pripravili modelne mešanice z dodatkom o,5 - 1 g/l NH_4Cl, Na_2SO_4 in KNO_3, da smo dobili o,o15 do o,o3 N raztopino. Tej raztopini smo nato dodali še vodovodno vodo trdote 12 nemških trdotnih stopinj, ca 1o mg $Al_2(SO_4)_3$ ali $FeCl_3$ ter z dodatkom sode oborili kalcij. Raztopino smo dekantirali, dodali Cs ter določili kapaciteto pripravljenega izmenjalca Rezultati so navedeni v tabeli 1.

Vpliv pH na kapaciteto je razmeroma majhen. V alkalnem območju pH 7 - 9 se kapaciteta spreminja, v kislem mediju (čista raztopina) pH 4 - 7 pa je za ca 1o - 2o % nižja. Kot je razvidno iz tabele 1 dodatek alkalijskih soli ne zmanjšuje kapacitete.

TAB. 1

Kapaciteta izmenjalca v odvisnosti od koncentracije.

Ravnotežna koncentracija	Adsorbirani mekv/g		
	Čista raztopina	Dodatek alkalijskih soli	
		o,o4 N razt.	o,o2 N razt.
$5 \cdot 1o^{-3}$ N	o,25	o,24	o,24
$6 \cdot 1o^{-4}$ N	o,17	o,16	o,15
$2 \cdot 1o^{-4}$ N	o,o9	o,o85	o,o8
$1 \cdot 1o^{-4}$ N	o,o5	o,o45	o,o45

Probojna kapaciteta

Probojno kapaciteto izmenjalca smo merili v kolonah ø 1o mm in višino 1o cm pri pretoku 1 ml/2 minuti. Kolono smo napolnili z nabreklim izmenjalcem in spuščali preko nje cezijeve raztopine

različnih koncentracij in zgoraj omenjene modelne mešanice. Merili smo aktivnost posameznih frakcij ter spreminjali množino dodanih soli. Rezultati so navedeni v tabeli 2 in diagramih 3 in 4. V diagramu 3 je prikazana krivulja nasičenosti kolone v zavisnosti od koncentracije in pretoka aktivne raztopine. V diagramu 4 pa je prikazana kapaciteta kolone v odvisnosti od koncentracije aktivne raztopine za čisto raztopino in modelno mešanico.

TAB. 2

Probojna kapaciteta izmenjalca

Normaliteta raztopine	Adsorbirani mekv/g			
	Cista raztop.	Dodatek alkalijskih soli		Izmenjalec nasičen s Ca
		0,03 N	0,015 N	
10^{4}		0,007		
$2 \cdot 10^{-4}$	0,015	0,014		
$3 \cdot 10^{-4}$		0,027	0,04	
$5 \cdot 10^{-4}$	0,05	0,033		
10^{3}		0,052	0,055	0,015
$1,5 \cdot 10^{-3}$	0,1	0,06	0,05	
$2 \cdot 10^{-3}$	0,15	0,07	0,1	
$5 \cdot 10^{-3}$	0,17	0,1	0,15	

Kot je razvidno iz tabele 2 in diagrama 3 zavisi probojna kapaciteta izmenjalca močno od koncentracije cezijeve raztopine. Pri nizkih koncentracijah je vpliv alkalijskih snovi neznaten, pri višjih koncentracijah pa močno vpliva na kapaciteto.

Če primerjamo tabeli 1 in 2 opazimo kontradiktornost rezultatov. Pri določanju kapacitete s stresanjem dobimo rezultate, ki kažejo, da dodatek alkalijskih snovi na kapaciteto ne vpliva.

Močan vpliv alkalijskih soli pa dobimo pri poskusih v kolonah. Tudi rezultati za kapacitete so pri istih koncentracijah višji, kot pri poskusih v kolonah. Domnevamo, da je temu vzrok različen čas učinkovanja raztopine na izmenjalec in s tem vzpostavljanja ravnotežja.

Zaključki

1. Izmenjalce šota-bentonit ni težko sintetizirati. Stabilnost vezave je zadovoljiva.

2. Izmenjalec dobro adsorbira Cs in Sr, ne adsorbira pa trovalentnih elementov Y in Ce.

3. Kapaciteta zavisi od koncentracije. Prisotnost alkalijskih soli pri nizkih koncentracijah cezija ne vpliva na kapaciteto izmenjalca, pri višjih koncentracijah cezija pa se kapaciteta izmenjalca zniža.

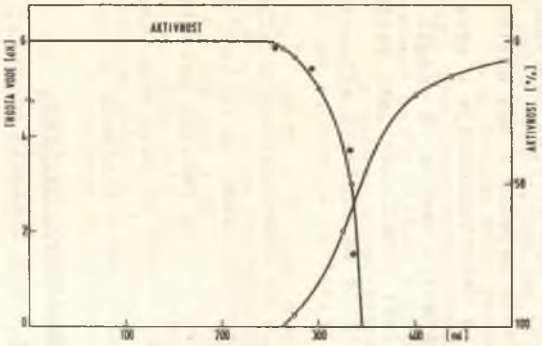
Summary

A cation exchanger with stable granular structure from montmorillonit clay and peat was synthesized. The investigations showed that the exchanger absorbs caesium and strontium well but does not absorb the trivalent elements. The capacity depends on the concentration of the solution. In the presence of alkali salts the exchanger absorbs caesium selectively. In dilute solutions of caesium, the presence of alkali salts does not influence the capacity and at higher concentrations the capacity is lower.

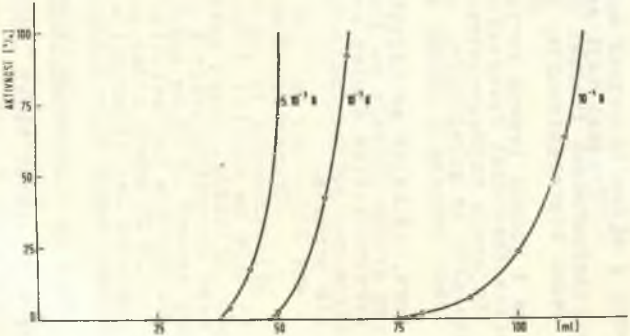
Literatura

1. Szalay A., Szilagyi M., A/Conf. 28/P/784, Hungary, May (1964)
2. Dejnoghe P., Baetsle L., Mosselmann G., Proc. Second U.N. Int. Conf. PUAE, Conf. 1958, Vol. 18, S. 68, P/1676
3. Durns R.H., Glueckauf E., Proc. Second U.N. Intern. Conf. PUAE, Genf. 1958, Vol. 18, S. 15o, P/3o8
4. Pirš M., NIJS Poročilo o3-1oo3/2, Ljubljana (1966)
5. Scholenberger C.J., Dreibelbis F.R., Soil Sci. 3o, 161 (193o)
6. Frysinger G., Thomas U.C., Clays and Clay: Minerals, Proc. 3. Nat. Conf. Houston 239 (1954).

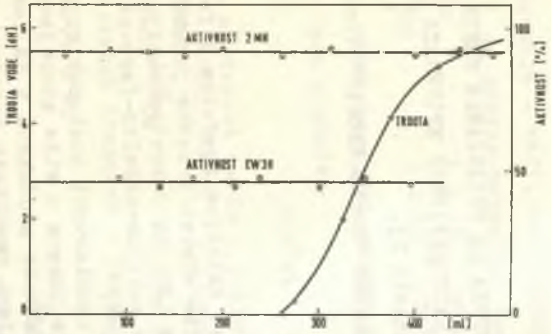
Diag.1. Adsorbcija Ca, Cs( ) in Sr(∘)



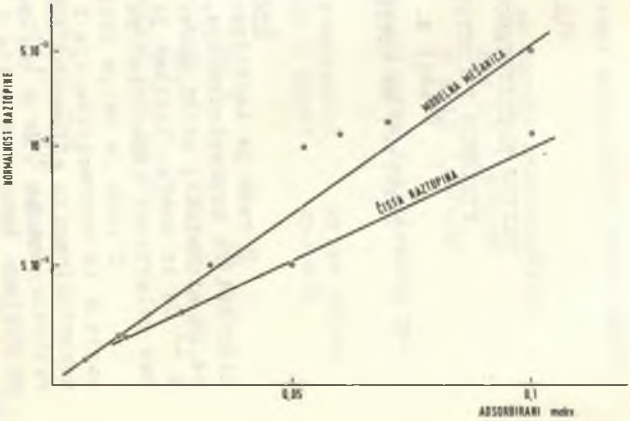
Diag.3. Probojna kapaciteta v odvisnosti od koncentracije



Diag.2. Propustnost Y-9o



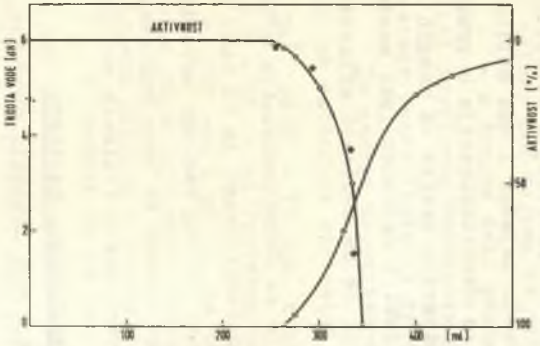
Diag.4. Vpliv alkalijskih soli na kapaciteto



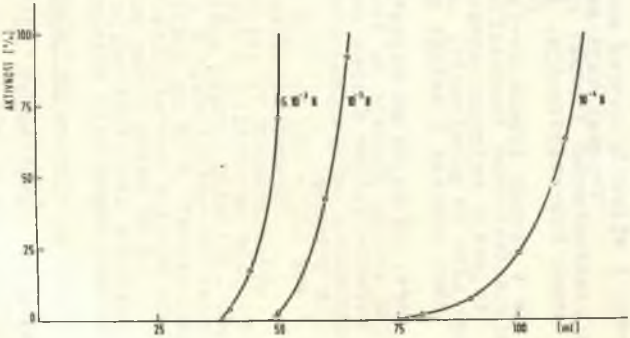
Literatura

1. Szalay A., Szilagyi M., A/Conf. 28/P/784, Hungary, May (1964)
2. Dejnoghe P., Baetsle L., Mosselmann G., Proc. Second U.N. Int. Conf. PUAE, Conf. 1958, Vol. 18, S. 68, P/1676
3. Durns R.H., Glueckauf E., Proc. Second U.N. Intern. Conf. PUAE, Genf. 1958, Vol. 18, S. 15o, P/3o8
4. Pirš M., NIJS Poročilo o3-1oo3/2, Ljubljana (1966)
5. Scholenberger C.J., Dreibelbis F.R., Soil Sci. 3o, 161 (193o)
6. Frysinger G., Thomas U.C., Clays and Clay: Minerals, Proc. 3. Nat. Conf. Houston 239 (1954).

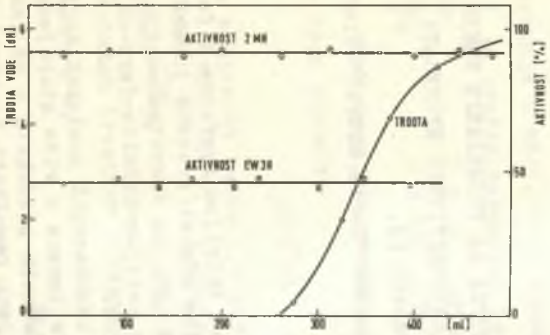
Diag.1. Adsorbcija Ca, Cs( ) in Sr(.)



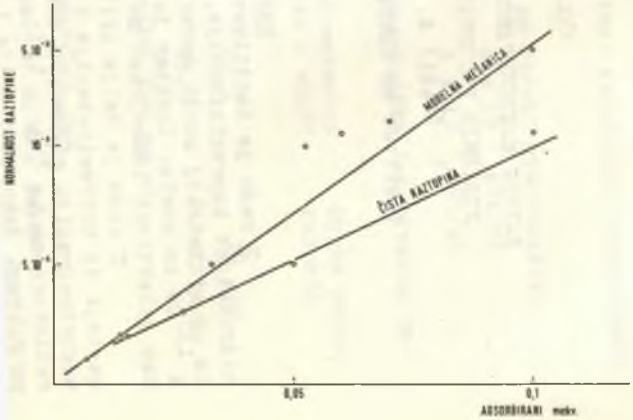
Diag.3. Probojna kapaciteta v odvisnosti od koncentracije



Diag.2. Propustnost Y-90



Diag.4. Vpliv alkalijskih soli na kapaciteto



RAZVOJ KOMBINOVANOG POSTUPKA ZA UKLANJANJE NEKIH FISIONIH PRODUKATA IZ RADIOAKTIVNIH EFLUENATA

Švabić A. i Kneževič Lj.

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

Rezime

U radu je ispitivan efekat kalcijum fosfatne i ferihidroksidne koprecipitacije, a zatim efekat procesa jonske izmene na sintetskoj smoli Amberlit IR 120, na dekontaminaciju ^{90}Sr i ^{137}Cs iz smeše. Ispitan je dalje kalijum-kobalto-fero-cijanid kao selektivni izmenjivač za cezijum.

U radu je dalje prikazan kombinovani postupak koji se sastoji iz koprecipitacije i jonske izmene u više stupnjeva za dekontaminaciju efluenata smeše fisionih produkata u kojima su radiokomponente ^{90}Sr i ^{137}Cs. Dobijeni rezultati izraženi su preko faktora dekontaminacije i procenata uklonjene aktivnosti.

Uvod

Procesi koji se koriste za dekontaminaciju efluenata jesu: koprecipitacija, jonska izmena i uparavanje. Koprecipitacija i jonska izmena koriste se najčešće zajedno i kao celina sačinjavaju najrasprostranjeniji način dekontaminacije u praksi. Izbor procesa i metoda za dekontaminaciju zavise od mnogih faktora, od kojih su najvažniji: hemijski i radiohemijski sastav i karakteristike okolne sredine u koju će se izlivati efluenti posle prerade.

Eksperimentalno postrojenje za dekontaminaciju efluenata koje se montira u ovom Institutu koncipirano je na bazi procesa koprecipitacije i jonske izmene. Iz tog razloga usvojili smo procese koprecipitacije i jonske izmene za bazu kombinovanog postupka dekontaminacije za ispitivanu smešu fisionih produkata.

Karakterizacija ispitivanog rastvora

Ispitivani rastvor bila je smeša fisionih produkata odležala oko 4 godine, tako da su u rastvoru zaostala dva vrlo tok-

sična dugoživeća radioelementa ^{90}Sr i ^{137}Cs. O njihovoj opasnosti po čovečiji organizam svedoče i nivoi maksimalno dozvoljenih koncentracija u vodi, koji iznose /1,2/:

	za profes. zaposleno osoblje	za široko stanovništvo
MDK ^{90}Sr	4×10^{-6} /uCi/ml	4×10^{-7} /uCi/ml
MDK ^{137}Cs	2×10^{-4} /uCi/ml	4×10^{-5} /uCi/ml

Radiohemijski sastav i karakteristike ispitivanog rastvora jesu sledeće:

	/uCi/ml	procentualni udeo u smeši	vreme poluraspada
ukupna aktivnost smeše	$1,7 \times 10^{-1}$		
aktivnost $^{90}Sr+^{90}Y$	$1,13 \times 10^{-1}$	66,3	28 god.
aktivnost ^{137}Cs	$0,57 \times 10^{-1}$	33,7	30 god.

suvi ostatak (rastvor u česmenskoj vodi) 0,4 mg/ml

pH rastvora 6.

Eksperimentalni rad

Eksperimentalni rad se sastojao iz dva dela:

- u prvom delu su, za pojedinačne komponente ^{90}Sr i ^{137}Cs iz smeše, odredjivani parametri za procese koprecipitacije i jonske izmene pri kojima se postižu najbolji faktori dekontaminacije, kao i uslovi pod kojima se ovi ostvaruju;

- u drugom delu posmatrana je efikasnost dekontaminacije u celini usvojenog kombinovanog postupka, primenjenog na originalni rastvor smeše fisionih produkata.

Iz serije eksperimenata, odabrani su sledeći uslovi pri kojima se ostvaruju optimalni faktori dekontaminacije: koncentracija Ca^{++} od 65 - 75 ppm, koncentracija PO_4^{3-} od 100 - 110 ppm i pH 10,8 - 11, - za fosfatnu koprecipitaciju, i: koncentracija Fe^{3+} od 200 ppm i pH 11, za ferihidroksidnu koprecipitaciju. Oba postupka uklanjaju samo stroncijum približno po 99 %. Proces jonske izmene uklanja i stroncijum i cezijum nešto preko 70 %.

S obzirom da se ispitanim postupcima nije mogao postići dovoljan faktor dekontaminacije za cezijum, pristupilo se ispitivanju selektivnih izmenjivača za cezijum. Jedan takav, za koga smo u literaturi(4) našli potrebne polazne podatke, a zatim ga

sami sintetizovali i ispitivali, jeste kalijum-kobalto-fero-cijanid $K_2/CoFe(CN)_6/$, koji se skraćeno naziva KCFC. Ovo u vodi nerastvorno kompleksno jedinjenje kristališe u kubičnom sistemu tako što kompleksni anjon ima kubičnu rešetku, a jon K^+ se nalazi u njenom centru. Ovaj jon K^+ se kvantitativno izmenjuje sa jonom Cs^+ dajući još nerastvornije jedinjenje.

Da bismo utvrdili mogućnost primene KCFC u našim uslovima u eksperimentalnom postrojenju, te da bismo odredili optimalne uslove za ovu primenu, ispitivali smo selektivno izdvajanje Cs^+ na taj način što smo odredjivali kapacitet KCFC za cezijum, ispitivali izmenu cezijuma u zavisnosti od pH rastvora i vremena kontakta izmenjivač-rastvor, te posmatrali uticaj prisustva jona Na^+ i Ca^{++} na selektivnost KCFC za cezijum.

Za granulaciju od 30-60 meša, koja ima povoljne mehaničke i hidrodinamičke osobine za primenu u koloni većih razmera, kapacitet KCFC za Cs iznosio je 0,5 meq/gr. Najveći faktori dekontaminacije dobijeni su u neutralnoj sredini. U baznoj i kiseloj sredini može doći do paptizacije KCFC, što izaziva smanjenje kapaciteta. Ova pojava se sprečava dodatkom $NaNO_3$ u rastvor, posle čega se i u baznoj i kiseloj sredini dobijaju dobri rezultati. Vreme uspostavljanja ravnoteže reakcije u statičkim uslovima iznosi oko jedan sat, a optimalno vreme kontakta za postizanje maksimalne izmene u dinamičkim uslovima (u koloni) iznosi 4-5 minuta. Ispitivanja selektivnosti KCFC za Cs pokazala su da prisustvo drugih jona nema uticaja na kapacitet KCFC za Cs.

Kombinovani postupak za tretiranje smeše fisionih produkata

Posle izvršenih analiza i sumiranja dobijenih rezultata, zaključeno je da se kao metoda za dekontaminaciju smeše fisionih produkata u kojoj figurišu Sr i Cs kao radio-komponente, može primeniti kombinovani postupak koji bi se sastojao iz tri stupnja:

1. fosfatna koprecipitacija, za uklanjanje najvećeg dela ^{90}Sr;
2. jonska izmena na sintetskoj smoli, za uklanjanje preostalog dela ^{90}Sr i jednog dela ^{137}Cs; i

3. jonska izmena na kalijum-kobalto-fero-cijanidu, za uklanjanje preostalog dela ^{137}Cs.

Ispitivani rastvor fisionih produkata podvrgli smo citiranom kombinovanom postupku. Dobijeni rezultati dati su u tabeli br.1. Prikazani su ostvareni faktori dekontaminacije /FD/ i procenti uklonjene aktivnosti za svaku pojedinačnu fazu obrade za pojedinačne komponente iz smeše - stroncijum i cezijum - kao i zbirno - za smešu fisionih produkata /FP/.

FOSFATNA KOPRECIPITACIJA					
PARCIJALNI			KUMULATIVNI		
	FD	% uklonjene aktivnosti		FD	% uklonjene aktivnosti
Cs	1,25	20,00	Cs	1,25	20,00
Sr	110,00	99,09	Sr	110,00	99,09
smeša F.P.	3,63	72,45	smeša F.P.	3,63	72,45
JONSKA IZMENA NA SMOLI AMBERLIT IR-120					
Cs	3,60	72,22	Cs	4,50	77,78
Sr	4,00	75,00	Sr	440,00	99,77
smeša F.P.	3,61	72,30	smeša F.P.	13,10	92,36
JONSKA IZMENA NA KCFC					
Cs	60,20	98,33	Cs	271,00	99,63
Sr	1,00	0	Sr	440,00	99,77
smeša F.P.	27,70	96,39	smeša F.P.	363,00	99,72

TABELA br.1

Proces koprecipitacije uklonio je 99,09 % ^{90}Sr, dok se u ovom stupnju ^{137}Cs uklanja svega oko 20 %, što potiče samo od mehaničkog zadržavanja u vlazi taloga. Proces jonske izmene uklanja 72,22 % ^{137}Cs i 75 % ^{90}Sr, što sračunato zbirno za oba stupnja pokazuje da je uklonjeno ukupno cezijuma 77,78 %, a stroncijuma 99,77 %. Sam proces izmene na KCFC (treći stupanj) uklanja 98,33 % cezijuma, a 0 % stroncijuma. Posle ovog stupnja prečišćavanja sumarno je iz rastvora uklonjeno 99,63 % cezijuma i 99,77 % stroncijuma, odnosno ukupno ostvareni faktor dekontaminacije za cezijum iznosi 271, a za stroncijum 427.

Vrednosti faktora dekontaminacije koje je potrebno ostvariti u procesu dekontaminacije efluenata izračunavaju se iz odnosa početne aktivnosti efluenta i MDK za odgovarajući izotop. U našem slučaju, potrebni FD do MDK za cezijum iznosi 10^3, a za stroncijum $2,8 \times 10^5$.

Pošto su u navedenom postupku dekontaminacije ostvarene manje vrednosti faktora dekontaminacije, podvrgli smo tretirani rastvor ponovnoj obradi, ovoga puta u dva stupnja: koprecipitaciji sa feri-hidroksidom i jonskoj izmeni na KCFC. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli br.2.

KOPRECIPITACIJA SA Fe^{+3}					
PARCIJALNI			KUMULATIVNI		
	FD	% uklonjene aktivnosti		FD	% uklonjene aktivnosti
Cs	1,20	16,67	Cs	325,00	99,69
Sr	100	99,00	Sr	44000,00	99,997
smeša F.P.	2,63	62,00	smeša F.P.	955,00	99,89
JONSKA IZMENA NA KCFC					
Cs	30	96,67	Cs	9750	99,989
Sr	1	0,00	Sr	44.000	99,997
smeša F.P.	22,2	95,50	smeša F.P.	21.201	99,995

TABELA br. 2

Ostvareni finalni FD za cezijum iznosio je 9,7 x 10^3, što premašuje vrednost potrebnog FD do MDK. Ostvareni finalni FD za stroncijum iznosio je 4,4 x 10^4, što je za približno pola potence manje od potrebne vrednosti i što se razblaženjem lako može nadoknaditi.

Zaključak

Radioaktivni efluenti aktivnosti reda veličine 10^{-1} uCi/ml, koji sadrže smešu fisionih produkata i koji su odležavali dovoljno dugo da iz smeše odumru kratkoživeće radiokomponente, a zaostaju dugoživeći ^{90}Sr i ^{137}Cs, mogu se dekontaminirati kombinovanim postupkom koji se sastoji iz tri stupnja:

1. fosfatna koprecipitacija,
2. jonska izmena na sintetskim smolama, i
3. jonska izmena na kalijum-kobalto-fero-cijanidu.

Ako se primeni fosfatna koprecipitacija na rastvor u česmenskoj vodi, nije potrebno dodavati komponentu kalcijum, jer je njegova koncentracija u našoj česmenskoj vodi dovoljna da se sa dodatkom 110 ppm PO_4^{3-} obori talog kalcijum-fosfata koji sobom povlači jone Sr^{++}.

Jonska izmena na sintetskim smolama dobrim delom potpomaže dekontaminaciju i stroncijuma i cezijuma, te predstavlja veoma korisnu fazu postupka.

Primena selektivnog izmenjivača KCFC za cezijum u ovoj fazi rada je pokazala zadovoljavajuće rezultate, te se ispitivanje istog nastavlja.

Navedeni kombinovani postupak se može izvesti dvojako: a) ako se u jednostepenom tretmanu, pri čemu se ide do zasićenja sintetskih izmenjivača, ne smanji aktivnost na vrednost bliskoj MDK, tretman se delimično ponavlja, tj. dovoljno je ponoviti prvi i treći stupanj, i b) ako se u jednostepenom tretmanu ne ide do zasićenja sintetskih izmenjivača, već samo do tačke proboja aktivnosti, u tom slučaju je iskorišćenje smola znatno manje, ali se dekontaminacija do MDK može očekivati u jednostepenom tretmanu.

Koji će se od ova dva načina izvesti zavisi od optimizacije efikasnosti i ekonomičnosti postupka, a to se rešava od slučaja do slučaja.

Abstract

THE DEVELOPMENT OF A COMBINED METHOD FOR $^{90}Sr + ^{137}Cs$ MIXTURE REMOVAL FROM RADIOACTIVE LIQUID WASTES

The investigation of $^{90}Sr + ^{137}Cs$ mixture removal from waste solutions by coprecipitation with $Ca_3(PO_4)_2$ and $Fe(OH)_3$ and by ion exchange on Amberlit IR 120 is described. For purpose of selective removal of ^{137}Cs, a potassium hexacyano-cobalt(II)ferrate(II) is estimated.

Furthermore the description is given of combined method for decontamination of the fission products effluents containing two radiocomponents $^{90}Sr + ^{137}Cs$, consisting of coprecipitation, ion exchange on Amberlit IR 120 and selective ion exchange of Cs^+.

Literatura

1. "Normes de radioprotection", izradjene na osnovu ICRP preporuka, MAAE; izdanje Euroatom, juni 1967.
2. "Practices in the Treatment of Low-and Intermediate-Level Radioactive Wastes", Proceed.Symp.,Beč, 1966.
3. Nesbitt J.B., et al.: "The Removal of Radioactive Sr from Water by Phosphate Coagulation",NYO-4435, 1952
4. Prout W.E., et al.: "Ion Exchange Absorption of Cs by Potassium Hexacyanocobalt(II)Ferrate(II)."J.Inorg.Nucl.Chem,1965, Vol.27
5. Bojović P.,et al.:Dekontaminacija radioaktivnih efluenata", simp.Portorož, 1963.

KONTAMINACIJA ALUMINIJUMA SA Co^{60} U VODENIM RASTVORIMA

Zarić M.,Jelić Lj.,Matijašić A.
Institut "Boris Kidrič".Vinča

REZIME

Ispitivan je uticaj koncentracije kobalta kao i pH rastvora na kontaminaciju aluminijuma,pod odredjenim uslovima.Kontaminacija aluminijuma proporcionalna je koncentraciji kobalta i verovatno se depozicija kobalta na aluminijum vrši po Henrijevom zakonu ali samo do pH 9.Uticaj pH na kontaminaciju je izrazit.Sa povećanjem pH od 3-9,povećava se kontaminacija u svim slučajevima.Iznad pH 9 dolazi do opadanja količine deponovanog kobalta.Dobijeni rezultati ukazuju da su proces ili procesi kontaminacije aluminijuma vrlo kompleksni.

Kontaminacija aluminijuma sa Co^{60} proučavana je od nekoliko autora pod različitim uslovima i sa različitim ciljem.[1.-4.] Navedeni sistem je interesantan za nas s obzirom na prisustvo Co^{60} kao kontaminanta u sistemu postojećeg reaktora[5.] i kao potencijalnog kontaminanta kod budućih energetskih reaktora.Poznavanje mehanizma i procesa depozicije kobalta na površine aluminijuma iz vodenih rastvora važno je kako radi odredjivanja postupaka dekontaminacije tako i radi odredjivanja uslova kod kojih će se kontaminacija svesti na najmanju meru.

I. Eksperimenat

Materijal i priprema uzoraka.Sva ispitivanja izvršena su na aluminijumu "SAV",od koga je izradjen aluminijumski deo reaktora RA u Vinči.Sastav aluminijuma dat je u tablici br.1.

TAB.br.1

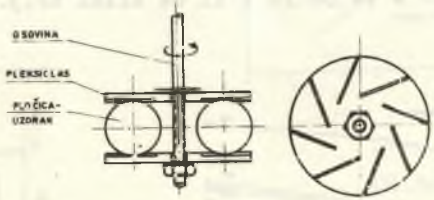
Sastav aluminijuma "SAV"

element	Si	Fe	Mn	Cr	Mg	Ni	Cu	Zn	Ti	Al
%	0,9	0,07	<0,01	<0,04	0,4	0,01	0,006	<0,14	<0,03	ost.

Za ispitivanje su korišćeni uzorci kružnog oblika Ø 25 mm, debljine 1 mm.Površine uzoraka su mehanički polirane a za odmašćivanje površina upotrebljavana je smesa etano-aceton/50:50 % vol./ a zatim apsolutni alkohol.

Rastvori. Za proučavanje kontaminacije upotrebljavan je Co^{60} sa nosačem u obliku $Co(NO_3)_2$, u rastvoru azotne kiseline.* Od polaznog rastvora sa specifičnom aktivnošću 130 mCi/gr Co, pravljeni su potrebni rastvori sa različitim koncentracijama i pH vrednostima.

Postupak ispitivanja. Uzorci su postavljeni u posebna ležišta jednog rotora od pleksi stakla, koji je zatim zajedno sa uzorcima potapan u rastvor za kontaminaciju. Položaj uzoraka bio je vertikalan a brzina obrtanja rotora iznosila je oko 1.000 o/min. Izgled rotora sa uzorcima prikazan je na slici br.1.



Sl.br.1. Rotor sa uzorcima za kontaminaciju.

Uzorci su bili u kontaktu sa rastvorom za kontaminaciju 30 minuta tj. za vreme potrebno da se postigne zasičenje, što je utvrdjeno predhodnim ogledima.

Ispiranje uzoraka i rotora vršeno je prvo mlazom destilovane vode a zatim je rotor, zajedno sa uzorcima, potapan u 500 ml destilovane vode, gde je pri istoj brzini obrtanja rotora, ispiranje vršeno još pet minuta.

Odnos geometriske površine uzoraka prema zapremini rastvora iznosio je oko 40 cm^2 : 400 ml. Za podešavanje pH upotrebljeni su rastvori natrijumhidroksida i azotne kiseline. Merenje aktivnosti uzoraka i rastvora vršeno je na GM brojaču, sa efikasnošću od oko 5 % za Co^{60}.

---

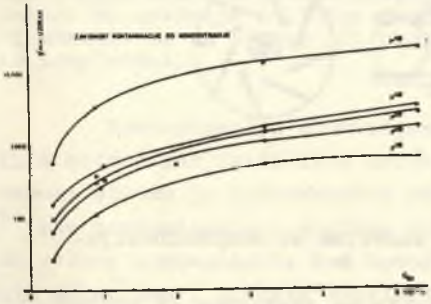
* Proizvod, IBK, Vinča

II. Rezultati

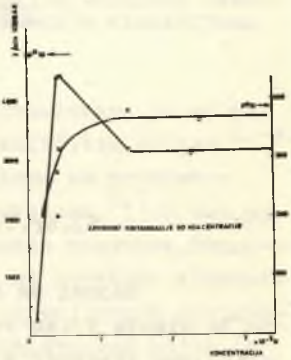
U toku rada ispitivana je zavisnost depozicije kobalta od koncentracije kobalta i uticaj pH rastvora na depoziciju kobalta. Sa obzirom da se deponovani kobalt pojavljuje kao kontaminant, u daljem tekstu koristiće se termini kontaminacija ili depozicija. Uticaj dodatnih jona, Na i NO_3, nije razmatran.

a) Zavisnost kontaminacije od koncentracije kobalta u rastvoru. Koncentracija kobalta u rastvorima inosila je 3.10^{-6}; 9.10^{-6}; 1.10^{-5}; $3,2.10^{-5}$ i $5,4.10^{-5}$ N.

Odnos izmerene aktivnosti na uzorcima prema koncentraciji kobalta u rastvorima za kontaminaciju, za opseg pH 5-9 prikazan je na slici br. 2 a za pH 10 i 11 na slici br. 3.



Sl. br. 2



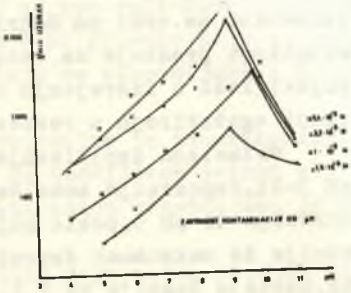
Sl. br. 3

Paralelno sa merenjem aktivnosti uzoraka vršeno je i merenje aktivnosti rastvora pre i posle ogleda. Odredjene prosečne vrednosti aktivnosti rastvora, kod različitih pH, prikazane su na slici br. 4

b) Zavisnost kontaminacije od pH rastvora. Rastvori sličnih koncentracija kao i u predhodnim ogledima upotrebljeni su i kod odredjivanja ove zavisnosti. Isto tako, korišćeni su i podaci iz predhodnih ogleda.

Zavisnost kontaminacije uzoraka od pH rastvora, različitih koncentracija, prikazana je na slici br. 5.

Sl.br.4



Sl.br.5

III. Diskusija

U ispitivanom sistemu postoje dve komponente čije se osobine menjaju u zavisnosti od uslova ispitivanja. Prva komponenta je odgovarajući oblik kobalta u rastvoru dok je druga komponenta aluminijum. Ponašanje i jedne i druge komponente kao i njihova interakcija zavisiće od ostalih varijabilnih veličina.

Pre nego što se predje na diskusiju samih rezultata, potrebno je da se razmotri šta se u toku izvršenih ogleda merilo. Ako se kao merilo depozicije kobalta iz rastvora na aluminijum, podrazumeva totalna aktivnost na površini koja se posmatra "in citu", logično je da se predpostavi da ta, totalna aktivnost potiče od kobalta koji je vezan na površinu na različite načine (adsorrpcija, elektrodepozicija, elektrostatički vezan kobalt). Prekidanje procesa kontaminacije, (ispiranje, sušenje, kontakt površine sa vazduhom), utiče na veličinu depozicije koja se odredjuje, odnosno može se reći da se kod svake metode, kod koje se proces kontaminacije prekida, odredjuje deo totalne aktivnosti, koji bi se za datu metodu mogao da označi kao fiksirana aktivnost. Ovu fiksiranu aktivnost možemo da posmatramo kao kontaminaciju površine, odredjenu datom metodom.

Sa obzirom na karakter rada kao i na poseban interes u vezi fiksirane kontaminacije tj. kontaminacije metalnih površi-

na,svi naši rezultati odnose se na kontaminaciju,odredjenu opisanim postupkom.

Kod ispitivanja zavisnosti kontaminacije od koncentracije kobalta u rastvoru,registruje se porast deponovanog kobalta sa porastom koncentracije u svim slučajevima samo do pH 9.U ovom opsegu pH,depozicija kobalta je proporcionalna koncentraciji rastvora i verovatno se vrši po Henrijevom zakonu.(sl.br.2.)Iznad pH 9 ova zakonitost prestaje da važi,(sl.br3.).Verovatno je da razlog ovoj pojavi leži u izdvajanju $Co(OH)_2$ ili nekog drugog oblika kobalta,koji egzistiraju u rastvoru iznad pH 9.

Naime,kod ispitivanja zavisnosti pH-kontaminacija,u opsegu pH 3-11,depozicija kobalta postepeno se povećava kod svih koncentracija do pH 9,posle kojih vrednosti opada,(sl.br.5).Najverovatnije da maksimumi depozicije,u datom opsegu koncentracije kobalta,nastaju izmedju pH 9 i 10.Tačniju vrednost pH,kod koje se pojavljuje pik depozicije,teško je odrediti sa obzirom da se pH iznad 8 menja usled reakcije rastvora sa aluminijumom.Rastvori pufera nisu primenjeni radi toga što bi znatno komplikovali ispitivani sistem.[2.]

Objašnjenje za krive prikazane na slici br.5,verovatno leži u ponašanju Co^{2+} jona u rastvorima sa različitim pH odnosno u pojavi $Co(OH)_2$ kao nove faze i u njegovim osobinama u odnosu na aluminijum.

Ako se pH oko 9 uzme kao tačka kod koje se dešavaju oštre promene u rastvoru i ako se predpostavi da su te promene prelaz Co^{2+} jona u $Co(OH)_2$,od različitih vrednosti proizvoda rastvorljivosti $Co(OH)_2$,koji se citiraju u literaturi,[6,7.] tok krivih na slici br.5 odgovarao bi proizvodu rastvorljivosti $1,3.10^{-15}$. Kod ove vrednosti,u najslabijem rastvoru ($1,5.10^{-6}$ N) dolazilo bi do nastajanja $Co(OH)_2$ kod pH 9,6 a kod najjačeg rastvora ($5,4.10^{-5}$ N),$Co(OH)_2$ izdvajao bi se već kod pH 8,8.

Sa druge strane,promene na aluminijumu utiču svakako na depoziciju kobalta.Do pH 4,5 aluminijum se rastvara bez bitnog nastajanja zaštitnih prevlaka[8.],mada u našem slučaju može da dodje i do pasivizacije.U takvom rastvoru moguće je da je površina aluminijuma zaposednuta sa H^+ jonima koji onemogućavaju depoziciju istovrsno naelektrisanih Co^{2+} jona.[4.]Od pH 4,45-8,38 na aluminijumu nastaje bemit,$Al_2O_3.H_2O$,dok kod viših pH mogu da nastanu nestabilni oblik bemita(pH 8,35-11) ili aluminat H_2AlO_3[8.].Moguće je da ovi oblici produkata reakcije aluminijuma sa rastvorom poseduju

različite adsorbcione osobine odnosno da dolazi do rastvaranja površine aluminijuma,što sve utiče na procese kontaminacije.

IV.Zaključak

Ispitivani sistem pokazao se kao vrlo kompleksan.Na proces ili procese kontaminacije utiču kako promene koje se dešavaju u rastvoru tako i promene koje nastaju na aluminijumu u kontaktu sa rastvorom.

Depozicija kobalta proporcionalna je koncentraciji kobalta u rastvoru i izgleda da se vrši po Henrijevom zakonu ali samo do pH 9.Uticaj pH rastvora na kontaminaciju aluminijuma je vrlo velik.

Dobijeni rezultati unekoliko daju sliku procesa kontaminacije aluminijuma sa Co^{60} ali sam meharizam procesa kontaminacije ostaje otvoren.

Abstract

CONTAMINATION OF ALUMINUM WITH Co^{60} IN AQUEOUS SOLUTIONS

Zarić M.,Jelić Lj.,Matijašić A.
Boris Kidrič Institute of Nuclear Sciences,Beograd-Vinča

The effect of cobalt concentration and pH of solutions on the contamination of aluminum,under given condition has been studied.Contamination of aluminum was proportional to the cobalt concentration. The deposition of cobalt on aluminum seems to obey the Henry's law, but only to pH 9.The effect of pH on the contamination was essential.An increase in pH from 3 to 9,in all cases,results in an increase in contamination.Above pH 9 the amount of cobalt deposited drops again to a low value.The results obtained show that aluminum contamiration process is very complex.

Literatura

1.) Siejka J.,U.N.Proc.of the Sec.Inter.Conf.Vol.2o,Geneva,Sept.1958
2.) Carlson B.A.,U.S.AEC Research and Devel.Rep.DP-788,1962
3.) Carlson B.A.,ibb.DP-682,1962
4.) Herczynska E.,Inst.Badan Jadrowych,Rap.Nr.634/v/c,Warszawa,1965
5.) Maksimović Z. et al.Bull.of the B.Kidrič Inst.of Nucl.Sci. 13,4,367,1962
6.) ------,Spravočnik Himika,str.229(1964),Himija,Moskva.
7.) Pjatnicki I.V.,Analitičeskaja Himija Kobalta,str.12-13(1965) Nauka,Moskva.
8.) Gerasimov V.V.,Korrozija Aluminija i ego Splavov,str.26(1967) Metalurgija,Moskva.

DEKONTAMINACIJA ALUMINIJUMA, NERDJAJUĆEG ČELIKA I SPREGA ALUMINIJUM-NERDJAJUĆI ČELIK U NEKIM RASTVORIMA ZA DEKONTAMINACIJU.

Zarić M., Jelić Lj., Matijašić A.
Institut "Boris Kidrič", Vinča

REZIME

Izvršeno je ispitivanje dekontaminacije aluminijuma, nerdjajućeg čelika i sprega aluminijum-nerdjajući čelik, kontaminiranih sa Co^{60}, u sledećim rastvorima za dekontaminaciju: hrom-fosfornoj kiselini, diamonijum citratu, triamonijum citratu i tetranatrijum soli EDTA. Kod dekontaminacije samog aluminijuma i nerdjajućeg čelika, dobijeni su visoki faktori dekontaminacije u hrom-fosfornoj kiselini, di-i triamonijum citratu. U rastvorima tetranatrijumove soli EDTA faktori dekontaminacije su niski, izuzev za nerdjajući čelik na 60°C. Faktori dekontaminacije kod aluminijuma i nerdjajućeg čelika u medjusobnom kontaktu, po pravilu su niži nego kod samih metala. Najveće smanjenje faktora dekontaminacije registrovano je kod sistema aluminijum-nerdjajući čelik-hrom-fosforna kiselina.

Uvod

Podaci o hemiskoj dekontaminaciji metalnih površina relativno su brojni.[1.-6.] Rezultati prikazani u radovima odnose se na različite površine, kontaminate, dekontaminate i na specifične uslove dekontaminacije.

Svrha ispitivanja izloženih u ovome radu bila je da se odredi zajednički dekontaminant za aluminijum, i nerdjajući čelik kao i za kontakt aluminijum-nerdjajući čelik. Iznalaženje ovakvog dekontaminanta, dovoljno efikasnog i neagresivnog, omogućilo bi dekontaminaciju sistema od navedenih metala, koji se često koristi u nuklearnoj tehnologiji.

Sa obzirom na naš interes za Co^{60} i na podatak da se teško uklanja sa kontaminirane površine[3.], kod svih izvršenih ispitivanja, za kontaminaciju uzoraka upotrebljavan je Co^{60} i ispitivana je efikasnost sredstava za dekontaminaciju u odnosu na njega.

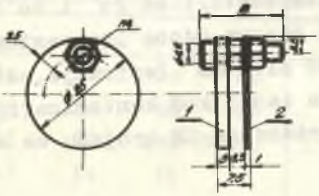
Eksperimenat

Materijal i priprema uzoraka. Sva ispitivanja izvršena su na aluminijumu "SAV" i nerdjajućem čeliku 1H18N9T*.

---

* Oba materijala su proizvedena u SSSR-u

Za ispitivanje su korišćeni uzorci kružnog oblika Ø 25 mm (debljine kod aluminijuma 1 mm a kod nerdjajućeg čelika 3 mm).Uzorci sa originalnim stanjem površine,odmašćivani su u Soksletovom aparatu sa ekstrakcionim benzinom a zatim sa smesom etanol-aceton (5o:5o % vol.).Jedna strana uzoraka je zatim lakirana,što je omogučavalo kontaminaciju uzoraka samo sa jedne strane,Za ispitivanje metala u kontaktu,uzorci aluminijuma i nerdjajućeg čelika spajani su zavrtnjem od nerdjajućeg čelika u spreg,prikazan na slici br.1.



Slika br.1.Spreg aluminijum-nerdjajući čelik.

Rastvori za kontaminaciju.Za kontaminaciju uzoraka upotrebljen je Co^{60} sa nosačem,u obliku $Co(NO_3)_2$ u rastvoru azotne kiseline.* Specifična aktivnost rastvora iznosila je 18 mCi/gr Co.

Rastvori za dekontaminaciju.Rastvori za dekontaminaciju pravljeni su od analitičkih reagenasa i destilovane vode.Izuzetak predstavlja tetranatrijumova so EDTA,koja je bila komercijalnog kvaliteta.** Ispitivana je efikasnost dekontaminacije rastvora navedenih u tablici br.1.

TAB.br.1.

Rastvori za dekontaminaciju

Rastvor	Konc.u %	pH
$H_3PO_4+CrO_3$	7+2	1
Diamonijum citrat	5	5,1
Triamonijum citrat	5	7,o5
Tetra Na-so EDTA	1	1o,4

Proizvod IBK-Vinča;** Celon "S",SPCS,Bezons.

Postupak ispitivanja. Kontaminacija uzoraka izvršena je u razblaženim rastvorima neutralisanim do pH 6, na sobnoj temperaturi, potapanjem uzoraka u rastvor. Aktivnost upotrebljenih rastvora iznosila je od 7.000-30.000 imp/min, mil. Odnos, zapremina rastvora: površina uzoraka, ne računajući lakirane površine, iznosio je oko 400 ml: 1 dm^2. Vreme kontaminacije iznosilo je do 250 časova. Posle kontaminacije, uzorci su vadjeni iz rastvora, ispirani mlazom destilovane vode, osušeni na filter papiru i mereni. Spregnuti uzorci su pre sušenje i merenja rastavljani.

Dekontaminacija uzoraka izvršena je u navedenim rastvorima za dekontaminaciju na temperaturi od 20° i 60°C. Vreme dekontaminacije iznosilo je do 20 časova. Odnos, zapremina rastvora: površina uzoraka bio je oko 650 ml: 1 dm^2. Ispiranje, sušenje i merenje izvršeno je na isti način kao i kod kontaminacije.

Sva merenja su izvršena na GM-brojaču sa efikasnošću od oko 5 % za Co^{60}.

Rezultati i diskusija.

Aktivnost kontaminiranih uzoraka iznosila je od 3.000 -50.000 i/min. po uzorku aluminijuma i 2.000-6.000 i/min. po uzorku za nerdjajući čelik. Kod uzoraka koji su bili u spregu, aktivnost aluminijuma iznosila je manje od 500 i/min. po uzorku a kod nerdjajućeg čelika od 100.000-300.000 i/min. po uzorku. Povećanje aktivnosti nerdjajućeg čelika u spregu sa aluminijumom, u odnosu na čelik koji nije bio u kontaktu, registrovano je u svim slučajevima.

Manja kontaminacija nerdjajućeg čelika se može objasniti nedovoljno čvrstim fiksiranjem kobalta na inertnu, pasiviziranu površinu tog metala. Isto tako, verovatno odredjeni uticaj na manju kontaminaciju ima i visoki pozitivni potencijal nerdjajućeg čelika.

Veća kontaminacija aluminijuma je verovatno u vezi sa nastajanjem filmova hidroksida ili oksihidrata na njegovoj površini odnosno sa niskim negativnim potencijalom aluminijuma.

Pojave kontaminacije aluminijuma i nerdjajućeg čelika u spregu, ukazuju na elektrohemisku prirodu kontaminacije. Povečanje kontaminacije na nerdjajućem čeliku i smanjenje na aluminijumu, može da nastane usled postojanja katodne i anodne površine, pri čemu se veći deo aktivnosti deponuje na katodi tj. na nerdjajućem čeliku.

Pre primene rastvora za dekontaminaciju odredjena je

dekontaminaciona sposobnost čiste vode. Čista voda pokazala se kao relativno dobar dekontaminant za nerdjajući čelik na sobnoj temperaturi (za 22 časa FD-31), dok na povišenoj temperaturi efikasnost vode kao dekontaminanta opada (za 3 časa FD 8,1; za 22 časa FD 1o). Faktori dekontaminacije koji se postižu na aluminijumu su minimalni.

Faktori dekontaminacije postignuti sa hrom-fosfornom kiselinom, prikazani su u tablici br.2

TAB. br.2

Faktori dekontaminacije sa hrom-fosfornom kiselinom

	20°C				60°C			
Vreme, min.	1o	2o	3o	6o	1o	2o	3o	6o
NČ sam	4o	8o	88	12o	74	1oo	>1oo	-
Al sam	33	72	1oo	>1oo	1.ooo	∞	∞	-
Al spreg	13	14	15	-	5,4	7,1	7,5	-
NČ	24	27	32	-	79	1o5	>1oo	

Efikasno delovanje hrom-fosforne kiseline kod dekontaminacije aluminijuma može se pripisati njenoj osobini da otstranjuje oksidni i hidroksidni sloj sa aluminijuma uz istovremenu pasivizaciju osnovnog metala. Visoki faktori dekontaminacije postignuti na nerdjajućem čeliku, koji je praktično rezistentan preme delovanju hrom-fosforne kiseline[7.], ukazuju na to da deponovani kobalt prelazi u rastvor.

Faktori dekontaminacije u rastvorima diamonijum citrata, prikazani u tablici br.3, na 2o°C su niski za aluminijum i zadovoljavajući za nerdjajući čelik. Na 6o°C, faktori dekontaminacije su visoki za oba ispitivana metala.

TAB. br.3

Faktori dekontaminacije sa diamonijum citratom

	20°C				60°C			
Vreme, h.	1	2	3	2o	1	2	3	2o
NČ sam	13	25	-	1oo	>1oo	>4oo	>5oo	>5oo
Al sam	2,8	3,7	4,2	-	33	1oo	>1oo	∞
Al spreg	1,4	1,9	-	-	4,7	5,9	-	-
NC	5	7.3	-	-	>1oo	>1oo	-	-

Navedeni podaci takodje ukazuju da u diamonijum citratu dolazi do rastvaranja kobalta koji je deponovan na rezistentne površine nerdjajućeg čelika.[7.] Kod aluminijuma postoji odredjena

zavisnosnost izmedju faktora dekontaminacije i rastvaranja (korozije) aluminijuma u diamonijum citratu.[8.)]

Ista zavisnost izmedju faktora dekontaminacije,prikazanih u tablici br.4,i ponašanja aluminijuma i nerdjajućeg čelika[7.8.)] zapaža se i u rastvorima triamonijum citrata.

TAB.br.4

Faktori dekontaminacije sa triamonijum citratom

	20°C				60°C			
Vreme,h	1	2	3	2o	1	2	3	2o
NC sam	11,7	18,4	-	5o	<1oo	<2oo	-	-
Al sam	1,3	1,8	2,2	-	23	8o	1oo	1oo
Al spreg	1,4	1,6	-	2,8	4	12	-	-
NC spreg	2,4	3,3	-	16,8	1oo	1oo	-	-

Navedena zavisnost izmedju faktora dekonataminacije,prikazanih u tablici br.5,i korozije,nije zapažena u rastvorima tetranatrijumove soli EDTA iako sam aluminijum intenzivno korodira u tom rastvoru.[8.)] Objašnjenje za niske faktore dekontaminacije verovatno leži u jako negativnom potencijalu aluminijuma (na 2o°C,oko -3oo mV;na 6o°C,oko -1.4oo mV).Kod nerdjajućeg čelika faktori dekontaminacije zavise od temperature.Kako nerdjajući čelik u rastvoru EDTA minimalno ali približno isto korodira za 1 i 3 sata[7.)],izlazi da dekontaminacija zavisi od reakcije rastvor deponovani kobalt.

TAB.br.5

Faktori dekontaminacije sa EDTA

	20°C				60°C			
Vreme,h.	1	2	3	2o	1	2	3	2o
NC sam	2,8	4,6	7	16,2	11o	2oo	-	-
Al sam	1,1	-	-	1,2	1,8	2,8	2,3	-
Al spreg	2	2	2	-	2,7	2,8	2,3	
NC spreg	2,3	3,2	7,1	-	27	45	6o	-

Dobijeni podaci o dekontaminaciji sprega aluminijum-nerdjajući čelik (tab.2-5) bitno se razlikuju od rezultata dobijenih kod ispitivanja svakog metala posebno.

U hrom-fosfornoj kiselini dolazi do drastičnog smanjenja faktora dekontaminacije kod spregnutog aluminijuma,na obe ispitivane temperature i kod nerdjajućeg čelika na sobnoj tempe-

raturi. Na 60°C, efikasnost hrom-fosforne kiseline kao dekontaminanta za nerdjajući čelik, ostaje praktično nepromenjena.

U rastvorima diamonijum i triamonijum citrata smanjenje faktora dekontaminacije je manje, ali uglavnom ima istu tendenciju kao i kod hrom-fosforne kiseline.

Dekonataminacija spregnutog aluminijuma u rastvorima EDTA je nešto efikasnije nego kod samog aluminijuma, na obe ispitivane temperature, dok je kod nerdjajućeg čelika u spregu, na 20°C ista a na 60°C manja nego kod samog nerdjajućeg čelika.

Ovako ponašanje spregnutog aluminijuma i nerdjajućeg čelika, pod uslovima ispitivanja, ukazuje da osim elektrohemiskih faktora i drugi faktori imaju odredjenu ulogu kod dekontaminacije.

Naime, katodno-anodni spreg egzistira i u rastvorima za dekontaminaciju pri čemu dolazi do intenzivnijeg rastvaranja anodnog dela sprega aluminijuma.

U rastvorima hrom-fosforne kiseline i triamonijum citrata, korozija spregnutog aluminijuma je veća od korozije samog aluminijuma.[8.9.] Medjutim, dobijeni faktori dekontaminacije su manji. U diamonijum citratu korozioni gubici aluminijuma u spregu su manji[9.] nego samog aluminijuma a faktori dekontaminacije su takodje manji. Smanjenje korozije aluminijuma u spregu [9.] u odnosu na aluminijum koji nije u kontaktu [8.], u rastvorima EDTA, praćeno je opet minimalnim povečanjem faktora dekontaminacije.

Očigledno je da su ispitivane pojave kontaminacije i dekontaminacije spregova aluminijuma i nerdjajućeg čelika kompleksnije prirode i da se na osnovu raspoloživih podataka ne mogu dati zadovoljavajuća objašnjenja posmatranih pojava.

Zaključak

Izvršena ispitivanja dekontaminacije aluminijuma, nerdjajućeg čelika i sprega aluminijum-nerdjajući čelik, pokazala su da je kobalt na nerdjajućem čeliku slabije fiksiran nego na aluminijumu.

Dekontaminacija nerdjajućeg čelika se u svim ispitivanim slučajevima po pravilu vrši lakše.

Fiksiranje kobalta na aluminijum je "čvrsto" i dekontaminacija se brzo postiže jedino u rastvorima hrom-fosforne kiseline.

Kod primene rastvora hrom-fosforne kiseline,diamonijum i triamonijum citrata,postoji odredjena zavisnost izmedju dobijenih faktora dekontaminacije i korozije.U rastvorima tetranatrijumove soli EDTA,faktori dekontaminacije su niski i pored velike korozije aluminijuma u tom rastvoru.

Kod dekontaminacije sprega aluminijum-nerdjajući čelik ,faktori dekontaminacije se drastično smanjuju u hrom-fosfornoj kiselini,manje u triamonijum citratu,dok u rastvorima diamonijum citrata ostaju praktično nepromenjeni.U rastvorima tetranatrijumove soli EDTA zapaža se izvesno povečanje faktora dekontaminacije.

Abstract

DEKONTAMINATION OF ALUMINUM,STAINLESS STEEL,AND THE ALUMINUM-STAINLESS STEEL COUPLE

Zarić M.,Jelić Lj.,Matijašić A.

Boris Kidrič Institute of Nuclear Sciencee

Vinča

Decontamination of aluminum,stainless steel and the aluminum-stainless steel couple,contaminated with Co-6o was studied. The solutions used for decontamination were:chromic-phosphoric acid,diamonium citrate,triamonium citrate and the tetrasodium salt of EDTA.High decontamination factors for aluminum and stainless steel were found in the solutions of chromic-phosphoric acid diamonium citrate and triamonium citrate.In soulution of the tetrasodium salt of EDTA,decontamination factors were low,except for stainless steel at 6o°C.In the case of the aluminum-stainless steel couples,the decontamination factors were lower than at decontamination of metals without contact.The most pronounced decrease of decontamination factors was observed in the system aluminum-stainless steel-chromic-phosphoric acid.

Literature

1.) -------

Radioactive Decontamination.A Literature Search U.S.AEC Rap.TID-3535,1959

2.) Carlson A.B.
Contamination and Decontamination of Low Temperature, Water Cooled Reactors.
U.S.AEC Rap.DP-793,1963

3.) Carlson A.B.
Contamination and Decontamination of Low Temperature, Water Cooled Reactors.
U.S.AEC Rap.DP-829,1963

4.) Waren J.T.et al.
Notes on Decontamination of Structures and Equipment.University of Chicago,Contract W-31;1o9,1961

5.) Ayres I.A. et al.
Decontamination Studies for HAPO Water Cooled Reactor
U.S.AEC Rap.HW-67937,196o

6.) Andronov G.G.,Komarova V.K.
State Publishing House of Literature in the Field of Atomic Sciences and Tehnology,Moscow,196o

7.) Matijašić et al.
Korozija nerdjajućeg čelika u rastvorima za dekontaminaciju.
Izveštaj IBK-368,1965

8.) Zarić M.et al
Korozija aluminijuma u rastvorima za dekontaminaciju
Izveštaj IBK-547,1967

9.) Zarić M. et al.
Korozija aluminijuma u kontaktu sa nerdjajućim čelikom u nekim rastvorima za dekontaminaciju.
Izveštaj IBK-548,1967

MATERIJE ZA RADIOLOŠKU DEKONTAMINACIJU POVRŠINA RASTVORNE U MORSKOJ VODI

Jelić Lj.,Božović R.

Institut za tehničko-medicinsku zaštitu,Beograd

Rezime

U radu je opisan način pripreme rastvora za dekontaminaciju površina, koji se sastoje od površinsko aktivnih supstanci i kompleksirajućih materija rastvorenih u morskoj vodi.Odnosi komponenata u smeši i optimalne koncentracije u morskoj vodi odredjene su eksperimentalnim putem. Ogledi dekontaminacije izvedeni su na obojenim metalnim površinama. Eksperimentalni rezultati ukazuju na to da rastvor za dekontaminaciju koji sadrži nejonogene površinsko aktivne supstance i Na-heksametafosfat može efikasno da ukloni sa površina nečistoće kao i radiokontaminante u obliku katjona, jer reaguje i kao materija za pranje i kao kompleksirajući agens.

Uvod

Dekontaminacija površina morskom vodom predstavlja poseban problem, jer je morska voda, zbog visokog sadržaja soli,nepogodan rastvarač za materije koje se najčešće koriste za dekontaminaciju. Literaturni podaci koji tretiraju ovaj problem su oskudni i nepotpuni (1,2).

Cilj ovoga rada bio je da se ispita koje materije za dekontaminaciju mogu da se koriste kao dodatak morskoj vodi, ako se predvidja tretiranje površina mlazom rastvora. Uslovi koje bi ove materije trebalo da zadovolje su sledeći:

- da se dobro rastvaraju u morskoj vodi;
- da brzo reaguju sa kontaminantima atsorbovanim na površinama;
- da rastvori ovih materija efikasno uklanjaju nečistoće i masnoće sa površina.

U okviru ovoga rada ispitivana je efikasnost kombinacija površinsko aktivnih supstanci i kompleksirajućih materija kao aditiva morskoj vodi pri procesu dekontaminacije površina kontaminiranih rastvorima fisionih produkata.

Rastvori za dekontaminaciju

Za pripremanje dekontaminacionih rastvora korišćene su sledeće kompleksirajuće materije: limunska kiselina, trinatrijumcitrat i natrijum heksametafosfat.

Limunska kiselina je uzeta iz razloga što se u morskoj vodi dobro rastvara i gradi komplekse sa velikim brojem katjona. Pored toga, u odnosu na ostale kompleksirajuće materije ima malu molekulsku težinu, te je pri gradjenju kompleksa sa katjonima u stehiometrijskom odnosu 1:1 potrebna mala količina ove materije za reakciju.

Trinatrijum citrat je uzet da bi se ispitalo da li je alkalna sredina pri datim uslovima pogodnija za dekontaminaciju od kisele.

Natrijum heksametafosfat spada u grupu polifosfata, koji se sve više koriste za dekontaminaciju. Pored toga, polifosfati povećavaju moć pranja površinsko aktivnih supstanci. Smatrali smo da ukoliko ova materija pokaže dobre osobine kompleksiranja, rastvor koji sadrži Na-heksametafosfat i površinsko aktivne supstance može da bude veoma pogodan za dekontaminaciju, kako čistih, tako i zaprljanih površina.

Pri odredjivanju potrebnih količina kompleksirajućih materija u morskoj vodi, pošlo se od srednjeg jonskog sastava vode Jadranskog Mora. Prema Dittmaru i Ercegoviću, ukupni sadržaj Ca^{2+}, Mg^{2+} i Sr^{2+} u ovoj vodi iznosi 0,063 mol/l (3). Prema tome, potrebne stehiometrijske količine kompleksirajućih materija bile bi: za limunsku kiselinu 12,1 gr/l, za trinatrijumcitrat sa dva molekula vode 18,5 gr/l, a za Na-heksametafosfat 38,6 gr/l. Za prva dva reagensa je kod pravljenja rastvora dodavan višak kompleksirajućih materija: u morskoj vodi je rastvarano 15 gr/l limunske kiseline, odnosno 21 gr/l trinatrijum citrata. Kod pra-

vljenja rastvora na bazi Na-heksametafosfata u morskoj vodi je rastvarano 25 gr/l ove materije. Ova količina je manja od stehiometrijski potrebne količine, ali je dovoljna za dekontaminaciju, što je dokazano eksperimentalnim putem.

Ispitivanjem različitih anjonoaktivnih i nejonogenih površinsko aktivnih supstanci za pripremu dekontaminacionih rastvora došlo se do zaključka da je najpogodnija nejonogena materija DETERGENT V conc. (proizvodjač "Teol" Ljubljana). Ova materija se, za razliku od većine ispitivanih, dobro rastvara u morskoj vodi. Kritična koncentracija obrazovanja micela DETERGENT-a V conc. u morskoj vodi, odredjena metodom praćenja promene površinskog napona u funkciji koncentracije rastvora (4), iznosi 1 gr/l. Kako se optimalna moć pranja dobija kod dvostruke koncentracije obrazovanja micela, kod pripreme dekontaminacionih rastvora dodavano je 2 gr/l ove supstance.

Pripremljeni rastvori za dekontaminaciju bili su sledećeg sastava:

rastvor I: 15 gr/l $H_3C_6H_5O_7$+ 2 gr/l DETERGENT-a V(pH=2,2)
rastvor II: 21 gr/l $Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$+2 gr/l DET.V(pH=8,4)
rastvor III:25 gr/l $Na_6(PO_3)_6$+2 gr/l DET. V (pH=4,2).

Eksperimentalni rad

Efekat dekontaminacije praćen je na tri vrste materijala:

na beloj emajl lak boji - podloga čelični lim
na alkidnoj boji - podloga čelični lim
na poliestar pločama armiranim staklenim vlaknom.

Premazi su bili stari godinu dana.

Uzorci materijala bili su kružnog oblika Ø 25 mm. Kontaminant je pripreman dodavanjem radioizotopa ^{89}Sr i Ce^{144}+Pr^{144} morskoj vodi pojedinačno (5). Količina dodatog stroncijuma iznosila je 4×10^{-4} mol/l, a aktivnost kontaminacionih rastvora 14 μCi/ml. Specifična aktivnost rastvora ^{144}Ce+^{144}Pr bila je 1,55 μCi/ml. ^{144}Ce je bio bez nosača.

Uzorci su kontaminirani na taj način što je na sredinu svakog uzorka nanošen po 0,1 ml rastvora za kontaminaciju. Posle dvoipočasovnog stajanja na sobnoj temperaturi, uzorci su mereni na GM brojaču, a zatim dekontaminirani mlazom rastvora, čija je temperatura bila oko 25°C. Vreme dekontaminacije je bilo 10 sec,a količina utrošenog rastvora 80 ml po uzorku.

Paralelno su vršeni i ogledi dekontaminacije čistom morskom vodom bez dodataka.

Rezultati su prikazani u obliku faktora dekontaminacije, sa standardnom greškom srednje vrednosti ± 20%.

Rezultati i diskusija

Rezultati dekontaminacije prikazani su u tabelama 1 i 2.

TAB. br. 1

Dekontaminacija uzoraka kontaminiranih sa Sr^{89}

rastvor	FD		
	bela boja	alkidna boja	poliestar ploče
I	7,5	6,4	2,5
II	5,7	3,5	2,8
III	2,8	1,7	2,3
morska voda	14,7	9,8	3,0

TAB. br. 2.

Dekontaminacija uzoraka kontaminiranih sa $^{144}Ce+^{144}Pr$

rastvor	FD		
	bela boja	alkidna boja	poliestar ploče
I	67	15,2	10,5
II	14	10,8	3,4
III	21	6,3	6,3
morska voda	1,3	1,3	1,1

Rezultati prikazani u tabeli 1 ukazuju na to da je dekontaminacija stroncijuma najefikasnija ako se primeni čista morska voda. Razlog ovome treba tražiti u samom mehanizmu procesa uklanjanja sa površina. Pri tretiranju morskom vodom, dešava se izotopska i jonska izmena stroncijuma sa površina sa dvovalentnim katjonima iz morske vode (5). Ovaj proces se odigrava brže od procesa gradjenja kompleksa stroncijuma sa citratom, odnosno heksametafosfatom, te se stoga pod ovim uslovima pri tretiranju morskom vodom bez dodataka dobijaju bolji rezultati.

Za dekontaminaciju retkih zemalja morska voda je neefikasna. Njome se uklanja neznatan deo cera, što ukazuje na čvrstu vezu kontaminanta sa površinom. Najbolji rezultati su dobijeni sa rastvorom na bazi limunske kiseline. Pri tretiranju površina rastvorom na bazi Na-heksametafosfata dobijeni su niži faktori dekontaminacije, dok su sa alkalnim rastvorom trinatrijum citrata dobijeni najslabiji rezultati. Limunska kiselina, pored visoke efikasnosti za uklanjanje retkih zemalja sa površina ima i tu prednost, što ima i najmanju molekulsku težinu, te se i najmanja težinska količina ove supstance troši na kompleksiranje dvovalentnih katjona iz morkse vode.

Medjutim, kada se ima u vidu da površine veoma često mogu da budu zaprljane i masne, tada rastvor na bazi heksametafosfata ima prednost nad ostala dva rastvora. Naime, citratni anjon ne povećava moć pranja površinsko aktivnih supstanci, dok polifosfati spadaju u grupu visoko aktivnih dodataka materijama za pranje (6).

Efikasnost ovog rastvora ispitana je na velikim površinama kontaminiranih smešom ^{89}Sr i ^{144}Ce. Površine su prvo tretirane morskom vodom, a zatim rastvorom na bazi heksametafosfata. Faktori dekontaminacije dobiveni sa rastvorom na različitim površinama kretali su se od pet do pedeset.

Zaključak

Ispitivanja dekontaminacije uzoraka morskom vodom i ra-

stvorima kompleksirajućih materija sa dodatkom površinsko aktivnih supstanci navode na zaključak da je za dekontaminaciju površina kontaminiranih smešom fisionih produkata najcelishodnije primeniti dvostepeni postupak. Prvi stepen sastoji se u tretiranju površina mlazom čiste morske vode bez dodataka. Ovim postupkom uklanjaju se nevezani kontaminanti kao i najveći deo radioaktivnog stroncijuma atsorbovanog na površinama. Zbog neefikasnog uklanjanja retkih zemalja kao i kontaminanata vezanih za nečistoće, za dalji tretman treba predvideti izvesne dodatke morskoj vodi, koji bi se koristili u drugom stepenu dekontaminacije. Na osnovu rezultata prikazanih u ovom radu, može da se zaključi, da je rastvor koji sadrži 25 gr/l Na-heksametafosfata i 2 gr/l nejonogene površinsko aktivne supstance DETERGENT V conc pogodan za primenu u drugom stepenu dekontaminacije površina.

Abstract

In this work the preparation of decontaminating solutions consisting of surface active substances and complexing agents dissolved in sea water is described. The proportions of compounds in mixture and their optimal concentrations in the sea water are determined experimentally. The decontamination tests are conducted on several painted surfaces. The experimental results indicate that the solution containing nonionic surface active agent and sodium hexametaphosphate can effectively remove particulate matter, dirt and cationic contaminants from surfaces.

Literatura

1. Atomnaja energija i flot - sbornik statej - Voennoe izdat. Min. oboroni SSSR, Moskva 1959.
2. R.B.Wilson "Proceedings of the first international symposium on the decontamination of nuclear instalations" 237-240, Cambridge university press 1967.
3. Annual report on research, Contract N°201/RB, inst. "Rudjer Bošković", Rovinj, Zagreb 1965-1966.
4. A.M.Schwartz et all, "Surface active agents and detergents", Interscience publishers, London 1958.
5. Lj.Jelić et all, Naučno-tehnički pregled, u štampi.
6. K.Durham "Surface activity and detergency" MacMillan & Co ltd, London 1961.