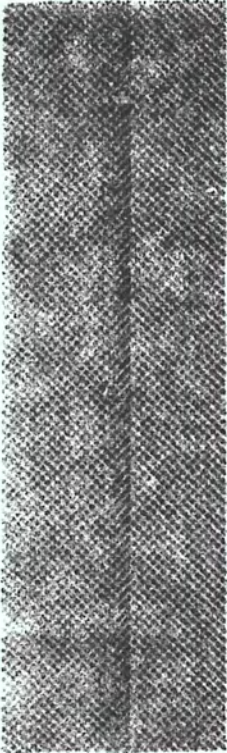


SSI:1972-033



UNDERSÖKNING AV RADIOAKTIVA FÖRORENINGAR
HOS PERSONAL VID NUCLEARMEDICINSKA
AVDELNINGAR

ROLF FALK, ATTILIO MAGI OCH BERT SARBY



STATENS STRÅLSKYDDSIINSTITUT

Fack
104 01 Stockholm 60



november 1972

UNDERSÖKNING AV RADIOAKTIVA FÖRORENINGAR HOS PERSONAL VID
NUCLEARMEDICINSKA AVDELNINGAR

Rolf Falk¹⁾, Attilio Magi²⁾ och Bert Sarby³⁾

Den medicinska användningen av radioaktiva ämnen växer för närvarande kraftigt i omfattning vilket gör att antalet personer som är involverade i verksamheten ökar och att mängden radioaktiva nuklider som passerar de nuclearmedicinska avdelningarna blir allt större. Personalen vid dessa avdelningar utsätts regelbundet i det sjukvårdande arbetet för strålbelastning som kan, förutom genom extern bestrålning, ske på flera sätt. Såväl intern som extern kontaminering kan uppkomma vid handhavandet av injektions- sprutor, instrument, avfall etc eller vid vistelse i närheten av patienter till vilka administrerats radioaktiva substanser. Den interna kontamineringen förorsakas av intag genom munnen, främst via händerna, eller genom inandning av luftburna aktivitet. Den luftburna aktiviteten härrör dels från utsöndringar från patienterna, främst utandningsluft, dels från förångning av radioaktivitet i samband med iordningställande av patient- aktiviteter, vilka under vissa arbetsmoment måste hanteras i öppna kärl.

Föreliggande undersökning avser att i första hand klargöra om personal vid nuclearmedicinska avdelningar normalt är kontaminerad internt eller externt och i så fall bestämma den interna kontaminationens nivå och sammansättning. Dessutom avser undersökningen att utreda på vilket sätt kontaminationen sker och om det finns någon korrelation till de dagliga arbetsuppgifterna. Likartade undersökningar på personer med direkt eller indirekt anknytning till medicinsk radionuklid användning utvisar att kontaminationen kan närma sig gränsvärdena i ICRP-rekommendationerna (ref 1, 4, 6, 7, 9, 17, 18).

1) Fysiker vid speciallaboratorierna, Statens strålskyddsinstitut, Fack, 104 01 Stockholm 60

2) Sjukhusfysiker, Radiofysikavdelningen, Södersjukhuset, Fack, 100 64 Stockholm 38

3) Förste fysiker vid avd för klinisk radiofysik, Statens strålskyddsinstitut, Fack, 104 01 Stockholm 60

Eftersom jod-131 traditionellt är en av de mest använda nukliderna inom sjukvården såväl för diagnostik som terapi, är undersökningen speciellt inriktad på denna nuklid. Genom jodens lättflyktighet och förmåga att anlagra sig i tyreoida kan en stor del av strålskyddsproblemen för personalen hänföras till användningen av denna radionuklid.

Användningen av kortlivade radionuklider, utan β -strålning, för diagnostik, särskilt teknetium-99m, har kraftigt ökat de senaste åren. Fördelen med sådana radionuklider är att de kan administreras i stora kvantiteter (1-15 mCi) med förhållandevis låga stråldoser till patienten. Å andra sidan medför detta större strålskyddsproblem för personalen, som skall handskas med dessa aktiviteter i jämförelse med om undersökningarna skulle ha gjorts med någon långlivad nuklid. I undersökningen har därför även inkluderats mätningar av teknetiumkontaminationen hos personalen.

Material och metoder

1. Mätningar på tyreoida och händer

Valet av de personer som skulle mätas gjordes så att samtliga kategorier av personal vid de nuklearmedicinska avdelningarna på karolinska sjukhuset (KS) och Södersjukhuset (SÖS) blev representerade. Dessutom mättes några av vårdpersonalen på de vårdavdelningar som omhänderhar de patienter, vilka undergår terapi eller diagnostik med radionuklider. Mätningarna utsträcktes i tiden från februari 1971 till december 1971 för att därmed utjämna mätresultaten för tillfälliga fluktuationer i kontaminationsnivån.

Den mätutrustning som användes för mätning av eventuell kontamination var en av strålskyddsinstitutets helkroppsmätare, en s k "open-booth"-räknare (se fig 1). Denna mätutrustning är tidigare beskriven av Lindell (ref 13).

Undersökningen gjordes dels genom mätning av händer och dels genom mätning av tyreoida. Dessutom utfördes några helkroppsmätningar. Före mätningen ombads personen att tvätta håret antingen på kvällen dagen före mätningen eller omedelbart före mätningen. Personen fick noggrant tvätta händer, armar, ansikte och hals strax före mätningen. Under mätningen var personen klädd i egna underkläder och rock från lågaktivitetslaboratoriet.

Handmätningarna gjordes med en mättid av 10 min för varje hand. Hela handen och underarmen var synlig för detektorn medan kroppen i övrigt var utanför mätfältet.

Vid tyreoideamätningen fick personen sitta på en låg träpall, helkroppsmätaren justerad till sådan höjd att hakan stödde mot kristallskyddets övre kant och med huvudet tillbakalutat. Avståndet mellan struphuvudet och kristallskydd blev då ca 3,5 cm. Med denna mätgeometri erhöles en mycket hög känslighet för strålningen från tyreoidea. Mättiden var 10 min.

Kalibreringsmätningar för jod-131 gjordes dels med hjälp av vävnads-ekvivalenta fantom under simulerade mätbetingelser och dels genom att mäta en person som hade fått en noggrant bestämd spår mängd jod-131.

Följande kalibreringsfaktorer bestämdes:

Tyreoideamätningar:

Jod-131	$0,10 \pm 0,01$ cpm/pCi
Teknetium-99m	$0,12 \pm 0,02$ cpm/pCi

Handmätningar:

Jod-131	$0,14 \pm 0,02$ cpm/pCi
Teknetium-99m	$0,21 \pm 0,03$ cpm/pCi

De räknestatistiska felen vid en 10 min lång mätning av tyreoideainnehållet var för jod-131 $\pm 0,04$ nCi (1σ) och för teknetium-99m $\pm 0,04$ nCi (1σ).

Vid beräkningen av mängden jod-131 i tyreoidea togs hänsyn till comptonbidraget från kalium-40 och cesium-137. Vid beräkningen av teknetium-99m togs förutom bidraget från kalium-40 och cesium-137 också hänsyn till comptonbidraget från jod-131. Dessa bidragsfaktorer beräknades med hjälp av kalibreringsmätningarna. Eftersom helkroppsmätarens bakgrundsreducerade avskärmning är utformad som en öppen låda, kan strålning utifrån passera vid sidan om detektorns avskärmning och träffa personen som sitter framför detektorn. Den strålning som sprids i personen har fotonenergier som är mindre än 250 keV och kommer därigenom att störa mätningarna på teknetium-99m. Denna felkälla reducerades genom bestämning av ett bakgrunds-värde, som mättes för ett vattenfantom placerat på motsvarande sätt som personerna vid tyreoideamätningarna.

Vid beräkningen av mängden jod-131 och teknetium-99m på händerna användes som bakgrund medelvärdet av handmätningar på 7 normalpersoner, som inte kommit i kontakt med aktiviteter. Eftersom mängden av cesium-137 och kalium-40 är mycket liten i hand och underarmar blir comptonbidraget till teknetium-99m och jod-131 litet och variationerna mellan olika personer är

mindre. Den spridda strålningen blir på grund av den ringa massan framför detektorn liten. Härigenom blir beräkningarna enkla och felkällorna få.

Det räknestatistiska felet vid en 10 min lång mätning av händerna har uppskattats till $\pm 0,02$ nCi (1σ) både för jod-131 och teknetium-99m.

2. Luftmätningar

För att bestämma halten av radioaktiva ämnen i luften vid olika arbetsplatser på de nuklearmedicinska avdelningarna iordningställdes en speciell luftmätare. Från mitten av augusti till början av december 1971 gjordes luftmätningar i "hot-lab" på båda sjukhusen. Luftinsamlingen utfördes under normal arbetstid. Förutom några luftinsamlingar på andra arbetsplatser inom avdelningarna gjordes även en undersökning av luften i en vårdsal med en patient, som hade fått en terapiaktivitet av 70 mCi jod-131. Mätutrustningen bestod av ett filtersystem, en gasmätare, en luftpump (fig 2). Luften, som sögs genom filtersystemet, passerade först ett partikelfilter och sedan ett kolfilter. Partikelfiltret var ett glasfiberfilter av fabrikat Gelman Typ A, som till 99,98 % stoppar alla partiklar större än $0,25 \mu$. Kolfiltret, i form av små patroner, har kemiskt behandlats för att jodånga och metyljodid effektivt skall absorberas. Kolfiltren tillverkas vid Aktiebolaget Atomenergi i Studsvik, där de används för rums- och skorstensmonitorering (ref 11). Luftinsamlingen skedde med en hastighet av ca 12 l/min vilket ungefär motsvarar normal andning. Undersökningarna på partikelfilter och kolfilter gjordes genom γ -spektrometri med hjälp av en hållkristall av NaI(Tl), $\emptyset 3" \times 3"$, som var ansluten till en mångkanalsanalysator, ND 130 A, med 512 kanaler. Mätutrustningens verkningsgrad framgår av fig 3. Minsta detekterbara mängd (3σ över bakgrunden) var vid 40 min mätning ca 5 pCi jod-131 och ca 10 pCi teknetium-99m. Kolfiltret innehöll naturlig radioaktivitet i små men påvisbara mängder, varför olika bakgrunder användes till partikel- och kolfiltermätningarna.

Radon och dess sönderfallsprodukter förekommer naturligt i luften. Vid provtagningen kom denna radioaktivitet att huvudsakligen fastna i partikelfiltret. γ -strålningen härifrån kom att i någon mån störa mätningarna men av betydelse blir denna felkälla endast då mycket små mängder av aktivitet med kort halveringstid skulle bestämmas. Genom att fördröja mätningarna för bestämning av jod-131 blir denna felkälla utan betydelse eftersom halveringstiden hos de naturliga aktiviteterna är relativt kort. Identifiering av radionukliderna gjordes genom utvärdering av γ -spektrum och genom halveringstidsbestämning.

3. Mätningar på hår

Prover av hår från några av de undersökta personerna mättes med hålkristall. Minsta detekterbara mängder är samma som vid luftfiltermätningarna. Hårproverna togs när håret var nytvättat.

Resultat

1. Mätningar på tyreoidea och händer

15 st personer vid karolinska sjukhusets nuklearmedicinska avdelning jämte 4 st från vårdavdelningar vid radiumhemmet mättes 1-3 gånger. I tabell 1 visas de uppmätta radioaktiviteterna i tyreoidea och på händer. Av tabellen framgår att så gott som all personal har små mängder jod-131 i tyreoidea. Många av personerna var dessutom kontaminerade på händerna. Allmänt kan sägas att mängden jod-131 i dessa personer är liten, omkring 1 nCi, i jämförelse med maximalt tillåtet tyreoideainnehåll för radiologiskt arbetande som enl ICRP är 0,14 μ Ci (0,7 μ Ci MPB) (ref 12).

På vissa av personerna konstaterades teknetium-99m i tyreoidea och på händer av ungefär samma mängd som jod-131. Vid enstaka mättillfällen uppmättes även kontamination av andra radionuklider som guld-198 och selen-75.

Från södersjukhusets isotoplaboratorium gjordes mätningar på 9 personer, på en av dessa vid 3 olika tillfällen. I tabell 1 redovisas mätresultaten.

Av tabellen framgår att större delen av den mätta personalen hade jod-131 i tyreoidea i ungefär samma mängder som uppmättes vid radiumhemmet. Även här är kontaminationen av jod den dominerande. För att få en relation mellan mätresultaten och hanteringen av radioaktiviteter redovisas i tabell 2 de hanterade mängderna i medeltal per vecka för de båda avdelningarna.

2. Mätningar på hår

Resultat av mätningarna på hårprover redovisas i tabell 1. Proven togs från de personer som vid mätningarna uppvisade de högsta aktivitetshalterna i tyreoidea.

Några andra aktiviteter än jod-131 kunde inte detekteras. Eftersom "standardmannen" har ca 20 g hår och "standardkvinnan" 300 g, framgår det ur tabellen att mängden jod-131 i håret kan vara av samma storleksordning som mängden jod-131 i tyreoidea för samma person.

3. Luftmätningar

Resultaten av luftmätningarna presenteras i tabell 3. Variationerna från dag till dag i luftkoncentrationerna framgår av fig 4. Maximumvärdet för KS, 30 gånger över medelnivån, hänför sig till ett missöde med ett utspill av ca 0,5 mCi jod-131 på kanten i dragskåpet i samband med tillredning av en terapiaktivitet.

Medelvärdet av den uppmätta koncentrationen i luft vid "hot-lab" på SÖS beräknades till 0,075 pCi/l och för KS till 0,035 pCi/l.

Vid beräkningen av dessa värden har hänsyn tagits till att luftproverna är tagna under olika långa tider. Dessa medelvärden kan jämföras med MPC-värdet 9 pCi/l (ref 12). Av tabell 3 framgår att luften i "hot-lab" under hela mätperioden innehåller små mängder av jod-131. Förekomsten av andra aktiviteter är liten, dock har teknetium-99m och selen-75 detekterats vid några tillfällen.

På arbetsplatser inom de nuklearmedicinska avdelningarna utanför "hot-lab" kunde inte någon eller endast mycket små aktivitetsmängder detekteras. På vårdsal med en patient som omedelbart före mätningens början erhållit 70 mCi jod-131 mättes de högsta luftaktiviteterna.

Medelkoncentrationen vid SÖS är större än vid KS trots att KS hanterar större mängder och har betydligt större patientantal än SÖS. Detta kan bl a bero på att "hot-lab" vid SÖS har sämre ventilation än det vid KS.

Fördelningen av den uppsamlade aktiviteten mellan de olika filtren visar att mer än hälften av aktiviteten förelåg i gasform, jodånga eller metyljodid. (Vid SÖS ca 56 %, vid KS ca 70 %). Denna fördelning mellan gasformig jod och partikelbunden jod erhöles däremot inte vid ett försök, där avdunstningen från lösningar med jod-131 och teknetium-99m skulle jämföras. Här fastnade mer än 90 % av den luftburna joden i partikelfiltret. Detta avdunstningsprov gjordes genom att suga luft ovanför öppna bägare som innehöll jod-131 resp teknetium-99m i de lösningsmedel, som används för resp ämne. Resultatet visade också att endast jod-131 avdunstade i sådana mängder att det var mätbart. Detta förklarar varför inte teknetium-99m kunde detekteras i luftproverna från "hot-lab" trots att relativt stora aktivitetsmängder hanteras öppet. Att mer än hälften av den luftburna joden i "hot-lab" förekommer i gasform kan bero på att jodidjoner under vissa betingelser spontant övergår till jodånga, vilket i så fall förklarar avvikelserna från mätresultaten vid avdunstningsproven.

Diskussion

Analys av felkällor i mätningarna

Bland felkällorna vid jod-131 mätning av tyreoida är känslighetens beroende av avståndet mellan detektor och tyreoida den väsentligaste. Detta fel är systematiskt och olika för olika personer. Vid ogynnsamma förhållanden kan detta fel tillsammans med det fel som beror på olika mängd absorptionsmaterial mellan tyreoida och detektorn bli uppemot 50 %. För att hålla hög känslighet vid mätningarna är det dock svårt att undvika denna felkälla. Säkerheten att jod-131 har detekterats påverkas dock inte av dessa felkällor.

Som tidigare nämnts kommer strålningen från mätpersonens eget innehåll av kalium-40 och cesium-137 att störa jod-131 mätningen. Korrigering göres för detta med hjälp av faktorer som bl a beror på mätupställning och personens vikt. Den kvarvarande osäkerheten efter korrigering är liten och kan försummas i förhållande till andra fel.

Eftersom mätutrustningen för mätning av jod-131 i tyreoida inte var försedd med någon speciell kollimator, kommer strålningen från joden i håret att påverka mätningen av jod i tyreoida. En speciell mätning gjordes för att utreda hur stora dessa störningar kunde bli. Resultatet visade att de framräknade tyreoidahalterna kunde vara 4 % för höga när halterna i tyreoida och hår var av samma storleksordning.

Sammanfattningsvis kan sägas att jod-131 halter över 0,1 nCi med säkerhet kan detekteras och att absolutbestämningen av mängden jod-131 i tyreoida hos enstaka personer kan vara behäftad med ett systematiskt fel som maximalt kan uppgå till 50 %.

Felkällorna för bestämning av teknetium-99m är fler än för jod-131. Förutom de ovan nämnda felkällorna som också gäller för teknetium-99m kommer ett eventuellt jod-131 innehåll att störa teknetium-99m bestämningen.

Med den mätutrustning som använts kommer all aktivitet i huvud och hals att detekteras. Teknetium-99m anrikas inte bara i tyreoida utan också i bl a parotis och i saliv, varför mätvärdena kommer att gälla för totala mängden teknetium-99m från dessa organ.

Teknetium-99m halter över 0,1 nCi kan med säkerhet detekteras om jod-131 innehållet är mindre än 1 nCi. Vid högre halter av jod-131 ökar detektionsgränsen till 0,2 nCi. Teknetium-99m halten gäller huvud och hals och

absolutbestämningen kan vara behäftad med ett något större systematiskt fel än vid jod-131 mätningen.

Felkällorna vid luftmoniteringen ligger huvudsakligen i filtersystemet. De väsentliga mätfelen vid aktivitetsbestämningen med hålkristallen beror på räknestatistiska orsaker och kan lätt beräknas.

När det gäller luftfiltrens verkningsgrad gjordes undersökningar där ytterligare ett kolfilter kopplades efter partikelfilter och kolfilter.

Resultatet av dessa mätningar visade att en ringa del, ca 4 %, av den totalt insamlade joden absorberades i det tredje filtret, vilket betyder att insamlingseffektiviteten för jodmonitering är större än 95 %. Detta värde på insamlingseffektiviteten överensstämmer väl med uppgifter erhållna av tillverkaren (ref 11). Denna felkälla kan därför försummas.

På grund av jodens lättflyktighet kan man förvänta att en viss del därav avdunstar från provet om det förvaras länge innan aktivitetshalten bestäms, (ref 3). Denna felkälla har undvikits genom att omedelbart efter provtagningen överföra filtren till en liten plastburk med tättslutande lock.

När det gäller insamlingseffektiviteten för de andra radioisotoperna finns inte lika bra underlag för bedömning som för jod-131.

Ur mätresultaten framgår att teknetium-99m har fastnat i partikelfiltret, som sitter främst, och ingen teknetium-99m har kunnat detekteras i det efterföljande kolfiltret. Detta tyder på att den luftburna teknetium-99m förekommer i partikelform, ev i form av joner som fastnat på aerosoler. Eftersom inte någon aktivitet har detekterats i kolfiltret tyder det på att insamlingseffektiviteten för teknetium-99m är god.

Selen-75 har endast detekterats i kolfiltret. Eftersom partiklarna avskiljes i det första filtret kan selen-75 inte förekomma fast bundet till luftburna partiklar. Insamlingseffektiviteten för selen-75 är svår att uppskatta ur de gjorda mätningarna men är troligen mindre än för jod-131 och teknetium-99m.

Stråldosuppskattningar

Av mätresultaten i tabell 1 framgår att ett tyreoidainnehåll av 1 nCi jod-131 kan anses vara representativt. De upprepade mätningar, som gjordes på några av personerna, visade att jodinhållet i stort sett är konstant i tiden.

Dosen till tyreoida har beräknats för ett konstant tyreoidainnehåll av 1 nCi jod-131 och 1 nCi teknetium-99m under antagande att tyreoida har en vikt av 20 g.

Dosen har beräknats enligt MIRD med ekv (ref 14)

$$D = \bar{C}_i \sum_i \phi_i \Delta_i \text{ rad}$$

där \bar{C} = ackumulerad koncentration ($\mu\text{Ci n/g}$)

ϕ_i = absorberad del för viss fotonenergi, targetvolym och preparatläge

Δ_i = doskonstanten vid jämvikt = $2,13 n_i \bar{E}_i$ ($\text{g rad}/\mu\text{Ci h}$)

där n_i = medeltalet utsända partiklar eller fotoner per sönderfall

\bar{E}_i = medelenergin (MeV) per partikel eller foton

Δ_i finns beräknade och tabellerade i ref 8

ϕ_i har beräknats med uppgifter ur ref 19

Dosen till tyreoida beräknad på detta sätt blev 193 mrad/år nCi från jod-131 och 20 mrad/år nCi från teknetium-99m.

Dessa beräkningar gjordes under antagande att tyreoida har en konstant halt av radionukliden. I verkligheten gäller dock inte ett sådant idealiserat förhållande utan aktivitetsinnehållet varierar beroende bl a på att kontaminationen sker oregelbundet och på grund av sönderfall och utsöndring. För att en noggrann dosberäkning ska kunna göras måste mätning av tyreoidainnehållet göras ofta (ref 17).

De enligt ovan uppskattade doserna till tyreoida kan i verkligheten vara något högre eller lägre.

Analys av mätresultaten för jod-131

Av mätresultaten i tabell 1, vilka grupperats med hänsyn till personalens yrkesverksamhet, framkommer en direkt korrelation till den dagliga verksamheten ifråga om arbetet med olika typer av patienter och tiden för arbetsinsatsen i "hot-lab". Hanteringen av radioaktiviteter och patienter vid de båda sjukhusen har sammanställts i tabell 2. På grund av den lilla personalstyrkan på Södersjukhusets (SÖS) isotoplaboratorium är det lätt att uppdelat personerna efter arbetsuppgifterna. Det visar sig då att man får en stark korrelation mellan antalet besök i "hot-lab" och kontaminationsnivån.

Någon finstrukturerad korrelation till rutinarbetet vid nuklearmedicinska avdelningen på karolinska sjukhuset (KS) går ej att finna beroende på att mängden aktivitet som administreras till patienterna liksom tidsåtgången för varje administration kan variera stort även om medeltalen i tabellen i stort sett är lika från vecka till vecka. Dessutom är antalet personer som är involverade i verksamheten betydligt större på KS (20 st) än på SÖS (10 st) och det förekommer även en viss rotation av arbetsuppgifterna.

Den övervägande delen jod-131 administreras i form av jodidjon i NaI-lösning. Sjukhusfysikerna, i vars arbetsuppgifter ingår tillredning, kontrollmätning och administration av jod-131-terapiaktiviteter har de högsta mätvärdena såväl för tyreoida som händer.

SÖS:s sjukhusfysiker Nr 5 var vid tiden för undersökningen sysselsatt med utredningsarbete, vilket förklarar de låga mätvärdena. För SÖS:s del kan följande kommentarer göras till tabell 1:

Nr 7 handhar uppäckning och mätning av inkommande isotoper och löper ringa risk att bli kontaminerad på händerna. Nr 16, 17 och 18 besöker ofta "hot-lab" och arbetar med radioaktiva injektionssprutor och med urin från spårjodpatienter (nr 18). Nr 19 är en korttidsvikarierande radioterapi-assistent och Nr 20 samt 21 är assistenter som praktiskt taget aldrig är inne i "hot-lab". Nr 22 är en apotekare som tillreder teknetium- och indiumföreningar på farmaceutiska centralen men som ej har kontakt med jod-131-aktivitet.

Allmänt kan sägas om tabell 1 att personal som handhar radiokemiska preparationer arbetar förhållandevis lång tid i "hot-lab", men med andra radioaktiviteter än jod-131. Kontaminationen av jod-131 i tyreoida torde i dessa fall härröra från den luftburna aktivitet, som alltid förekommer i "hot-lab" (se fig 4). De förhållandevis låga mätvärdena på händerna talar också för att en relativt stor del av aktiviteten tillföres genom inandningsluften till dessa personer. Mätvärdet på tyreoida för den ingenjör (nr 12), som under viss del av sin arbetstid vistas i "hot-lab" för arbete med apparaturen torde likaledes kunna tillskrivas den luftburna radioaktiviteten.

Radioterapiassistenter och mottagningssköterskor administrerar ett stort antal diagnostiska radioaktiviteter av jod-131 till patienter (jfr tabell 2), i vilkas omedelbara närhet de sedan tillbringar en stor del av sin arbetstid. De gör även kortare besök i "hot-lab". Detta återspeglas i tabell 1

med i några fall förhållandevis höga mätvärden både i tyreoidea och på händer. Spridningen i mätvärdena för denna personal kan direkt återföras till de olika typer av arbetsuppgifter som den enskilda personen inom denna grupp normalt svarar för, även om detta inte framgår av tabellen. Tyreoideainnehållet på den läkare som arbetar vid avdelningen vid KS måste också härröra från luftburen radioaktivitet från patienterna.

För att erhålla ett jämförelsetal till mätningarna gjordes mätningar på 7 personer (kontroller 20-26) som inte handskas med radioaktiva ämnen. Mätresultaten gav $< 0,1$ nCi för tyreoidea resp $< 0,05$ nCi för händerna, vilket är detektionsgränserna med den använda mätmetodiken. Någon aktivitet kunde ej heller detekteras vid mätningar på en person (sekreteraren, 28) som dagligen vistas inom avdelningen vid KS på förhållandevis långt avstånd från patienter och "hot-lab".

Av det anförda framgår att den personal som regelbundet arbetar i "hot-lab" kan ha en halt av ca 1 nCi jod-131 i tyreoidea. Om denna personal skulle vistas hela dagarna i "hot-lab" skulle intaget via andningsluften vara det huvudsakliga sättet för kontaminationen. Eftersom den del av arbetsdagen som tillbringas i "hot-lab" för sjukhusfysikerna uppgår till 1-2 timmar och för övrig personal högst en timme kan inte tyreoideainnehållet hänföras enbart till den luftburna aktiviteten enl fig 4. Mer än hälften av den luftburna joden i "hot-lab" förekommer i gasform. Detta kan bero på att jodidjoner under vissa betingelser spontant övergår till jodånga. Någon inverkan på upptaget av luftburen aktivitet i personal har inte detta då det kan antas att all inandad radiojod upptas oberoende av i vilken kemisk form joden förekommer (ref 15). Utanför "hot-lab" är den luftburna aktiviteten betydligt lägre men dock detekterbar i de rum där patienterna vistas. Eftersom de flesta av personerna var kontaminerade på händerna och i håret, bedöms att omkring hälften av den interna kontaminationen torde ha tillförts genom munnen via händerna. En viss del av aktiviteten vid en hudkontamination resorberas direkt genom huden men denna del är försumbar såvida inte huden skadas mekaniskt eller kemiskt (ref 10, 16). Kontaminationen av hår härrör förmodligen också från handkontaminationen. Denna slutsats har delvis dragits efter mätning på ett luftfilter tillverkat av hår och som placerats före de övriga filtren vid luftinsamling. En tiondel av den totala mängden insamlad jod fastnade i hårfiltret. Försöket är emellertid ej helt representativt för vad som händer normalt, eftersom lufthastigheten genom hårfiltret av tekniska skäl blev relativt hög.

De patienter som undergår behandlingar med jod-131 med aktiviteter överstigande 15 mCi skall enligt gällande strålskyddsrekommendationer intas på sjukhus till dess aktiviteten sjunkit till denna nivå. Dessa rekommendationer har tillkommit för att skydda de övriga medlemmarna i patientens familj från både intern och extern bestrålning (ref 4, 5, 6, 18). På den avdelning vid Radiumhemmet, KS, där dessa patienter vårdas har särskilda strålskyddsinstruktioner utfärdats för vårdpersonalen. Normalt vistas på denna avdelning 2-3 patienter som erhållit jod-131 i aktiviteter mellan 3-100 nCi. Tyreoideainnehållet hos vårdpersonalen till följd av den luftburna aktiviteten från dessa patienter är oväntat högt och av jämförbar storlek med tyreoideainnehållet på personalen vid KS:s nuklearmedicinska avdelning. Detta torde förorsakas av en förhållandevis låg luftomsättning på vårdsalarna. För att närmare studera detta gjordes en mätning i en vård-sal med en patient, som erhållit en terapidos på ca 70 mCi. Härvid uppmättes luftaktiviteten till omkring 10 ggr medelkoncentrationen i "hot-lab". Koncentrationen i vårdsalen minskade dock till mycket låga värden efter några dagar troligen beroende på att största delen av den tillförda aktiviteten lämnade patienten med urinen de två första dygnet. Kontamination av personalen genom luftburen aktivitet har även uppmärksamats vid andra sjukhus, där aktivitetsnivåer av jämförbar storlek uppmätts (ref 1, 2, 3).

Förutom att aktiviteten lämnar patienten via urin och feces utsöndras även mindre mängder genom saliven eller direkt genom huden via svett. En låg kontamination på händerna till följd av detta kan även spåras hos vårdpersonalen, vilken troligen uppkommer i samband med tvättning av patienter, arbete med sänglinne, tvättgods etc även om detta skett i enlighet med de strålskyddsinstruktioner som utfärdats.

Analys av mätresultaten för teknetium-99m

Teknetium-99m administreras till patienter i diagnostiskt syfte i aktiviteter mellan 1-15 mCi. I flertalet undersökningar tillföres aktiviteten i form av perteknetatjon i fysiologisk koksaltlösning. Under den tid mätningarna pågick vid KS administrerades aktiviteterna per os i öppna kärl till patienterna, ett förfarande som dock senare ändrats till intra-venös injektion.

De höga värdena som förekom i ett fall (nr 5) var resultatet av en strålskyddsmätning omedelbart efter ett missöde med sterilfiltrering av en

teknetyumlösning då ett milliporfilter brast och några droppar stänkte på personen ifråga. Denna hade före mätningen tvättat sig upprepade gånger och bytt kläder.

Den radioterapiassistent (nr 6) som vid tiden för mätningarna svarade för merparten av teknetyumundersökningarna uppvisade förhållandevis höga mätvärden både i tyreoida och på händer. Den interna kontamineringen av teknetyum-99m får huvudsakligen tillskrivas intag genom munnen via händerna.

SLUTSATSER

Personal vid de två undersökta isotopavdelningarna uppvisar kontamination av jod-131 och teknetyum-99m såväl internt som externt till följd av den omfattande kliniska användning dessa båda radionuklider har. Den uppmätta mängden i tyreoida var av storleksordningen 1 nCi för vardera av de båda radionukliderna. Extern kontamination av samma storlek som den interna har påvisats på händer och i håret. Vid enstaka mätningar har även andra typer av radioaktivitet registrerats av storleksordningen 1 nCi, vilka direkt kunnat återföras till resp persons arbete den närmaste tiden före mätningen. Den interna kontaminationen har för jod-131 till ungefär hälften skett genom inhalation av luftburen radioaktivitet och till hälften via intag genom munnen orsakad av den externa kontaminationen. Denna slutsats har dragits på grundval av i tiden utsträckta mätningar av den luftburna aktiviteten i avdelningarnas "hot-lab". Även personal på vårdavdelning, där patienter som behandlas med jod-131 omhändertas, uppvisar intern kontamination av samma storleksordning till följd av luftburen aktivitet emanerande från dessa patienter. Den interna kontaminationen av teknetyum-99m kan till övervägande delen hänföras till intag genom munnen via kontaminerade händer.

Ett konstant tyreoidairnehåll av 1 nCi jod-131 ger upphov till en årsdos av ca 0,2 rem till tyreoida. Detta värde kan jämföras med bidraget från naturlig aktivitet ca 0,1 rem och MPB för jod-131 0,7 μ Ci eller 0,14 μ Ci i tyreoida för radiologiskt arbetande personal. Årsdosen från teknetyum-99m är mindre än årsdosen från jod-131.

Även om de erhållna resultaten ligger under de "tillåtliga" värden enligt ICRP:s rekommendationer är det givetvis ur arbetshygienisk och arbetarskyddssynpunkt angeläget att reducera kontamineringsriskerna i så stor utsträckning som möjligt. Detta torde kunna göras dels genom att nedbringa

kontaminationen på händerna med en förbättrad arbetsmetodik dels genom att arrangera mera ändamålsenliga laboratorier med god ventilation och genom att ordna med bättre vädring av vårdssalar där jodterapipatienter vårdas. Icke heller skall man bortse från vad en adekvat och fortlöpande information om god arbetshygien och undervisning i strålskyddsfysik betyder för all personal som arbetar med radioaktivitet.

REFERENSER

1. Blum, M and Liuzzi, A: Thyroid I-131 Burdens in Medical and Paramedical Personnel. JAMA Vol 200 No 11, 1967.
2. Blum, M, Chandra, R and Marshall, C: Environmental Contamination with 131-Iodine Related to the Treatment of Hyperthyroidism and Carcinoma of the Thyroid Gland. IEEE Transaction on Nuclear Science, 1970 Symposium Issue.
3. Bozóky, L: Untersuchung der Luftverschmutzung in nuklearmedizinischen Abteilungen. Rad Ther 3, 1962.
4. Buchan, R C T and Brindle, J M: Radioiodine Therapy to Out-Patients, the Contamination Hazard. Br J Radiol, 43, 1970.
5. Buchan, R C T and Brindle, J M: Radioiodine Therapy to Out-Patients the Radiation Hazard. Br J Radiol 44, 1971.
6. Chandra, R and Marshall, C H: Letter to the Editor. Radioiodine Therapy to Out-Patients the Contamination Hazard. Br J Radiol, 44, 1971.
7. Colard, J F, Boulenger, R R, Henry, J A and Verly, W G: Measurement of Radioactive Contamination by Whole Body Spectrometry. Health Physics 10, 1964.
8. Dillman, L T: Radionuclide Decay Schemes and Nuclear Parameters for Use in Radiation-Dose Estimation. MIRD Pamphlet No 2, J Nucl Med 10, Suppl 2, 1969.
9. Garder, K: Erfaring med inhalasjon av radioaktivt jod i produktionslaboratorier. Proceedings from 3rd Nordic Radiation Protection Conference, Copenhagen 18-20 August, 1971.
10. Harrison, J: The Fate of Radioiodine Applied to Human Skin. Health Physics 2, 1963.
11. Hesböl, R: Personal Communication, 1971.
12. ICRP, 1959. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 2 (Pergamon Press, London).

13. Lindell, B: An "Open-booth" Body Counter. From "Whole-Body Counting", IAEA, Wien, 1962.
14. Loevinger, R and Berman, M: A Schema for Absorbed-dose Calculations for Biologically-distributed Radionuclides. MIRD Pamphlet No 1, J Nucl Med 9 Suppl 1, 1968.
15. Morgan, A, Morgan, J and Black, A: Study of the Deposition, Translocation and Excretion of Radioiodine Inhaled as Iodine Vapour. Health Physics 15, 1968.
16. Murray, J L: Thyroid Uptake of I-131 from Skin Exposure. Health Physics 17, 1969.
17. Nootboom-Beekman, Z M and Ackers, J G: Routine Thyroid Monitoring in I-131-Production Workers. IRPA 2nd European Congress on Radiation Protection, Budapest, 3-5 May, 1972.
18. Sear, R: Radiation Hazards Resulting from Clinical Use of Radio-Iodine, Acta Radiol 2, 1964.
19. Snyder, W S, Ford, M, Warner, G G and Fisher, H L: Estimates of absorbed Fractions for Monoenergetic Photon Sources Uniformly Distributed in Various Organs of a Heterogenous Phantom. MIRD Pamphlet No 5, J Nucl Med 10 Suppl 3, 1969.

Tabell 1. Resultat av mätningar på tyreoida, händer och hår

Person Nr	Datum 1971	Mätvärde tyreoida		Mätvärde händerna		Övriga mätvärden
		nCi ¹³¹ I	nCi ^{99m} Tc*	nCi ¹³¹ I	nCi ^{99m} Tc	
Sjukhusfysiker						
1 KS	17.3	3,4	1,3	1,8	1,2	
1 KS	11.11					78pCi ¹³¹ I/g hår
2 KS	18.10	1.7	< 0.2	3.5	0.1	
2 KS	16.11					53pCi ¹³¹ I/g hår
3 KS	18.2	1.1	< 0.2	1.1	< 0.05	
4 SÖS	21.10	< 0.1	< 0.1	< 0.05	< 0.05	
Personal för radiokemiska preparationer, uppackning etc.						
5 KS	4.5	2.0	0.4	0.1	7.6	
5 KS	15.11	0.4	< 0.1	< 0.05	0.1	
6 KS	25.2	0.4	240	< 0.1	1700	ca 25µCi ^{99m} Tc hel- kroppskontamination
6 KS	9.3	0.2	0.1	0.2	3.5	
6 KS	4.5	0.2	0.3	0.05	6.1	
7 SÖS	2.11	0.2	< 0.1	0.1	< 0.05	
7 SÖS	22.3.72					2 pCi ¹³¹ I/g hår
Radioterapiass., mottagningssköterska, ingenjörer						
8 KS	15.6	1.3	2.0	1.3	11.2	
9 KS	5.5	1.0	< 0.2	0.2	< 0.05	
9 KS	3.11	< 0.1	< 0.1	0.2	< 0.05	
10 KS	17.11	0.9	0.1	0.1	< 0.05	
10 KS	25.3			0.8 nCi ⁷⁵ Se		0.5 nCi ⁷⁵ Se på huvudet
10 KS	17.11					53 pCi ¹³¹ I/g hår
11 KS	3.5	0.6	< 0.1	2.0	< 0.05	
12 KS	3.5	0.3	0.2	0.05	< 0.05	
13 KS	16.6	0.2	< 0.1	0.2	< 0.05	
14 KS	3.5	0.1	< 0.1	< 0.05	< 0.05	
15 KS	5.5	0.1	< 0.1	0.1	< 0.05	
16 SÖS	6.5	0.5	< 0.1	0.2	< 0.05	
16 SÖS	8.10					12 pCi ¹³¹ I/g hår
16 SÖS	24.11					4 pCi ¹³¹ I/g hår
17 SÖS	6.5	1.0	0.2	0.1	0.2	
17 SÖS	18.10	0.5	0.2	0.5	< 0.05	
17 SÖS	12.11	0.5	< 0.1	1.9	< 0.05	
17 SÖS	16.11					8 pCi ¹³¹ I/g hår
17 SÖS	3.2.72					21 pCi ¹³¹ I/g hår
18 SÖS	6.5	0.9	0.1	0.8	< 0.05	
18 SÖS	1.11					19 pCi ¹³¹ I/g hår
19 SÖS	15.10	0.2	0.1	0.1	0.4	
20 SÖS	9.11	< 0.1	< 0.1	< 0.05	< 0.05	
21 SÖS	10.12	< 0.1	< 0.1	< 0.05	< 0.05	
22 SÖS	5.5	< 0.1	< 0.1	< 0.05	< 0.05	
Läkare						
23 KS	2.4	0.3	0.1	1.8 nCi ¹⁹⁸ Au		
Personal på vårdavdelningar						
24 KS	22.3	0.4	< 0.1	0.1	< 0.05	
24 KS	6.5	0.4	< 0.1	0.1	< 0.05	
25 KS	7.5	0.4	< 0.1	< 0.05	< 0.05	
26 KS	22.3	0.2	< 0.1	< 0.05	< 0.05	
26 KS	7.5	0.4	< 0.1	0.1	< 0.05	
27 KS	7.5	0.3	< 0.1	0.1	< 0.05	

* gäller hals och huvud

forts.

Tabell 1 forts.

Person Nr	Datum 1971	Mätvärde tyreoida		Mätvärde händerna		Övriga mätvärden
		nCi ^{131}I	nCi $^{99\text{m}}\text{Tc}^*$	nCi ^{131}I	nCi $^{99\text{m}}\text{Tc}$	
Sekreterare						
28 KS	2.11	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	
Kontroller						
29 SSI	30.8	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	
30 SSI	30.8	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	
31 SSI	30.8	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	
32 SSI	30.8	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	
33 SSI	30.8	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	
34 SSI	30.8	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	
35 SSI	30.8	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	

* gäller hals och huvud

Tabell 2. Hanteringen av radioaktiviteter på isotopavdelningarna vid KS och SÖS. Medelvärden för de veckor då undersökningen utfördes.

	^{131}I		$^{99\text{m}}\text{Tc}$	
	mCi	Antal pat.	mCi	Antal pat.
<u>Medeltal per vecka KS</u>				
Mottagen mängd för terapi	300	-	-	-
Administrerad mängd för terapi	120	9	-	-
Mottagen mängd för diagnostik	15	-	700 ¹⁾	-
Administrerad mängd för diagnostik	5	80	25	15
<u>Medeltal per vecka SÖS</u>				
Mottagen mängd för terapi	35	-	-	-
Administrerad mängd för terapi	17	3	-	-
Mottagen mängd för diagnostik	2	-	27 ²⁾	-
Administrerad mängd för diagnostik	0.2	9	8	2
1) KS nuklearmedicinska avdelning levererar teknetium-99m även till andra kliniker.				
2) All teknetium-99m till radiofysikavdelningens isotoplaboratorium levereras från SÖS farmaceutiska central.				

Tabell 3. Resultat av mätningar på luftburen radioaktivitet vid KS och SÖS

Provtagnings- datum 1971	Insamlad volym m ³	Konc. av jod-131 pCi/l	I kolfilter insamlad del %	Anmärkning
Hot. lab. vid KS				
22.9	4.9	0.017	40	
13.10	4.3	0.97	69	
18.10	5.1	0.105	83	
19.10	5.1	0.052	73	
20.10	5.0	0.036	54	
21.10	4.9	0.046	60	
22.10	4.9	0.017	69	
25.10	6.3	0.019	65	
26.10	5.7	0.021	70	
26.10-27.10	13.0	0.015	84	Provtagning under natten
27.10	5.5	0.013	70	
28.10	6.2	0.014	76	0.5 pCi/l ^{99m} Tc i partikelfilter
29.10	5.3	0.008	71	0.05 pCi/l ⁷⁵ Se i kolfilter
1.11	6.3	0.011	61	
2.11	6.3	0.023	77	
3.11	7.1	0.055	75	0.07 pCi/l ⁷⁵ Se i kolfilter
4.11	5.6	0.022	81	
5.11	3.0	0.032	82	
8.11-12.11	30.7	0.021	76	0.05 pCi/l ⁷⁵ Se i kolfilter
15.11-19.11	47.0	0.015	89	
23.11	1.7	0.042	76	
29.11- 3.12	19.6	0.080	59	
5.10	4.6	0.002	54	Väntrum i korridor
6.10	4.3	0.011	52	Väntrum i hot.lab.
3.1-4.1/72	12.3	0.415	78	Luft i vårdssal med terapipat.
4.1/72	4.1	0.192	72	Luft i vårdssal med terapipat.
Hot. lab. vid SÖS				
12.10	5.0	0.120	40	
4.11	8.4	0.100	56	
8.11	8.9	0.051	80	
9.11	5.3	0.114	51	
10.11	8.7	0.340	91	
11.11	4.1	0.128	41	
12.11.	9.1	0.047	58	
15.11	8.3	0.200	35	
16.11	7.3	0.065	59	
17.11	9.5	0.053	64	Spår av ⁷⁵ Se i kolfilter
19.11	7.2	0.019	53	
22.11-23.11	16.3	0.036	50	Spår av ⁷⁵ Se i kolfilter
24.11-25.11	16.5	0.028	60	
26.11	8.3	0.012	51	
29.11- 3.12	29.1	0.039	52	Spår av ⁷⁵ Se i kolfilter

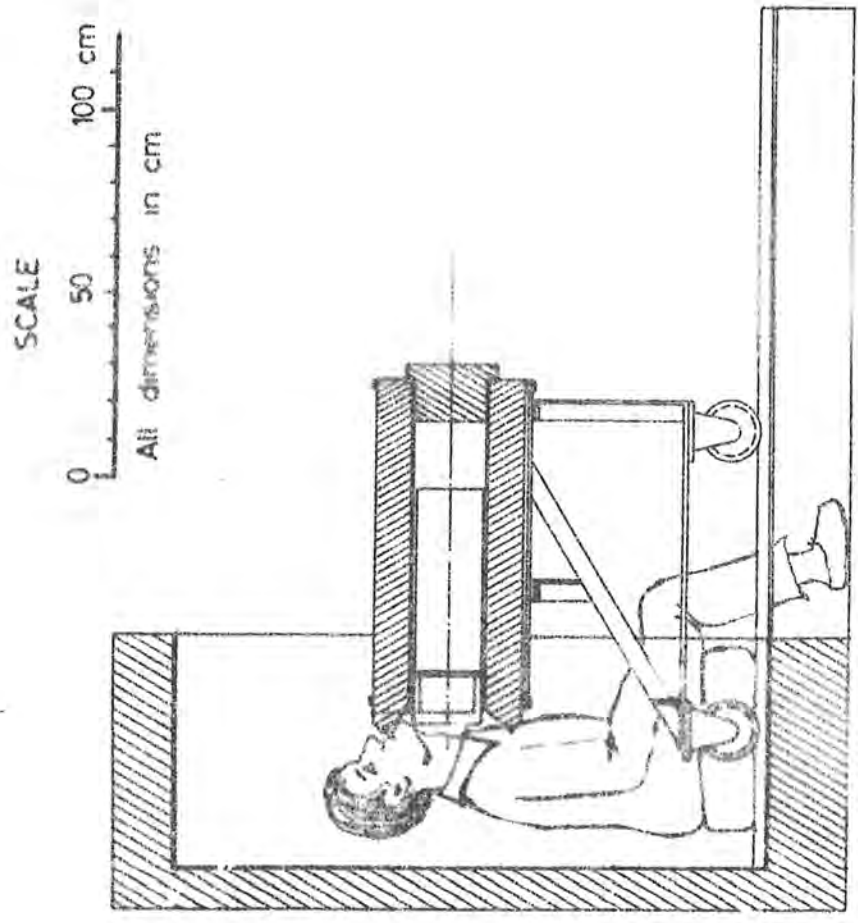


Fig 1. Uppställning för tyreoidemätningar
med "open-booth"-helkroppsmatrare

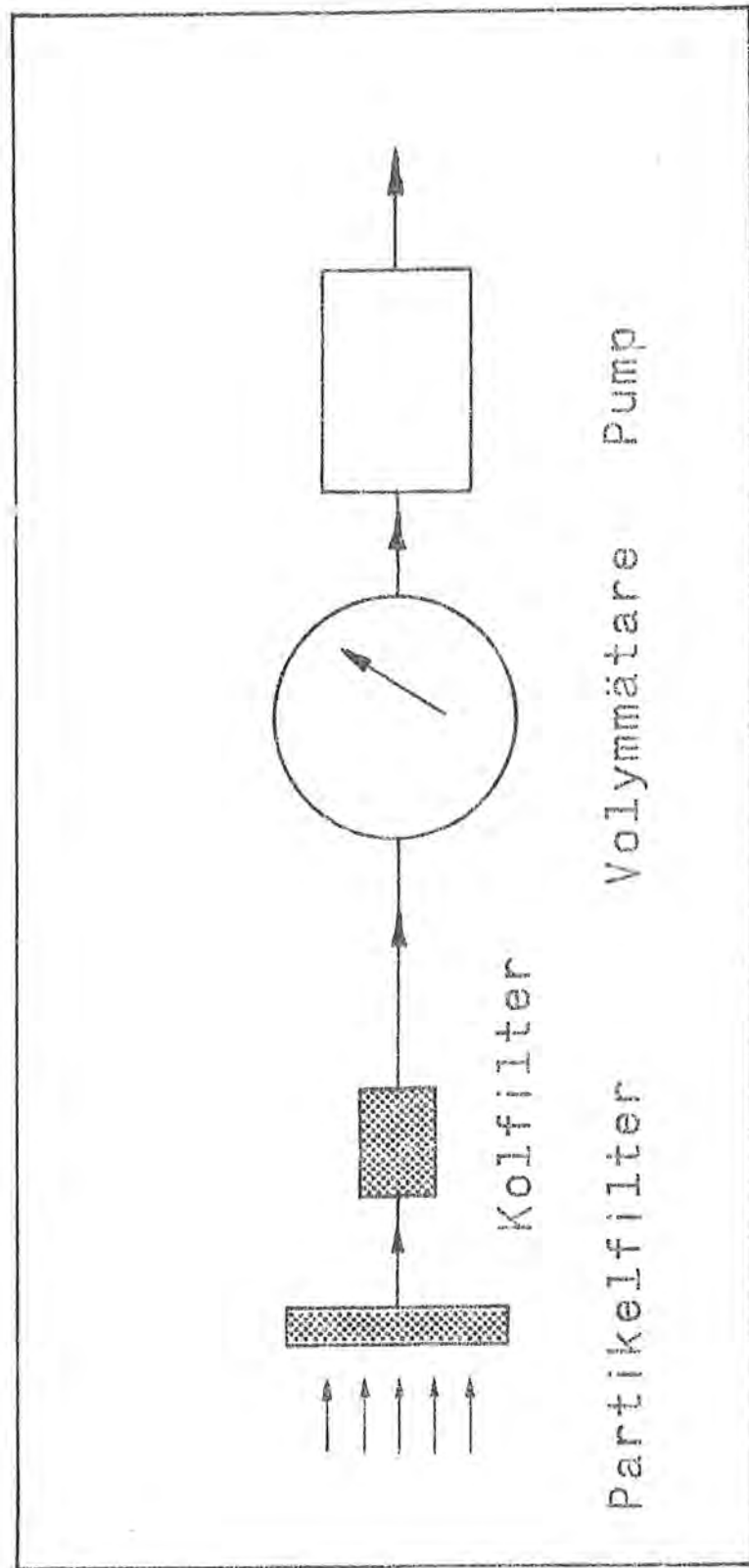


Fig 2. Utrustning för insamling av luftburen aktivitet

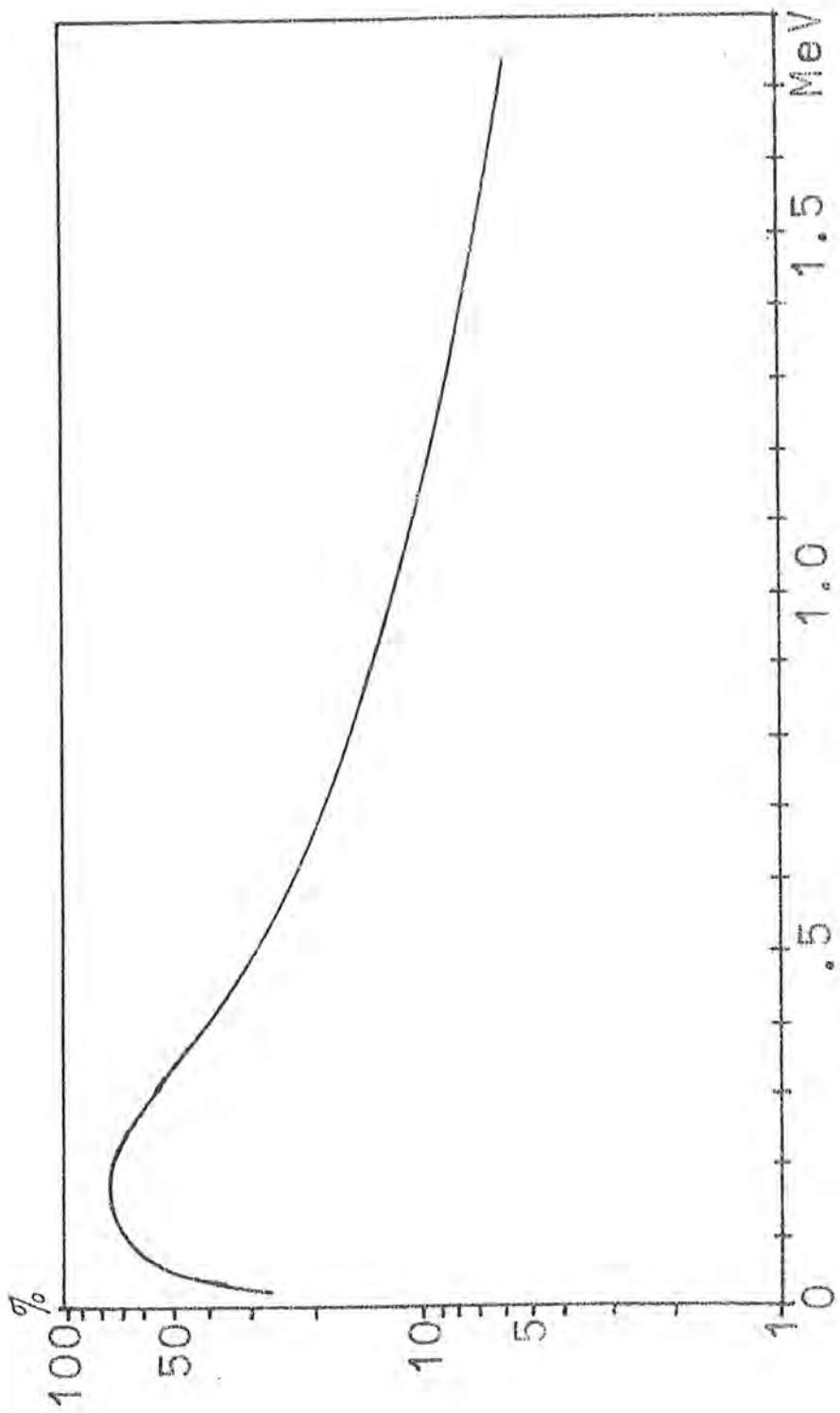


Fig 3. Hålkristallens effektivitet för detektion av fotonstrålning av olika energier

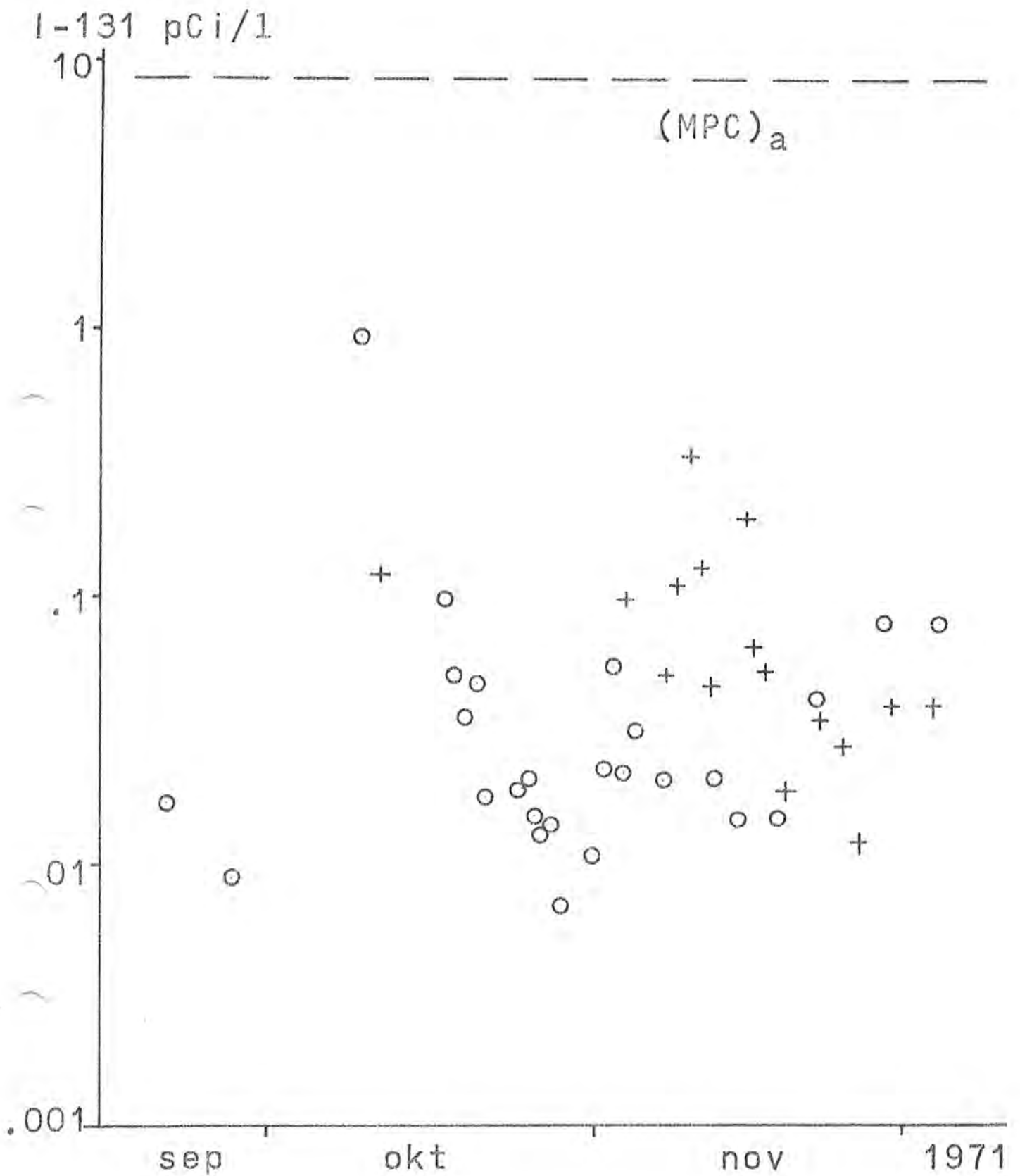


Fig 4. Uppmätt luftkoncentration av I-131 i isotoplaboratorierna vid KS (o) och SÖS (+).