



SSI report

SSI Rapport

2007:05

Rapport från Statens strålskyddsinstitut
tillgänglig i sin helhet via www.ssi.se

Doskatalogen för nukleärmedicin

projekt SSI P 1426.04

Sigrid Leide-Svegborn, Sören Mattsson,
Lennart Johansson, Per Fernlund och Bertil Nosslin



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

SSI:s verksamhetssymboler



UV, sol och optisk strålning

Ultraviolet (UV) strålning från solen och solarier kan ge både lång- och kortsiktiga skador. Även annan optisk strålning, främst från lasrar, kan vara skadlig. Vi ger råd och information.



Solarier

Risken med att sola i solarium är sannolikt densamma som att sola i naturlig sol. SSI har därför tagit fram föreskrifter som även innehåller råd för den som solar i solarium.



Radon

i inomhusluft står för den största andelen av den totala stråldosen till befolkningen i Sverige. Vi arbetar med riskbedömning, mätteknik och rådgivning till andra myndigheter.



Sjukvård

står för den näst största andelen av den totala stråldosen till befolkningen. Genom föreskrifter och tillsyn strävar SSI efter att minska stråldosema för personal och patienter.



Strålning inom industri och forskning

Enligt strålskyddslagen krävs tillstånd för verksamhet med joniserande strålning. SSI ger ut föreskrifter och kontrollerar att de efterlevs, gör inspektioner, utredningar och kan stoppa farlig verksamhet.



Kärnkraft

SSI ställer krav på kärnkraftverken att strålskyddet för allmänhet, personal och miljö ska vara bra och kontrollerar fortlöpande att kraven uppfylls.



Avfall

SSI arbetar för att allt radioaktivt avfall tas omhand på ett från strålskyddssynpunkt säkert sätt.



Mobiltelefoni

Mobiltelefoner och basstationer avger elektromagnetiska fält. SSI följer utveckling och forskning för mobiltelefoni och dess eventuella hälsorisker.



Transporter

SSI verkar nationellt och internationellt för att radioaktiva preparat inom sjukvården, strålkällor inom industrin och utbränt kärnbränsle ska transporteras på ett säkert sätt.



Miljö

Säker strålmiljö är ett av de 15 miljömål som riksdagen beslutat om för att uppnå en ekologiskt hållbar utveckling i samhället. SSI ansvarar för att detta mål uppnås.



Biobränsle

från träd som innehåller cesium, till exempel från Tjernobylolyckan, är ett problem som SSI idag forskar kring.



Kosmisk strålning

Flygpersonal kan i sitt arbete utsättas för höga nivåer av kosmisk strålning. SSI deltar i ett internationellt samarbete för att kartlägga stråldosema till denna yrkesgrupp.



Elektriska och magnetiska fält

SSI arbetar med risker av elektromagnetiska fält och vidtar åtgärder om risker identifieras.



Beredskap

SSI har dygnet-runt-beredskap för att skydda människor och miljö från konsekvenser av kärnenergiolyckor och andra strålningsolyckor.



SSI Utbildning

ska bidra till att tillgodose det utbildningsbehov som finns på strålskyddsområdet. Verksamheten finansieras genom kursavgifter.

FÖRFATTARE/ AUTHOR: Sigrid Leide-Svegborn¹, Sören Mattsson¹, Lennart Johansson², Per Fernlund³ och Bertil Nosslin¹.

1. Avdelningen för radiofysik vid Universitetssjukhuset MAS, Malmö
2. Avdelningen för radiofysik vid Norrlands Universitetssjukhus, Umeå
3. Avdelningen för klinisk kemi vid Universitetssjukhuset MAS, Malmö

AVDELNING/ DEPARTMENT: Avdelningen för personal- och patientstrålskydd / Department of Occupational and Medical Exposures.

TITEL/TITLE: Doskatalogen för nukleärmedicin; projekt SSI P 1426.04/ Absorbed Doses to Patients in Nuclear Medicine; project SSI P 1426.04

SAMMANFATTNING: Doskatalogen är en samling av datablad som presenterar stråldoser till olika organ och vävnader. I sin nuvarande form har de s.k. dosbladen getts ut sedan 1981 och har sedan dess reviderats och kompletterats med nya substanser

Denna nya rapport innehåller data för:

- ¹¹C-märkta substanser (realistisk maximum),
- aminosyror märkta med ¹¹C, ¹⁸F eller ⁷⁵Se,
- ^{99m}Tc-apcitide,
- ¹²³I-märkta fria fettsyror (¹²³I- BMIPP and ¹²³I-IPPA) och
- Reviderade modeller för ¹⁵O-märkt vatten, ^{99m}Tc-tetrofosmin (vila och arbete) och ²⁰¹Tl-jon.

Idag finns information i Doskatalogen om upp mot 200 olika substanser och radionuklider.

Doskatalogen finns sedan 2001 tillgänglig via SSI:s hemsida (www.ssi.se).

SUMMARY: The Swedish radiation protection authority, Statens strålskyddsinstitut (SSI), has supported work on estimates of radiation doses to patients from nuclear medicine examinations since more than 20 years. A number of projects have been reported. The results are put together and published under the name "Doskatalogen" which contains data on doses to different organs and tissues from radiopharmaceuticals used for diagnostics and research.

This new report contains data on:

- ¹¹C-labelled substances (realistic maximum model),
- amino acids labelled with ¹¹C, ¹⁸F or ⁷⁵Se,
- ^{99m}Tc-apcitide,
- ¹²³I-labelled fatty acids (¹²³I- BMIPP and ¹²³I-IPPA) and
- revised models for previously reported ¹⁵O-labelled water, ^{99m}Tc-tetrofosmin (rest as well as exercise) and ²⁰¹Tl-ion

Data for almost 200 substances and radionuclides are included in the "Doskatalogen" today.

Since the year 2001 the "Doskatalogen" is available on the authority's home page (www.ssi.se).

SSI rapport: 2007:05

april 2007

ISSN 0282-4434

Författarna svarar själva för innehållet i rapporten.

The conclusions and viewpoints presented in the report are those of the authors and do not necessarily coincide with those of the SSI.



Innehållsförteckning

English summary	2
Inledning.....	3
Nya dosblad.....	4
Reviderade dosblad.....	5
Kvantifiering av aktivitetssinnehållet i olika organ och vävnader med hjälp av planara gammakamerabilder.....	6
Publicerade arbeten och övrig verksamhet inom ramen för detta projekt.....	8
Övriga referenser.....	10
BILAGA 1 - DOSBLAD för ^{11}C - märkta substanser (realistisk maximum).....	12
BILAGA 2 - DOSBLAD för ^{11}C - märkta aminosyror.....	14
BILAGA 3 - DOSBLAD för ^{18}F - märkta aminosyror	15
BILAGA 4 - DOSBLAD för ^{75}Se - märkta aminosyror.....	16
BILAGA 5 - DOSBLAD för $^{99\text{m}}\text{Tc}$ - apcitid.....	19
BILAGA 6 - DOSBLAD för ^{123}I - fettsyra (BMIPP).....	21
BILAGA 7 - DOSBLAD för ^{123}I - fettsyra (IPPA).....	22
BILAGA 8 - DOSBLAD för H_2^{15}O	25
BILAGA 9 - DOSBLAD för $^{99\text{m}}\text{Tc}$ - tetrofosmin (vila).....	26
BILAGA 10 - DOSBLAD för $^{99\text{m}}\text{Tc}$ - tetrofosmin (arbete).....	27
BILAGA 11 - DOSBLAD för ^{201}Tl - jon.....	28

English summary

The work with a Swedish catalogue of radiation absorbed doses to patients undergoing nuclear medicine investigations has continued. After the previous report in 2003, biokinetic data and dose estimates (mean absorbed doses to various organs and tissues and the effective dose) have been produced for a number of substances: ^{11}C -labelled substances (realistic maximum model), amino acids labelled with either ^{11}C , ^{18}F or ^{75}Se , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -apcitide, ^{123}I -labelled fatty acids (^{123}I -BMIPP and ^{123}I -IPPA). Furthermore, revised models for previously reported ^{15}O -labelled water, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmin (rest as well as exercise) and ^{201}Tl -ion have been produced. The absorbed dose estimates for the substances have been made from published biokinetic information.

Several parameters influence the accuracy of the absorbed dose estimates to organs and tissues. One major contribution to the uncertainty is the quantification of the activity content in the organs, which require correction for attenuation, scatter and for activity in over- and underlying tissue. In order to optimise the quantification technique, i.e. to achieve the most suitable set of correction methods, several methods have been tested in various combinations in a phantom study. Our results showed that the determination of the attenuation in the patient is most accurate when obtained by transmission measurements. Correction for activity in over- and underlying tissue has to be carried out and a method that takes the thickness of the source organ into account should be used. This is especially important for large source organs. In general, the most accurate results were obtained when the lower energy window scatter (LEW) correction method was used in combination with the Kojima background correction method and an attenuation correction based on transmission measurement.

Inledning

Doskatalogen är en samling av datablad som presenterar stråldoser till olika organ och vävnader, från ett stort antal radioaktiva läkemedel vilka används inom medicinsk diagnostik och forskning. Katalogen ger också den effektiva dosen. Syftet med doskatalogen är att ge strålskyddskommittéer, sjukhusfysiker, läkare, forskare och övriga verksamma inom området ett enkelt redskap för att uppskatta stråldosen till olika patientgrupper och försökspersoner. I sin nuvarande form har de s.k. dosbladen getts ut sedan 1981 och har sedan dess reviderats och kompletterats med nya substanser (1982, 1983, 1990, 1993, 1996, 1999 och 2003). Idag finns dosblad för över 195 olika substanser och radionuklider. Fram till 2001 har dosbladen getts ut i pappersform och nu är samtliga aktuella dosblad åtkomliga på SSI´s hemsida (www.ssi.se).

Projektet "Doskatalogen" har alltsedan starten och genom årens lopp stötts av SSI´s forskningssekretariat. Tack vare detta stöd har också ett mångårigt engagemang inom ICRP (International Commission on Radiological Protection) varit möjligt.

Detta engagemang -Task Group on Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals - har resulterat i ICRP publikation 53 (ICRP, 1988b) med tillhörande addendum i ICRP publikation 62 (ICRP, 1993) och ICRP publikation 80 (ICRP, 1998) samt addenda 3-7 publicerade på ICRP´s hemsida (www.icrp.org).

Vårt arbete har också haft betydelse för ICRP publikation 52 (ICRP, 1988a).

I arbetsgruppen ingår Lennart Johansson (sekreterare), Sigrid Leide-Svegborn och Sören Mattsson (ordförande) samt Julian Liniecki (Lodz), Dietmar Nosske (München), Mike G Stabin (Nashville) och David M Taylor (Cardiff). Gruppen har dessutom ett antal korresponderande ledamöter, från Sverige (Kristina Norrgren, Bertil Nosslin och Sven Valind, Malmö samt Sten Carlsson, Uddevalla) och från USA (Keith F Eckerman, Oak Ridge).

Nya dosblad

Sedan förgående rapport 2003-06-24 har arbetet koncentrerats på att ta fram biokinetiska data och stråldosuppskattningar för ett antal nya och redan mycket använda substanser. Dosblad för dessa substanser bifogas (Bilaga 1-7):

^{11}C -märkta substanser (realistisk maximum)

Kol-11 är en positronstrålande radionuklid som används inom PET-diagnostik. Ett stort antal substanser märks med ^{11}C , exempelvis aminosyror, proteiner, receptorsökande substanser etc., beroende vad som ska undersökas/studeras. För många ^{11}C -märkta substansen är det svårt att finna tillförlitliga biokinetiska data vilket förhindrar en substansspecifik dosberäkning. Eftersom ^{11}C har kort fysikalisk halveringstid (20,38 minuter) blir det inte så stora variationer i absorberad dos även om kinetiken varierar. Det finns därför en möjlighet att presentera en biokinetisk modell som med realistiska antagande resulterar i den högsta absorberade dos som erhålles. Denna typ av realistisk maximimodell skall bara användas då det inte finns några substansspecifika dosblad.

Aminosyror märkta med ^{11}C , ^{18}F eller ^{75}Se (Generisk modell)

Metionin-analogen ^{75}Se -selenmetionin har använts inom nuklearmedicin i många år och för denna substans har ett dosblad producerats tidigare. Efter PET-diagnostikens entré har ett flertal olika aminosyror märkta med ^{11}C och ^{18}F börjat användas mer och mer för kliniska tillämpningar. Exempel på detta är L-[Methyl- ^{11}C]-methionine, L-[2- ^{18}F]-fluorotyrosine, [^{18}F]-*p*-fluorophenylalanine, 6-[^{18}F]-fluorotryptophan, *cis*-4-[^{18}F]-fluoroproline, *trans*-4-[^{18}F]-fluoroproline och L-3-[^{18}F]-fluoro- α -methyl tyrosine. En generisk biokinetisk modell har nu producerats för bestämning av stråldosen från aminosyror märkta med ^{11}C , ^{18}F eller ^{75}Se . De bifogade dosbladen bygger på samma biokinetiska modell, men är radionuklidspecifika. Jämförelse av stråldosen till vuxna beräknade med denna generiska modell och den radiofarmaka-specifika modellen för t.ex. ^{75}Se -selenmetionin indikerar att den absorberade dosen till vävnader och organ samt den effektiva dosen överensstämmer inom en faktor 2 eller mindre. Den generiska modellen snarare överskattar än underskattar stråldosen till organ och vävnader. I de fall då substansspecifika dosblad är tillgängliga ska dess användas i

första hand - i nuläget finns data för ^{75}Se -selenmetionin och L- ^{11}C -metyl-metionin (SSI-rapport, 2003). Det bör dock påpekas att denna generiska biokinetiska modell inte är tillämpbar på ^{14}C -märkta aminosyror.

Jod-märkta fria fettsyror, ^{123}I -IPPA och ^{123}I - BMIPP

Fria fettsyror märkta med ^{123}I används för att studera hjärtmuskeln blodförsörjning och ämnesomsättning och kan därför framgångsrikt utnyttjas för att diagnostisera ischemi och hjärtinfarkt.

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -apcitid (AcuTect™)

Apcitid är en syntetisk peptid som efter märkning med $^{99\text{m}}\text{Tc}$ används för att akut detektera djup ventrombos.

Reviderade dosblad

Dosblad för tre tidigare publicerade substanser har reviderats. Dessa är syre-15 märkt vatten, Teknetium-99m märkt tetrofosmin och Tallium-201. Nya dosblad för dessa substanser bifogas (Bilaga 8-11):

H_2^{15}O

För ^{15}O -märkt vatten bifogas här ett reviderat dosblad. Revisionen beror på ett mjukvaruproblem vid de tidigare beräkningarna.

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmin (Myoview™)

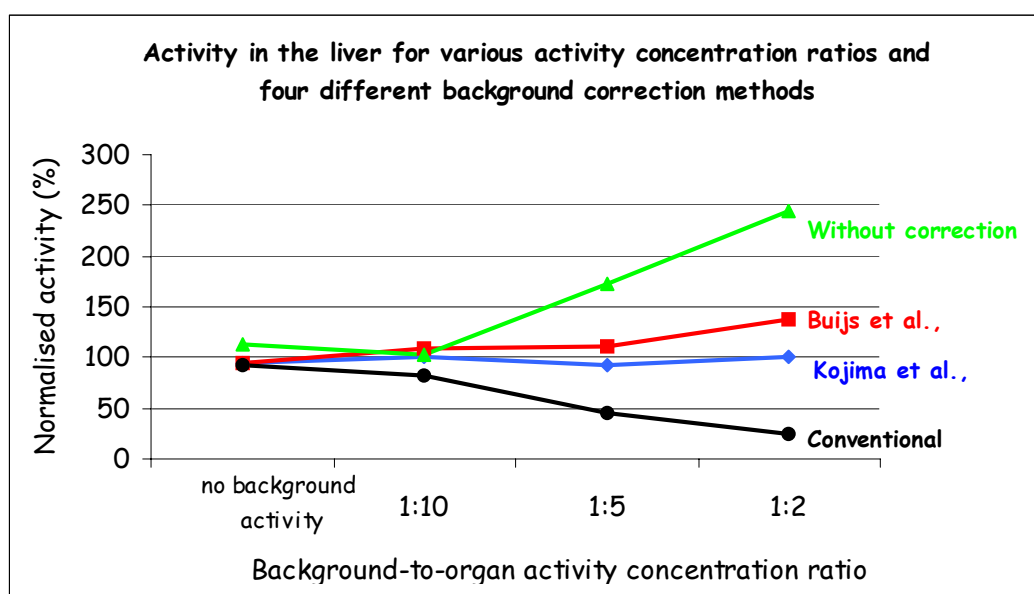
Reviderade dosblad för $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmin har producerats då de gamla visade sig vara behäftade med tryckfel. Nya dosblad ges för undersökningar under såväl stress som i vila.

^{201}Tl - jon

Ny information har gett oss anledningar att revidera den tidigare publicerade modellen för ^{201}Tl -jon. Flera nyare studier indikerade ett betydligt lägre upptag i testiklarna än tidigare rapporterat, vilket resulterar i lägre absorberad dos och effektiv dos.

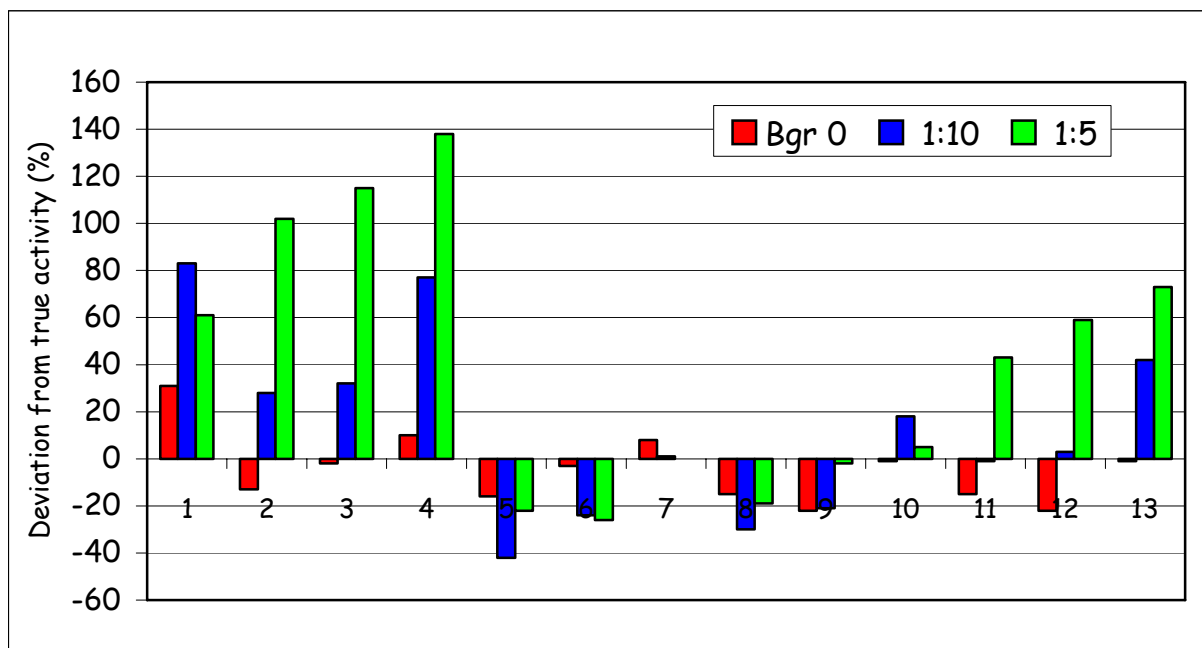
Kvantifiering av aktivitetsinnehållet i olika organ och vävnader med hjälp av planara gammakamerabilder

Hur hög stråldosen till patienten vid en nuklearmedicinsk undersökning blir är beroende av aktivitetsinnehållet i olika organ och vävnader och hur aktiviteten varierar med tiden, samt på vilket sätt och hur snabbt aktiviteten försvinner ur kroppen. Noggrannheten i stråldosbestämningen påverkas alltså direkt av noggrannheten i kvantifiering av aktivitetsinnehållet i olika organ. Tidigare har vi studerat noggrannheten i aktivitetsbestämningen från planara gammakamerabilder (Leide Svegborn *et al.*, 1999, Norrgren *et al.*, 2003) och uppskattat olika parametrars bidrag till den totala onoggrannheten. I en fortsatt undersökning har vi, i en fantomstudie, undersökt hur noggrant man kan bestämma aktiviteten i olika organ och vävnader utifrån planara gammakamerabilder (Fors och Svensson, 2003). Gammakamerabilder har tagits på ett vattenfyllt plastfantom innehållande plastorgan fyllda med av ^{99m}Tc av känd aktivitet (källorgan) och varierande koncentration. Aktiviteten har sedan beräknats utifrån gammakamera-bilderna med hjälp av olika metoder för bakgrundssubtraktion och attenueringskorrektion. I denna studie har vi visat att för en noggrann bestämning av aktivitetsinnehållet ska attenueringskorrektionen bygga på transmissionsmätningar. Vidare är det nödvändigt att utföra en korrektion för ovan- och underliggande aktivitet (figur 1). Vid denna korrektion ska det tas hänsyn till utbredningen av källorganet.



Figur 1. Resultatet av aktivitetsbestämningen för olika sätt att korrigera för över- och underliggande aktivitet.

Vidare har vi studerat vikten av att även korrigera för spridningen av fotonstrålningen, s.k. scatter-korrektion för aktivitetsbestämningen (M. Sydoff, 2006). I en fantomstudie likt den ovan nämnda (fast nu både med ^{99m}Tc och ^{123}I) har vi systematiskt studerat de olika parametrarna – 1) attenuering, 2) spridning samt 3) över- och underliggande aktivitet, var för sig och i kombination. Resultatet visade att för stora organ t.ex levern var avvikelserna från den sanna aktiviteten som lägst då korrektion för attenuering kombinerades med LEW (low energy window)-spridningskorrektion och Kojimas bakgrundskorrektion (hänsyn tages till källorganets utbredning och djup i kroppen). Så var även fallet för små organ om bakgrundsaktiviteten var låg. Om däremot bakgrundsaktiviteten var hög kom vi närmre det sanna värdet då TEW (Triple energy window) – spridningskorrektion utnyttjades.



Figur 2. Avvikelse från sann aktivitet för olika korrektionsmetoder och varierande bakgrundsaktivitet.

Förklaring till siffrorna i bilden:

1. Attenuation correction, solely, (transmission measurement)
2. Att. corr. + TEW scatter correction, no background subtraction
3. Att. corr. + DEW scatter corr., no background subtraction
4. Att. corr. + LEW scatter corr., no background subtraction
5. Att. corr. + TEW scatter corr. + conventional background subtraction
6. Att. corr. + DEW scatter corr. + conventional background subtraction
7. Att. corr. + LEW scatter corr. + conventional background subtraction
8. Att. corr. + TEW scatter corr. + Kojima background subtraction
9. Att. corr. + DEW scatter corr. + Kojima background subtraction
10. Att. corr. + LEW scatter corr. + Kojima background subtraction
11. Att. corr. + TEW scatter corr. + Buijs background subtraction
12. Att. corr. + DEW scatter corr. + Buijs background subtraction
13. Att. corr. + LEW scatter corr. + Buijs background subtraction

Publicerade arbeten och övrig verksamhet inom ramen för detta projekt

Konferensbidrag:

Leide-Svegborn S, Sydoff M and Norrgren K

Activity quantification of planar gamma camera images. (2006) Annual congress of the European Association of Nuclear Medicine, Athens, Greece, 30 September - 4 October 2006. Abstract: *Eur.J Nucl Med.* **33**, S338, 2006

Sydoff M, Norrgren K and Leide-Svegborn S

Quantification of activity concentration *in vivo* using planar gamma camera images. (2006) International Conference in Radiation Interaction with Material and its use in Technologies. Kaunas, Lithuania, 28-30 September, 2006.

Johansson L, Mattsson S and Leide-Svegborn S

New ICRP foundational document – the influence on the calculated effective dose for patients in diagnostic nuclear medicine (2006). Montpellier Workshop on Internal Dosimetry of Radionuclides. Occupational, public and medical exposure, Montpellier, France, 2-5 October 2006.

Norrgren K, Leide-Svegborn S, Areberg J and Mattsson S

Accuracy of the quantification of organ activity from planar gamma camera images. *Cancer Biotherapy and Radiopharmaceuticals*, **18**, 125-131, 2003

Leide-Svegborn S, Areberg J, Norrgren K and Mattsson S

Accuracy of the quantification of organ content of radionuclides from gamma camera images. *Report MA-RADFYS 99:01*. Department of Radiation physics, Malmö university hospital, SE 205 02, Malmö, Sweden.

Examensarbeten:

Marie Sydoff

Activity quantification of planar gamma camera images.

Medicinsk strålningsfysik, Sjukhusfysikerprogrammet, Lunds universitet, 2005.

Handledare: Sigrid Leide Svegborn

Johan Fors och Roine Svensson

Kvantifiering av aktivitetsinnehåll i organ utifrån planara gammakamerabilder.

Medicinsk bildvetenskap, Teknik och samhälle, Malmö högskola, 2003.

Handledare: Sigrid Leide Svegborn

CPD-kurs och Forskarutbildningskurs:

”Stråldoser till patienter från radioaktiva läkemedel - Vad har hänt sedan sist”

Malmö 29/11- 3/12, 2004

Under ledning av Sigrid Leide Svegborn och Sören Mattsson i nära samarbete med Eva Forssell-Aronsson och Lars Jacobsson vid Avd. för radiofysik, Göteborgs universitet genomfördes 29 november – 3 december, 2004 en vidareutbildningskurs för sjukhusfysiker (CPD) kombinerat med en forskarutbildningskurs för forskarstuderande (FU) i ämnet ”Stråldoser till patienter från radioaktiva läkemedel”. Kursen lockade totalt c:a 40 personer varav 13 var forskarstuderande. De ingående momenten i CPD-kursen var följande:

- Dosimetri – Strålningsbiologi
- Dosberäkning (metoder, osäkerheter, begränsningar, programvara)
- Radiofarmakadosimetri (för grupper av individer dvs. diagnostik och strålskydd)
 - Doskataloger (SSI, ICRP m.fl.)
 - Specialfall (barn, ammande, gravida)
- Radiofarmakadosimetri (terapi)
 - Dagens rutinbehandlingar
 - Nya typer av behandlingar
 - Dosbegränsande organ
- Referensaktiviteter – optimering
- Stråldosreducerande åtgärder
- Kommentarer från myndigheter

Övriga referenser

Buijs WC, Siegel JA, Boerman OC, Corstens FH (1998). Absolute organ activity estimated by five different methods of background correction. *J Nucl Med.* **39**:2167-2172.

Kojima A, Takaki Y, Tsuji A, Nakashima R, Kira M, Hara M, Tomiguchi S, Matsumoto M, Takahashi M (1996). Quantitative renography with the organ volume method and interoperative background subtraction technique. *Ann Nucl Med.* **10**:401-407.

Cristy M and Eckerman KF (1987). Specific absorbed fraction of energy at various ages from internal photon sources. Report ORNL/TM-8381/V1-V7. Oak Ridge, Tennessee, USA

Fleming JS (1979). A technique for the absolute measurement of activity using a gamma camera and computer. *Phys Med Biol*, **24**: 176-180.

ICRP (1977). *Recommendations of the ICRP*, ICRP Publication 26. Annals of the ICRP, **1** (3), Pergamon Press, Oxford.

ICRP (1979). *Limits for Intakes of Radionuclides by Workers*, ICRP Publication 30. Annals of the ICRP, **2** (3-4), Pergamon Press, Oxford.

ICRP (1988a). *Protection of the Patient in Nuclear Medicine*, ICRP Publication 52. Annals of the ICRP, **17** (4), Pergamon Press, Oxford.

ICRP (1988b). *Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals*, ICRP Publication 53. Annals of the ICRP, **18** (1-4), Pergamon Press, Oxford.

ICRP (1990). *Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 1*, ICRP Publication 56. Annals of the ICRP, **20** (2), Pergamon Press, Oxford.

ICRP (1992). *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP* **21** (1-3), Pergamon Press, Oxford.

ICRP (1991). *Annual Limits on Intake of Radionuclides by Workers Based on the 1990 Recommendations*, ICRP Publication 61. *Annals of the ICRP* **21** (4), Pergamon Press, Oxford.

ICRP (1993). *Radiological Protection in Biomedical Research*, ICRP Publication 62. *Annals of the ICRP* **22** (3), Pergamon Press, Oxford.

ICRP (1994). *Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 2*, ICRP Publication 67. *Annals of the ICRP* **23** (3/4), Pergamon Press, Oxford.

ICRP (1998). *Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals*, ICRP Publication 80. *Annals of the ICRP* **28** (3), Pergamon Press, Oxford.

Stabin MG (1996). MIRDose: Personal computer software for internal dose assessment in nuclear medicine. *J Nucl Med*, **37**, 538 - 546

Thomas SR, Maxon HR and Kereiakes JG (1976). *In vivo* quantitation of lesion radioactivity using external counting methods. *Med Phys*; **3**: 253-255.

20,4 min

KOL-11 MÄRKTA SUBSTANSER (REALISTISK MAXIMUM)

 β^+ ^{11}C

Annih.stråln. 0,511 MeV (2,00)

Organ		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)			
Intravenöst					
Vuxna	Benytor	0,0019			
	Bukspottkörtel	0,0018			
	Gallblåsa	0,0020			
	Lever	0,0017			
	Magsäck	0,0018			
	Muskler	0,0023			
	Njurar	0,0018			
	Ovarier	0,0049			
	Röd benmärg	0,0021			
	Testiklar	0,0037			
	Tjocktarm	0,0037			
	Tunntarm	0,0030			
	Urinblåsa	0,17			
	Uterus	0,0092			
		Effektiv dos	0,011		(mSv/MBq)
		1 år	5 år	10 år	15 år
Barn	Benytor	0,011	0,0058	0,0037	0,0024
	Bukspottkörtel	0,012	0,0061	0,0037	0,0023
	Gallblåsa	0,012	0,0062	0,0040	0,0024
	Lever	0,011	0,0058	0,0035	0,0021
	Magsäck	0,011	0,0057	0,0035	0,0022
	Muskler	0,013	0,0071	0,0045	0,0028
	Njurar	0,011	0,0059	0,0036	0,0022
	Ovarier	0,024	0,014	0,0091	0,0063
	Röd benmärg	0,010	0,0059	0,0040	0,0027
	Testiklar	0,026	0,014	0,0092	0,0053
	Tjocktarm	0,018	0,011	0,0072	0,0047
	Tunntarm	0,018	0,0097	0,0062	0,0040
	Urinblåsa	0,95	0,50	0,32	0,21
	Uterus	0,046	0,027	0,018	0,011
		Effektiv dos	0,061	0,033	0,021

Kortfattad biokinetisk modell för ^{11}C -märkta substanser (realistisk maximum)

I den dosimetriska modellen antages det att 50 % av sönderfallen sker medan substansen passerar urinblåsan och att de resterande 50 % av sönderfallen sker då substansen är homogent fördelad i hela kroppen.

20,4 min

KOL-11 MÄRKTA AMINOSYROR

 β^+

Annih.stråln. 0,511 MeV (2,00)

 ^{11}C

Organ		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)			
Intravenöst					
Vuxna	Binjurar	0,0045			
	Bukspottkörtel	0,041			
	Gallblåsa	0,0041			
	Hjärta	0,0060			
	Lever	0,0090			
	Lungor	0,0063			
	Mjälte	0,0064			
	Njurar	0,014			
	Ovarier	0,0045			
	Sköldkörtel	0,0057			
	Testiklar	0,0039			
	Tunntarm	0,0054			
	Urinblåsa	0,013			
	Uterus	0,0035			
	Effektiv dos	0,0055	(mSv/MBq)		
		1 år	5 år	10 år	15 år
Barn	Binjurar	0,024	0,013	0,0084	0,0054
	Bukspottkörtel	0,34	0,15	0,12	0,058
	Gallblåsa	0,020	0,011	0,0072	0,0046
	Hjärta	0,033	0,018	0,011	0,0074
	Lever	0,052	0,027	0,018	0,012
	Lungor	0,041	0,021	0,013	0,0086
	Mjälte	0,040	0,021	0,013	0,0086
	Njurar	0,069	0,038	0,025	0,017
	Ovarier	0,041	0,019	0,011	0,0046
	Sköldkörtel	0,055	0,029	0,014	0,0088
	Testiklar	0,092	0,067	0,058	0,0084
	Tunntarm	0,038	0,020	0,012	0,0070
	Urinblåsa	0,071	0,038	0,025	0,016
	Uterus	0,018	0,0097	0,0063	0,0040
	Effektiv dos	0,044	0,024	0,017	0,0074 (mSv/MBq)

1,83 h

FLUOR-18 MÄRKTA AMINOSYROR

 β^+ ^{18}F

Annih.stråln. 0,511 MeV (2,00)

		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)			
Organ					
Intravenöst					
Vuxna	Binjurar	0,019			
	Bukspottkörtel	0,14			
	Gallblåsa	0,018			
	Hjärta	0,022			
	Lever	0,035			
	Lungor	0,023			
	Mjälte	0,025			
	Njurar	0,049			
	Ovarier	0,020			
	Sköldkörtel	0,022			
	Testiklar	0,017			
	Tunntarm	0,020			
	Urinblåsa	0,072			
	Uterus	0,017			
	Effektiv dos	0,023	(mSv/MBq)		
		1 år	5 år	10 år	15 år
Barn	Binjurar	0,094	0,052	0,034	0,022
	Bukspottkörtel	1,1	0,52	0,41	0,20
	Gallblåsa	0,087	0,047	0,032	0,021
	Hjärta	0,11	0,062	0,041	0,027
	Lever	0,19	0,10	0,069	0,046
	Lungor	0,14	0,072	0,046	0,031
	Mjälte	0,15	0,080	0,051	0,033
	Njurar	0,23	0,13	0,085	0,059
	Ovarier	0,16	0,075	0,045	0,021
	Sköldkörtel	0,20	0,11	0,052	0,033
	Testiklar	0,34	0,25	0,21	0,033
	Tunntarm	0,13	0,071	0,044	0,026
	Urinblåsa	0,27	0,15	0,12	0,091
	Uterus	0,080	0,044	0,030	0,020
	Effektiv dos	0,16	0,089	0,065	0,030 (mSv/MBq)

119,8 d

SELEN-75 MÄRKTA AMINOSYROR

⁷⁵Se

EC

γ 0,121 MeV (0,16)
 0,136 MeV (0,54)
 0,265 MeV (0,57)
 0,280 MeV (0,24)
 0,401 MeV (0,12)

Intravenöst		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)	
	Organ		
Vuxna	Benytor	2,9	
	Binjurar	2,6	
	Bukspottkörtel	3,6	
	Gallblåsa	2,7	
	Hjärta	2,3	
	Lever	3,0	
	Magsäck	2,3	
	Njurar	3,8	
	Ovarier	2,7	
	Sköldkörtel	2,8	
	Testiklar	2,3	
	Tjocktarm	2,1	
	Urinblåsa	2,0	
	Uterus	2,3	
	Effektiv dos	2,2	(mSv/MBq)

		1 år	5 år	10 år	15 år	
Barn	Benytor	12	6,8	4,7	3,3	
	Binjurar	12	6,7	4,6	3,1	
	Bukspottkörtel	20	11	7,8	4,7	
	Gallblåsa	10	7,4	5,2	3,3	
	Hjärta	10	5,7	4,0	2,8	
	Lever	14	7,7	5,6	3,8	
	Magsäck	10	5,9	4,2	2,8	
	Njurar	16	9,3	6,3	4,6	
	Ovarier	17	8,8	5,4	3,0	
	Sköldkörtel	21	11	6,1	4,0	
	Testiklar	28	20	17	3,9	
	Tjocktarm	10	6,0	3,9	2,6	
	Urinblåsa	9,0	5,3	3,6	2,6	
	Uterus	11	6,5	4,2	2,7	
	Effektiv dos	13	7,6	5,3	2,9	(mSv/MBq)

Kortfattad biokinetisk modell för ¹¹C-, ¹⁸F- och ⁷⁵Se-märkta aminosyror

I denna generiska biokinetiska modell antages det att radioaktivt märkta aminosyror efter administration fördelas till organ och vävnader enligt följande proportioner: muskler (24 %), blod (20 %), lever (8 %), bukspottkörtel (3 %), tunntarm (3 %), lungor (2 %), njurar (2 %), hjärna (1,5 %), mjälte (0,4 %), testiklar (0,092 %), sköldkörtel (0,07 %), ovarier (0,02 %) samt övriga organ och vävnader (35,9 %). Utsöndringen antages vara bi- eller triexponentiell med biologiska halveringstider på 0,5 d, 50 d och 5000 d utom för blodet som har en kortare biologisk halveringstid 12 min (25%) och 6 h (75%). Vidare antas det i den biokinetiska modellen att 20 % av aktiviteten utsöndras via njurarna.

I de fall då substansspecifika dosblad har producerats ska dessa användas i första hand.

Observera att denna modell inte är tillämpbar på ¹⁴C-märkta aminosyror.

Referenser för ¹¹C-, ¹⁸F- och ⁷⁵Se-märkta aminosyror

- Bergmann, R., Brust, P., Kampf, G., Coenen, H. H. and Stöcklin, G. 1995. Evaluation of Radioselenium Labeled Selenomethionine, a Potential Tracer for Brain Protein Synthesis by PET. *Nucl. Med. Biol.* **22**, 475-481.
- Coenen, H. H., Kling, P. and Stöcklin, G. 1989. Cerebral Metabolism of I-[2-¹⁸F]Fluorotyrosine, a New PET Tracer of Protein Synthesis. *J. Nucl. Med.* **30**, 1367-1372.
- Cottrill, M. F., Taylor, D. M. and McElwain, T. J. 1973. Investigations of ¹⁸F-p-fluorophenylalanine for pancreas scanning. *Br. J. Radiol.* **46**, 277-288.
- Deloar, H. M., Fujiwara, T., Nakamura, T., Itoh, M., Imai, D., Miyake and Watanuki, S. 1998. Estimation of internal absorbed dose of I-[methyl-¹¹C] methionine using whole body positron emission tomography. *Eur. J. Nucl. Med.* **25**(6), 629-633.
- Inoue, T., Tomiyoshi, K., Higuichi, T., Ahmed, K., Sarwar, M., Aoyagi, K., Amano, S., Alyafei, S., Zhang, H. and Endo, K. 1996. Biodistribution Studies on I-3-[Fluorine-18]Fluoro- - Methyl Tyrosine: A Potential Tumor-Detecting Agent. *J. Nucl. Med.* **39**, 663-667.
- International Commission on Radiological Protection 1987. Radiation Doses to Patients from Radiopharmaceuticals. ICRP Publication 53. *Ann. ICRP* **18**(1-4), 149-150.
- International Commission on Radiological Protection. 2001. Radiation Doses to Patients from Radiopharmaceuticals. Addendum 4 to ICRP Publication 53, www.icrp.org.
- Schmidt, D., Langen, K-J., Herzog, H., Wirths, J., Holschbach, M., Kiwit, J. C. W., Ziemons, K., Coenen, H. H. and Müller-Gärtner, H-W. 1997. Whole-body kinetics and dosimetry of I-3-[¹²³I]iodo- α -methyltyrosine. *Eur. J. Nucl. Med.* **24**(9), 1162-1166.
- Shoup, T. M., Olson, J., Hoffman, J. M., Votaw, J., Eshima, D., Eshima, L., Camp, M., Stabin, M., Votaw, D. and Goodman, M. 1999. Synthesis and Evaluation of [¹⁸F]1-Amino-3-fluorocyclobutane-1-carboxylic acid to image brain tumours. *J. Nucl. Med.* **40**, 331-338.
- Stenhouse, M. J. and Baxter, M. S. 1977. Bomb ¹⁴C as a biological tracer. *Nature (Lond.)* **267**, 828-832.
- Stenström, K., Leide-Svegborn, S., Erlandsson, B., Hellborg, R., Mattsson, S., Nilsson L-E., Nosslin, B., Skog, G. and Wiebert, A. 1996. Application of Accelerator Mass Spectrometry (AMS) for High-sensitivity Measurements of ¹⁴CO₂ in Long-term Studies of Fat Metabolism. *Appl. Radiat. Isot.* **47**, 417-422.
- Taylor, D. M. 2000. Generic models for radionuclide dosimetry: ¹¹C, ¹⁸F or ⁷⁵Se-labelled amino acids. *Appl. Radiat. Isot.* **52**, 911-922.

- Taylor, D. M. and Cottrall, M. F. 1973. Evaluation of amino acids labelled with ^{18}F for pancreas scanning. In: *Radiopharmaceuticals and Labelled Compounds*, Vol. I. IAEA, Vienna, pp. 443-441.
- Wester, H. J., Herz, M., Senkowitsch-Schmidtke, R., Schwaiger, M., Stöcklin, G. and Hamacher, K. 1999a. Preclinical evaluation of 4- ^{18}F Fluoroprolines: Diastereomeric Effect on Metabolism and Uptake in Mice. *Nucl. Med. Biol.* **26**, 259-265.
- Wester, H. J., Herz, M., Weber, W., Heiss, P., Senkowitsch-Schmidtke, R., Schwaiger, M., and Stöcklin, G. 1999b. Synthesis and Radiopharmacology of O-(2- ^{18}F fluoroethyl)-L-Tyrosine for Tumor Imaging. *J. Nucl. Med.* **40**, 205-2212.

6,02 h

TEKNETIUMMÄRKT APCITID

IT

^{99m}Tc γ 0,140 MeV (0,89)

		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)
Organ		
Intravenöst		
Vuxna	Benytor	0,0088
	Binjurar	0,011
	Bukspottkörtel	0,0070
	Gallblåsa	0,0070
	Hjärta	0,025
	Lever	0,015
	Lungor	0,019
	Magsäck	0,0049
	Mjälte	0,015
	Njurar	0,013
	Ovarier	0,0037
	Röd benmärg	0,0061
	Sköldkörtel	0,0062
	Testiklar	0,0024
	Effektiv dos	0,0073 (mSv/MBq)

		1 år	5 år	10 år	15 år	
Barn	Benytor	0,047	0,029	0,017	0,010	
	Binjurar	0,059	0,032	0,021	0,013	
	Bukspottkörtel	0,035	0,021	0,013	0,0086	
	Gallblåsa	0,031	0,022	0,014	0,0086	
	Hjärta	0,13	0,072	0,048	0,032	
	Lever	0,078	0,043	0,028	0,018	
	Lungor	0,12	0,062	0,039	0,024	
	Magsäck	0,027	0,016	0,010	0,0064	
	Mjälte	0,087	0,047	0,030	0,018	
	Njurar	0,079	0,043	0,027	0,017	
	Ovarier	0,020	0,011	0,0072	0,0050	
	Röd benmärg	0,040	0,020	0,012	0,0076	
	Sköldkörtel	0,040	0,021	0,013	0,0079	
	Testiklar	0,013	0,0071	0,0044	0,0030	
	Effektiv dos	0,041	0,023	0,014	0,0091	(mSv/MBq)

Kortfattad biokinetisk modell för ^{99m}Tc-märkt apcitid

Apcitid är en peptid som binder till receptorer på ytan av aktiverade trombocyter, vilka är en bidragande faktor vid aktiv trombosbildning. Apcitid märkt med ^{99m}Tc används för detektion och lokalisation av akut ven-trombos i de nedre extremiteterna. I den biokinetiska modellen som använts för dosberäkningen antas att 100% av den tillförda substansen cirkulerar fritt i blodet och med en effektiv halveringstid som är identisk med den fysikaliska halveringstiden (6,02 timmar).

Referenser till ^{99m}Tc-märkt apcitid

Taillefer, R., Edell, S., Innes, G. and Lister-James, J. 2000. Acute thromboscintigraphy with (99m)Tc-apcitide: results of the phase 3 multicenter clinical trial comparing 99mTc-apcitide scintigraphy with contrast venography for imaging acute DVT. Multicenter Trial Investigators. *J. Nucl. Med.* **41**, 1214-1223.

13,2 h

JOD-123 MÄRKT FETTSYRA (BMIPP)

EC

¹²³I γ 0,159 MeV (0,83)

0,529 MeV (0,014)

		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)
Intravenöst		
Vuxna	Benytor	0,020
	Binjurar	0,015
	Bukspottkörtel	0,016
	Gallblåsa	0,019
	Hjärta	0,053
	Lever	0,036
	Lungor	0,013
	Njurar	0,013
	Ovarier	0,014
	Testiklar	0,010
	Tjocktarm	0,014
	Tunntarm	0,014
	Urinblåsa	0,039
	Uterus	0,016
Effektiv dos	0,016	(mSv/MBq)

		1 år	5 år	10 år	15 år	
Barn	Benytor	0,11	0,058	0,038	0,024	
	Binjurar	0,080	0,044	0,029	0,019	
	Bukspottkörtel	0,087	0,049	0,031	0,020	
	Gallblåsa	0,086	0,054	0,035	0,023	
	Hjärta	0,28	0,16	0,10	0,068	
	Lever	0,18	0,098	0,069	0,046	
	Lungor	0,074	0,040	0,026	0,017	
	Njurar	0,072	0,040	0,026	0,017	
	Ovarier	0,077	0,042	0,027	0,018	
	Testiklar	0,058	0,031	0,020	0,013	
	Tjocktarm	0,076	0,042	0,027	0,018	
	Tunntarm	0,078	0,043	0,027	0,017	
	Urinblåsa	0,14	0,075	0,065	0,051	
	Uterus	0,081	0,044	0,030	0,019	
Effektiv dos	0,083	0,045	0,030	0,020	(mSv/MBq)	

13,2 h

JOD-123 MÄRKT FETTSYRA (IPPA)

EC

¹²³I γ 0,159 MeV (0,83)

0,529 MeV (0,014)

		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)	
Organ			
Intravenöst			
Vuxna	Benytor	0,020	
	Binjurar	0,015	
	Bukspottkörtel	0,016	
	Gallblåsa	0,018	
	Hjärta	0,051	
	Lever	0,035	
	Lungor	0,013	
	Njurar	0,013	
	Ovarier	0,014	
	Testiklar	0,011	
	Tjocktarm	0,014	
	Tunntarm	0,014	
	Urinblåsa	0,044	
	Uterus	0,016	
	Effektiv dos	0,016	(mSv/MBq)

		1 år	5 år	10 år	15 år	
Barn	Benytor	0,11	0,058	0,038	0,024	
	Binjurar	0,079	0,044	0,029	0,019	
	Bukspottkörtel	0,087	0,048	0,031	0,020	
	Gallblåsa	0,085	0,053	0,035	0,023	
	Hjärta	0,27	0,15	0,098	0,065	
	Lever	0,17	0,096	0,067	0,045	
	Lungor	0,074	0,040	0,026	0,017	
	Njurar	0,072	0,040	0,026	0,016	
	Ovarier	0,078	0,042	0,027	0,018	
	Testiklar	0,059	0,031	0,020	0,013	
	Tjocktarm	0,076	0,042	0,027	0,018	
	Tunntarm	0,078	0,043	0,027	0,017	
	Urinblåsa	0,15	0,083	0,072	0,056	
	Uterus	0,082	0,045	0,031	0,020	
	Effektiv dos	0,083	0,045	0,030	0,020	(mSv/MBq)

Kortfattad biokinetisk modell för ^{123}I -BMIPP och ^{123}I -IPPA

Substansen fördelar sig enligt följande: 14 % till levern, 6 % till hjärtväggen och resterande 80 % till övriga organ och vävnader. Utsöndringen antas vara biexponentiell för båda substanserna; för ^{123}I -BMIPP: hjärtväggen $T_{\text{bio}} = 1 \text{ h}$ (40 %) och 48 h (60 %), levern $T_{\text{bio}} = 1 \text{ h}$ (30 %) och 48 h (70 %) samt övriga organ och vävnader: $T_{\text{bio}} = 48 \text{ h}$ (75 %) och ∞ (25 %).

För ^{123}I -IPPA: hjärtväggen $T_{\text{bio}} = 10 \text{ min}$ (40 %) och 48 h (60 %), levern $T_{\text{bio}} = 10 \text{ min}$ (30 %) och 48 h (70 %) samt övriga organ och vävnader: $T_{\text{bio}} = 48 \text{ h}$ (75 %) och ∞ (25 %).

Substansen lämnar kroppen till 100 % via urinen.

OBS! Denna modell är endast användbar för fria fettsyror märkt med ^{123}I och förutsätter att det inte förekommer någon frisläppt jodid.

Referenser för ^{123}I -BMIPP och ^{123}I -IPPA

- Casteels, M., Foulon, V., Mannaerts, G.P. and van Veldhoven, P. 2003. Alpha-oxidation of 3-methyl-substituted fatty acids and its thiamine dependence. *Eur. J. Biochem.* **270**, 1619-1627.
- Caveliers, V., Franken, P.R., Florian, F.L., Lou, H. and Knapp, F.F. Jr. 1998. Intra-individual comparison of 3(R)-BMIPP and 3(S)-BMIPP isomers in humans. *J. Nucl. Med.* **39**, 1672-1675.
- De Geeter, F., Caveliers, V., Pansar I., Bossuyt, A. and Franken, P.R. 1998. Effect of oral glucose loading on the biodistribution of BMIPP in normal volunteers. *J. Nucl. Med.* **39**, 1850-1856.
- Dudczak, R., Schmoliner, R., Angelberger, P., Knapp, F.F. and Goodman, M.M. 1986. Structurally modified fatty acids: clinical potential as tracers of metabolism. *Eur. J. Nucl. Med.* **12**, S45-S48.
- Gunnarsson, M., Stenström, K., Leide-Svegborn, S., Faarinen, M., Magnusson, C. E., Åberg, M., Skog, G., Hellborg, R. and Mattsson, S. 2003. Biokinetics and radiation dosimetry for patients undergoing a glycerol tri[1- ^{14}C]oleate fat malabsorption breath test. *Appl. Radiat. Isot.* **58**, 517-526.
- Knapp, F. F., Jr., Ambrose, K. R. and Goodman, M. M. 1986. New radioiodinated methyl-branched fatty acids for cardiac studies. *Eur. J. Nucl. Med.* **12**, Suppl, S39-44.
- Knapp, F.F. Jr, Franken, P. and Kropp, J. 1995a. Cardiac SPECT with iodine-123-labeled fatty acids: evaluation of myocardial viability with BMIPP. *J. Nucl. Med.* **36**, 1022-1030.
- Knapp, F.F. Jr and Kropp, J. 1995b. Iodine-123-labelled fatty acids for myocardial single-photon emission tomography: current status and future perspectives. *Eur. J. Nucl. Med.* **22**, 361-381
- Machulla, H. J., Marsmann, M. and Dutschka, K. 1980. Biochemical concept and synthesis of a radioiodinated phenyl fatty acid for in vivo metabolic studies of the myocardium. *Eur. J. Nucl. Med.* **5**, 171-173.
- Reske, S. N., Biersack, H. J., Lackner, K., Machulla, H. J., Knopp, R., Hahn, N. and Winkler, C. 1982. Assessment of regional myocardial uptake and metabolism of omega-(p-123I-phenyl) pentadecanoic acid with serial single-photon emission tomography. *Nuklearmedizin* **21**, 249-253.
- Reske, S.N. 1985. 123I-phenylpentadecanoic acid as a tracer of cardiac free fatty acid metabolism. Experimental and clinical results. *Eur Heart J.* **6** Suppl B:39-47.

- Sloof, G. W., Visser, F. C., van Lingen, A., Bax, J. J., Eersels, J., Teule, G. J. and Knapp, F. F., Jr. 1997. Evaluation of heart-to-organ ratios of ^{123}I -BMIPP and the dimethyl-substituted ^{123}I -DMIPP fatty acid analogue in humans. *Nucl. Med. Commun.* **18**, 1065-70.
- Tamaki, N., Morita, K., Kuge, Y. and Tsukamoto, E. 2000. The role of fatty acids in cardiac imaging. *J. Nucl. Med.* **41**, 1525-1534.
- Torizuka, K., Yonekura, Y., Nishimura, T., Tamaki, N., Uehara, T., Ikekubo, K. and Hino M. 1991. The phase 1 study of β -methyl-*p*-(^{123}I)-iodophenyl-pentadecanoic acid (^{123}I -BMIPP). *Kagu Igaku* **28**, 681-690.
- Yoshizumi, T., Nozaki, S., Fukuchi, K., Yamasaki, K., Fukuchi, T., Maruyama, T., Tomiyama, Y., Yamashita, S., Nishimura, T. and Matsuzawa, Y. 2000. Pharmacokinetics and metabolism of ^{123}I -BMIPP fatty acid analog in healthy and CD36-deficient subjects. *J. Nucl. Med.* **41**, 1134-1138.

2,04 min

SYRE-15 MÄRKT VATTEN

 β^+

Annih.stråln. 0,511 MeV (2,00)

¹⁵O

Organ		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)	
Intravenöst			
Vuxna	Binjurar	0,0014	
	Bukspottkörtel	0,0014	
	Hjärta	0,0019	
	Lever	0,0016	
	Lungor	0,0016	
	Magsäck	0,0017	
	Mjälte	0,0016	
	Njurar	0,0017	
	Ovarier	0,00085	
	Sköldkörtel	0,0015	
	Testiklar	0,00074	
	Tjocktarm	0,0016	
	Tunntarm	0,0013	
	Uterus	0,00035	
	Effektiv dos	0,0011	(mSv/MBq)

		1 år	5 år	10 år	15 år	
Barn	Binjurar	0,0066	0,0043	0,0031	0,0022	
	Bukspottkörtel	0,012	0,0054	0,0042	0,0020	
	Hjärta	0,011	0,0060	0,0038	0,0024	
	Lever	0,0093	0,0048	0,0032	0,0021	
	Lungor	0,010	0,0052	0,0034	0,0024	
	Magsäck	0,012	0,0053	0,0031	0,0022	
	Mjälte	0,011	0,0058	0,0037	0,0023	
	Njurar	0,0081	0,0045	0,0030	0,0021	
	Ovarier	0,0058	0,0028	0,0018	0,0011	
	Sköldkörtel	0,016	0,0085	0,0038	0,0025	
	Testiklar	0,0051	0,0026	0,0015	0,00093	
	Tjocktarm	0,012	0,0062	0,0037	0,0021	
	Tunntarm	0,0099	0,0050	0,0030	0,0017	
	Uterus	0,0023	0,0012	0,00072	0,00044	
	Effektiv dos	0,0077	0,0038	0,0023	0,0014	(mSv/MBq)

6,02 h

TEKNETIUMMÄRKT TETROFOSMIN (Vila)

IT

^{99m}Tc γ 0,140 MeV (0,89)

		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)	
Organ			
Intravenöst			
Vuxna	Benytor	0,0058	
	Bukspottkörtel	0,0049	
	Gallblåsa	0,036	
	Hjärta	0,0047	
	Magsäck	0,0046	
	Njurar	0,013	
	Ovarier	0,0088	
	Sköldkörtel	0,0055	
	Spottkörtlar	0,019	
	Testiklar	0,0031	
	Tjocktarm	0,024	
	Tunntarm	0,015	
	Urinblåsa	0,017	
	Uterus	0,0078	
	Effektiv dos	0,0080	(mSv/MBq)

		1 år	5 år	10 år	15 år	
Barn	Benytor	0,027	0,015	0,010	0,0069	
	Bukspottkörtel	0,026	0,015	0,010	0,0063	
	Gallblåsa	0,30	0,092	0,053	0,041	
	Hjärta	0,023	0,013	0,0089	0,0060	
	Magsäck	0,025	0,014	0,0098	0,0061	
	Njurar	0,055	0,032	0,022	0,016	
	Ovarier	0,040	0,023	0,016	0,011	
	Sköldkörtel	0,047	0,026	0,013	0,0083	
	Spottkörtlar	0,067	0,045	0,032	0,024	
	Testiklar	0,017	0,0092	0,0061	0,0040	
	Tjocktarm	0,14	0,078	0,050	0,031	
	Tunntarm	0,082	0,045	0,029	0,018	
	Urinblåsa	0,057	0,031	0,029	0,022	
	Uterus	0,035	0,021	0,015	0,0097	
	Effektiv dos	0,046	0,024	0,014	0,010	(mSv/MBq)

6,02 h

TEKNETIUMMÄRKT TETROFOSMIN (Arbete)

^{99m}Tc

IT

 γ 0,140 MeV (0,89)

Organ		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)	
Intravenöst			
Vuxna	Benytor	0,0064	
	Bukspottkörtel	0,0050	
	Gallblåsa	0,027	
	Hjärta	0,0052	
	Magsäck	0,0046	
	Njurar	0,010	
	Ovarier	0,0077	
	Sköldkörtel	0,0048	
	Spottkörtlar	0,014	
	Testiklar	0,0034	
	Tjocktarm	0,018	
	Tunntarm	0,011	
	Urinblåsa	0,014	
	Uterus	0,0071	
	Effektiv dos	0,0069	(mSv/MBq)

		1 år	5 år	10 år	15 år	
Barn	Benytor	0,030	0,016	0,011	0,0075	
	Bukspottkörtel	0,026	0,015	0,0098	0,0063	
	Gallblåsa	0,23	0,073	0,042	0,032	
	Hjärta	0,025	0,015	0,0097	0,0065	
	Magsäck	0,024	0,014	0,0098	0,0061	
	Njurar	0,043	0,025	0,017	0,012	
	Ovarier	0,036	0,021	0,014	0,0096	
	Sköldkörtel	0,038	0,021	0,011	0,0070	
	Spottkörtlar	0,052	0,034	0,024	0,018	
	Testiklar	0,018	0,0099	0,0065	0,0043	
	Tjocktarm	0,11	0,058	0,037	0,022	
	Tunntarm	0,061	0,034	0,022	0,014	
	Urinblåsa	0,049	0,027	0,024	0,018	
	Uterus	0,032	0,019	0,013	0,0088	
	Effektiv dos	0,039	0,020	0,013	0,0088	(mSv/MBq)

3,05 d

TALLIUM-201

²⁰¹Tl β^-

γ 0,071 MeV (0,47)
 0,080 MeV (0,20)
 0,135 MeV (0,027)
 0,167 MeV (0,10)

Organ		Absorberad dos per adm. aktivitet (mGy/MBq)	
Intravenöst			
Vuxna	Benytor	0,38	
	Hjärta	0,19	
	Lever	0,15	
	Lungor	0,11	
	Mjälte	0,12	
	Njurar	0,49	
	Ovarier	0,12	
	Röd benmärg	0,11	
	Sköldkörtel	0,22	
	Testiklar	0,18	
	Tjocktarm	0,25	
	Tunntarm	0,14	
	Urinblåsa	0,040	
	Uterus	0,052	
	Effektiv dos	0,14	(mSv/MBq)

		1 år	5 år	10 år	15 år	
Barn	Benytor	1,9	1,2	0,69	0,39	
	Hjärta	1,1	0,60	0,38	0,24	
	Lever	0,84	0,45	0,31	0,20	
	Lungor	0,69	0,36	0,23	0,16	
	Mjälte	0,74	0,41	0,27	0,17	
	Njurar	2,2	1,2	0,83	0,59	
	Ovarier	1,1	0,49	0,29	0,12	
	Röd benmärg	1,0	0,44	0,22	0,13	
	Sköldkörtel	2,3	1,2	0,54	0,35	
	Testiklar	4,9	3,6	3,1	0,41	
	Tjocktarm	1,8	0,92	0,55	0,32	
	Tunntarm	0,94	0,50	0,31	0,18	
	Urinblåsa	0,22	0,11	0,079	0,056	
	Uterus	0,27	0,15	0,10	0,063	
	Effektiv dos	1,3	0,78	0,56	0,20	(mSv/MBq)

Kortfattad biokinetisk modell för ^{201}Tl

Intravenöst administrerat thallium i jonform tas omedelbart upp i olika organ och vävnader och fördelar sig enligt följande: 41 % till musklerna, 9 % till levern, 6 % till njurarna, 6 % till skelettet, 6 % till röd benmärg, 4 % till lungorna, 4 % till hjärtväggen, 3 % till tunntarmens vägg, 0,7 % till mjälten, 0,6 % till magsäcksväggen, 0,3 % till testiklarna, 0,2 % till sköldkörteln, 0,03 % till ovarierna och resterande c:a 19 % till övriga organ och vävnader. Utsöndringen antas vara biexponentiell; 63 % med $T_{\text{bio}} = 7$ d och 37 % med $T_{\text{bio}} = 28$ d för alla vävnader utom för hjärtväggen som antas ha triexponentiell utsöndring, 50 % med $T_{\text{bio}} = 10$ h, 32 % med $T_{\text{bio}} = 7$ d och 18 % med $T_{\text{bio}} = 28$ d. Substansen lämnar kroppen framförallt via magtarm-kanalen och faeces (80 %) men till viss del även via urinen (20 %).

Referenser för ^{201}Tl

- Atkins, H.L., Budinger, T.F., Lebowitz, E. et al. 1977. Thallium-201 for medical use. Part 3: Human distribution and physical imaging properties. *J. Nucl. Med.* **18**, 133–140.
- Bartlett, R.D., Lathrop, K.A., Faulhaber, P.F. and Harper, P. V. 1984. Transfer of thallos ion to and from gastrointestinal sections. *J. Nucl. Med.* **25**, P 92.
- Chen, C.T., Lathrop, K.A., Harper, P.V., et al., 1983. Quantitative measurement of long term in vivo thallium distribution in the human. *J. Nucl. Med.* **24**, P 50.
- Freeman, M.R., Kanwar, N. and Armstrong, P.W. 1986. The variability of thallium half life at rest as compared to exercise. *J. Nucl. Med.* **27**, 997.
- Gupta, S.M., Herrera, N., Spencer, R.P., et al. 1981. Testicular-scrotal content of ^{201}Tl and ^{67}Ga after intravenous administration. *Int. J. Nucl. Med. Biol.* **8**, 211–213.
- Hosain, P. and Hosain, F., 1981. Revision of gonadal radiation dose to man from thallium-201. In: Proc. Third Int. Radiopharmaceutical Dosimetry Symposium, Oak Ridge 1980 (FDA 81-8166), pp. 333–345 Oak Ridge National Laboratories, Oak Ridge, Tennessee, USA.
- Krahwinkel W., Herzog H., and Feinendegen L.E. 1988. Pharmacokinetics of thallium-201 in normal individuals after routine myocardial scintigraphy. *J. Nucl. Med.* **29**, 1582–1586.
- Nettleton J.S, Lawson R.S, Prescott M.C. and Morris I.D. 2004. Uptake, localization, and dosimetry of ^{111}In and ^{201}Tl in human testes. *J. Nucl. Med.* **45**, 138–146.
- Rao D.V., Shepstone B.J., Wilkins H.B. and Howell R.W., 1995. Kinetics and dosimetry of thallium-201 in human testes. *J. Nucl. Med.* **36**, 607–609.
- Samson, G., Wackers, F.J. Th., Becker, A.E., et al. 1978. Distribution of thallium-201 in man. In: Nuklearmedizin und Biokybernetik, Vol. 1, pp. 385–389. (Oeff, K. and Schmidt, H.A.E. eds.) Medico-Informationsdienste, Berlin, Germany.
- Thomas S.R., Stabin M.G. and Castronovo F.P. 2005. Radiation-absorbed dose from ^{201}Tl -thallos chloride. *J. Nucl. Med.* **46** 502–508.

2007:01 Statens ansvar för slutförvaring av använt kärnbränsle

SKI och SSI

2007:02 Strålmiljön i Sverige

Avdelningen för beredskap och miljöövervakning

Pål Andersson et.al. 310 SEK

2007:03 Personalstrålskydd inom kärnkraft-industrin under 2005

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd

Stig Erixon, Karin Fritioff, Peter Hofvander, Ingemar Lund, Lars Malmqvist, Ingela Thimgren och Hanna Ölander Gür 70 SEK

2007:04 Recent Research on EMF and Health Risks. Fourth annual report from SSI's Independent Expert Group on Electromagnetic Fields, 2006

Avdelningen för beredskap och miljöövervakning 110 SEK

2007:05 Doskatalogen för nukleärmedicin projekt; SSI P 1426.04

Avdelningen för personal- och patientstrålskydd

Sigrid Leide-Svegborn, Sören Mattsson, Lennart Johansson, Per Fernlund och Bertil Nosslin 90 SEK

STATENS STRÅLSKYDDSinSTITUT, SSI, är en central tillsynsmyndighet som verkar för ett gott strålskydd för människan och miljön, nu och i framtiden.

SSI sätter gränser för stråldoser till allmänheten och för dem som arbetar med strålning, utfärdar föreskrifter och kontrollerar att de efterlevs. SSI håller beredskap dygnet runt mot olyckor med strålning. Myndigheten informerar, utbildar och utfärdar råd och rekommendationer samt stöder och utvärderar forskning. SSI bedriver även internationellt utvecklingsarbete.

Myndigheten, som sorterar under Miljödepartementet, har 110 anställda och är belägen i Solna.

THE SWEDISH RADIATION PROTECTION AUTHORITY (SSI) is a central regulatory authority charged with promoting effective radiation protection for people and the environment today and in the future.

SSI sets limits on radiation doses to the public and to those that work with radiation. SSI has staff on standby round the clock to respond to radiation accidents. Other roles include information, education, issuing advice and recommendations, and funding and evaluating research.

SSI is also involved in international development cooperation. SSI, with 110 employees located at Solna near Stockholm, reports to the Ministry of Environment.



Statens strålskyddsinstitut
Swedish Radiation Protection Authority

Address: Statens strålskyddsinstitut; S-171 16 Stockholm

Besöksadress: Solna strandväg 96

Telefon: 08-729 71 00, **Fax:** 08-729 71 08

Address: Swedish Radiation Protection Authority
SE-171 16 Stockholm; Sweden

Visiting address: Solna strandväg 96

Telephone: + 46 8-729 71 00, **Fax:** + 46 8-729 71 08

www.ssi.se