

# **STRÅLSKYDD FÖR NUKLEAR- MEDICINSK PERSONAL SOM ARBETAR MED <sup>99m</sup>Tc**

ÄR ENGÅNGSHANDSKAR TILLFÖRLITLIGA  
VID HANTERING AV RADIOAKTIVA  
LÖSNINGAR?

ISABELLE PAULSSON

# **STRÅLSKYDD FÖR NUKLEAR-MEDICINSK PERSONAL SOM ARBETAR MED <sup>99m</sup>Tc**

## **ÄR ENGÅNGSHANDSKAR TILLFÖRLITLIGA VID HANTERING AV RADIOAKTIVA LÖSNINGAR?**

**ISABELLE PAULSSON**

Paulsson, I. Strålskydd för nuklearmedicinsk personal som arbetar med <sup>99m</sup>Tc. Är engångshandskar tillförlitliga vid hantering av radioaktiva lösningar. *Examensarbete i strålskydd 15 högskolepoäng*. Malmö universitet: Fakulteten för hälsa och samhälle, institutionen för biomedicinsk laboratorievetenskap, 2023.

Användandet av joniserande strålning i sjukhusmiljöer ökar, vilket leder till en ökad stråldos för patienter och personal. Joniserande strålning är elektromagnetisk- eller partikelstrålning som sänds ut från instabila atomkärnor. Strålningen kommer vid kontakt med materia växelverka och orsaka en energideponering som över sikt skulle kunna leda till strålskada eller cancer. För personal som arbetar med öppna strålkällor är engångshandskar den enda formen av strålskydd för händer. Syftet med studien är att undersöka ifall de engångshandskar som används i verksamheten släpper igenom teknetium-99m perteknetat-lösning samt att mäta hur mycket av de konversionselektroner som sänds ut stoppas av engångshandsken. Engångshandskarnas genomsläpplighet testades genom att droppa radioaktiv lösning på handsken. Ytterligare en handske var placerad direkt undertill och aktiviteten på respektive handske mättes i en gammarräknade för att beräkna kvoten. Kvoten genererar ett mått på andelen genomsläppt radioaktiv lösning. Dosen från konversionselektronerna mättes med hjälp av fingerdosimetrar som placerades under och ovanpå ett vävnadsliknande material, strålkällan placerades sedan nära det vävnadsliknande materialet med dosimetrarna. Engångshandskarna uppvisade ingen signifikant genomsläpplighet av teknetiumlösning och kan användas i verksamheten. Fler mätningar och en optimerad mätmetod krävs emellertid för att praktiskt ta reda på om engångshandskar absorberar konversionselektronerna från teknetium-99m.

*Nyckelord:* engångshandskar, konversionselektroner, strålskydd, stråldos, teknetium-99m

# **RADIATION PROTECTION FOR NUCLEAR MEDICINE PERSONNEL WORKING WITH <sup>99m</sup>Tc**

## **ARE DISPOSABLE GLOVES RELIABLE WHEN HANDLING RADIOACTIVE SOLUTIONS**

**ISABELLE PAULSSON**

Paulsson, I. Radiation protection for nuclear medicine personnel working with <sup>99m</sup>Tc. Are disposable gloves reliable when handling radioactive solutions? *Degree project in radiation protection, 15 Credits*. Malmö University: Faculty of Health and Society, Department of biomedical laboratory science, 2023.

The usage of ionizing radiation in hospital environments continues to rise. This leads to an increased dose of radiation to patients and personnel. Ionizing radiation is electromagnetic- or particle radiation that has been sent out from unstable atomic nucleus. When the radiation encounters matter, it will interact and cause an energy deposition, that over time might cause radiation injuries, or cancer. For personnel that works with open radiation sources is single use gloves the only option of protection from radiation for hands. The aim of the study was to evaluate if the single use gloves that's being used in the establishment doesn't let through any technetium-99m pertechnetate-solution. As well as measuring the amount of emitted conversion electrons that gets stopped by the glove. The penetration of the single use glove was tested by pipetting radioactive solution on top of the glove. An additional glove was placed underneath, and the activity on each glove is analyzed in a gamma counter. A quota was calculated, which generated a measure of the proportion of radioactive solution that has passed through the glove. The dose from the conversion electrons was measured with finger dosimeters. They were placed above and underneath a tissue-like material. The source of radiation was later placed close to the tissue-like material with the dosimeters. The single use gloves didn't show any significant permeability of technetium-solution and can therefore be used in the establishment. However, more measurements and an optimized measurement method are required to practically find out if disposable gloves absorb the conversion electrons from technetium-99m and to what extent.

*Keywords:* conversion electrons, radiation dose, radiation protection, single use gloves, technetium-99m

## **FÖRORD**

Innan ni tar er an detta arbete vill jag rikta ett stort tack till mina handledare Sigrid Leide-Svegborn och Anniqa Rastbäck, personalen på Nuklearmedicin i Malmö som hjälpte mig att dra upp aktivitet och Inga Göransson på Strålningsfysik i Lund som hjälpt mig att läsa av dosimetrarna.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Bakgrund.....	6
Joniserande strålning & radioaktivt sönderfall .....	6
Teknetium-99m.....	7
Detektion av strålning .....	7
HIDEX Automatic gamma counter .....	7
Termoluminiscerande dosimeter, TLD .....	8
Strålskydd .....	8
Hantering av radiofarmaka .....	9
Syfte .....	9
Material och Metod.....	9
Kontroll av engångshandskens genomsläpplighet .....	9
Påverkan av ytdesinfektionsmedel på handsken.....	11
Skydd mot konversionselektroner .....	11
Bearbetning av resultat .....	12
Etisk bedömning .....	12
Resultat .....	12
Kontroll av engångshandskens genomsläpplighet .....	12
Påverkan av ytdesinfektionsmedel på handsken.....	13
Skydd mot konversionselektroner .....	13
Diskussion.....	15
Metoddiskussion .....	15
Kontroll av engångshandskens genomsläpplighet .....	15
Skydd mot konversionselektroner .....	16
Resultatdiskussion .....	17
Kontroll av engångshandskens genomsläpplighet .....	17
Skydd mot konversionselektroner .....	19
Utvecklingsmöjligheter och studiens framtida värde .....	19
Slutsats .....	20
Referenser .....	21
Bilaga 1 .....	23
Bilaga 2 .....	24

## BAKGRUND

Nuklearmedicin är ett väletablerat och kontinuerligt utvecklande område, där användandet av radioaktiva substanser kan ske i diagnostiskt-, terapeutiskt- eller forskningssyfte [1]. Andelen patienter som via sjukvården exponeras för joniserande strålning ökar, vilket resulterar i ökad exponering för personal och omvårdare [2]. Användandet av joniserande strålning i medicinsk verksamhet motsvarar 95% av all strålning som nyproduceras av människan i bland annat kärnkraftverk, generatorer och cyklotroner. Enbart naturlig bakgrundsstrålning överskrider de mängderna [3]. Vid nuklearmedicinsk diagnostik används radioaktiva spårämnen som ofta injiceras intravenöst i patienter, men de kan även intas peroralt, injiceras intrakutant eller inhaleras [4]. Ett radioaktivt läkemedel (radiofarmaka) består oftast av två delar. En bärarsubstans (tracer) som specificerar var i kroppen radiofarmakats tas upp och en radionuklid som har kopplats på bärarsubstansen. Denna radionuklid sänder ut joniserande strålning som kan detekteras med en strålningsdetektor [5, 6].

### Joniserande strålning & radioaktivt sönderfall

Joniserande strålning är partikel- eller elektromagnetisk strålning som har tillräckligt hög energi för att omvandla atomer till joner genom att slå ut elektroner i den materia den träffar. Energideposition är den energi som avlämnas i mediet den träffar. Energiöverföringen kan leda till jonisation eller excitation av elektroner. Partikelstrålning har massa och elektromagnetisk strålning beskrivs som en vågrörelse. Partikelstrålning är generellt sett enklare att stoppa [6].

Radioaktivt sönderfall sker när en instabil atomkärna avger överskottsenergi i form av en eller flera partiklar och/eller elektromagnetisk strålning. Resultatet blir en stabilare moderkärna [6]. De tre strålslagen är alfa- ( $\alpha$ ), beta- ( $\beta$ ) och gamma- ( $\gamma$ ) strålning. Vid  $\alpha$ -sönderfall avger kärnan överskottsenergi genom att sända ut en heliumkärna. Det är en partikel med hög energi som i kontakt med omgivande medium kommer ta upp två elektroner och bli neutral [6]. Det finns två typer av  $\beta$ -strålning, positiv och negativ. Gemensamt för båda typer av  $\beta$ -sönderfall är att det sker en konvertering av protoner och neutroner i kärnan, men massalet förblir det samma. Atomen kommer sända ut en positron respektive elektron. Instabila atomer ger i första hand bort överskottsenergi genom  $\alpha$ - eller  $\beta$ -strålning eftersom den utsöndrade energin är högre, men en del överskottsenergi kan fortfarande kvarstå [6]. Den sänds ut som  $\gamma$ -strålning. Det är masslösa fotoner där energin varierar beroende på atomslaget. Innan fotonen med överskottsenergi sänds iväg kan atomen befinna sig i ett metastabilt tillstånd, betecknas med m [6]. Ett metastabilt tillstånd varar oftast under väldigt kort tid men kan hos vissa isotoper uppgå mot mätbara tider. Istället för att sända ut fotoner kan överskottsenergin ibland avges till en elektron, resultatet blir jonisation till följd av ökad rörelseenergi. Den joniserade elektronen kallas konversionselektron [6].

Växelverkan är interaktion mellan strålning och medium. Beroende på strålningens storlek och laddning sker interaktionen på olika vis. Elektroner har negativ laddning och har en massa. Den dominerande typen av växelverkan för elektronen är därför kollisioner med andra elektroner, resultatet blir jonisation eller excitation. Eftersom elektronen påverkas av elektriska fält kan dess riktning ändras beroende på olika elektriska fält. Djupet en elektron kan färdas i olika medium beror helt på kollisionen och interaktion med mediet. Fotoner som alltså

beskriv som vågrörelse där energin som transporteras är proportionell mot vågfrekvensen, kan växelverka på tre olika vis; fotoelektrisk effekt, Comptonspridning eller parbildning. Resultatet av växelverkan kommer vara en spridning eller absorption av energin och mindre mängd fotoner kommer igenom materia, de attenueras [6].

Joniserande strålning sänds ut i 360° rymdvinkel runt strålkällan. Genom att placera en kollimator mellan strålkällan och detektorn går det att fokusera strålningen. Vinkeln mellan strålkälla och detektor går därmed att kvantifiera [7].

Aktivitet är antalet sönderfall som sker per sekund, det har enheten Becquerel (Bq). Antalet sönderfall som sker på en sekund, beror både på provets storlek samt radionuklidens halveringstid ( $T_{1/2}$ ). Utifrån halveringstiden går det att beräkna sönderfallskonstanten,  $\lambda$  [6].

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

Sönderfallskonstanten för radionukliden används sedan för att beräkna aktiviteten i ett prov vid en bestämd tidpunkt ( $t$ ).  $A$ , motsvarar aktiviteten just nu och  $A_0$  är aktiviteten vid tiden 0 [6].

$$A = A_0 * e^{-\lambda * t}$$

### *Teknetium-99m*

En välanvänd radionuklid inom nuklearmedicin är teknetium-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ) [5, 6]. År 2007 stod den för 96% av alla nuklearmedicinska undersökningar [7]. Teknetium-99m erhålls från en radionuklidgenerator där modernukliden är molybden-99 ( $^{99}\text{Mo}$ ) som sönderfaller med  $\beta^-$  sönderfall till  $^{99}\text{Tc}$  via  $^{99m}\text{Tc}$ . Generatoren elueras dagligen och  $^{99m}\text{Tc}$  lösning erhålls i form av perteknetat. Olika radiofarmaka bereds genom att perteknetat från elueringen märks till olika tracers [8]. Teknetium som befinner sig i ett metastabilt tillstånd avger överskottsenergin i form av  $\gamma$ -fotoner med energi på 140 keV och konversionselektroner. 89% av sönderfallen sker med fotoner och resterande 11% med konversionselektroner [7]. Teknetium-99m har en fysikalisk halveringstid på 6,01 timmar, vilket är förhållandevis kort. Högre aktivitet kan därmed administreras utan att orsaka strålskada för patienten, detta genererar även bättre bildkvalitet [7].

### **Detektion av strålning**

För att upptäcka, kvantifiera och bestämma energi för joniserande strålning krävs detektorer. Olika detektorer används beroende på vad som ska undersökas.

### *HIDEX Automatic gamma counter*

En vanlig detektor som används är scintillationsdetektorn, scintillation är utsändande av ljus. När energirik strålning träffar detektorkristallen kommer energin exempelvis överges till elektroner som exciteras och senare deexciteras. När molekylerna återgår till grundtillståndet sker utsändande av ljus som är proportionerlig mot den absorberade fotonenergin [7]. Kristallen består av natriumjodid som är dopad med tallium ( $\text{NaI}(\text{Tl})$ ), kristallen kan produceras i olika tjocklekar och är vanligast 1-5 tum.  $\text{NaI}(\text{Tl})$  kristallen i HIDEX automatic gamma counter är 3 tum tjock [9]. Den optiska blixten samlas in och amplifieras med hjälp av ett fotomultiplikatorrör (PM-rör) [10]. Där träffar ljuset först på en fotokatod. Fotokatoden består av en hög andel lösa elektroner som accelereras av

Ljuspulsen i ett elektriskt fält. I det elektriska fältet träffar elektronerna på dynoder som har förmågan att slå ut fler elektroner. Denna process fortsätter flera gånger och resultatet blir en elektronförstärkning som registreras som en elektrisk impuls [7].

#### *Termoluminiscerande dosimeter, TLD*

TLD är mycket små strålningsdetektorer (c:a 5x5x2 mm) och används ofta för att mäta stråldosen till fingrar på grund av dess gynnsamma storlek. Detektorn består av en halvledare med atomer i kristallstruktur. Kristallen är inte helt ren och där finns en del fria elektroner som ger kristallen dess halvledaregenskaper. Eftersom atomerna befinner sig i kristallstruktur förändras energinivåerna. Valensbandet är kristallens grundtillstånd medan ledningsbandet är för högre energinivåer. Mellan valensband och ledningsband finns bandgapet. Bandgapet innehåller fällor som elektroner från ledningsbandet fastnar i när de ska återgå till ledningsbandet. Genom att tillföra värme till detektorn kan elektronerna frigöras från bandgapet. Detta leder till utsändande av ljus som konverteras till en elektrisk impuls som kan detekteras [6]. Denna impuls är proportionell mot energin som tillförts detektorn.

### **Strålskydd**

Dosimetri är läran om att mäta och räkna ut den absorberade energin från strålningen när den interagerar med materia. Joniserande strålning kan, även i mycket små doser, orsaka biologisk skada [11]. Skadan som uppkommer till följd av strålningen beror på strålslag och energi, hur länge energideponeringen sker och storleken på området strålningen träffar [6].

All hantering av joniserande strålning och därmed även radioaktiva ämnen regleras av Europeiska unionen (EU) och svensk lag. I Sverige regleras verksamheten av Strålskyddslagen, Strålskyddsförordningen och Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter. Verksamhet med joniserande strålning ska följa ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principen, det vill säga att stråldosen ska hålla så låg som rimligen möjligt och innefattar patienter, personal och allmänheten [6]. I Strålskyddsförordningen redovisas årliga dosgränser för personal. Årsdosen för personal får ej överskrida; en effektiv dos på 20 mSv, en ekvivalent dos på 20 mSv till ögats lins, en ekvivalent dos på 500 mSv till extremiteter eller en ekvivalent dos på 500 mSv till huden som ett medelvärde över 1 cm<sup>2</sup> oavsett hur stor yta som exponeras [12]. Praktiskt strålskydd mot extern bestrålning sker enligt tre huvudprinciper; tid, avstånd och skärmning. Teknetium-99m har en lägre fotonenergi, sett till andra isotoper som används inom nuklearmedicinsk verksamhet och blyförkläden kan användas för skärmning av strålningen mot kroppen. Extremiteter och händer är däremot svåra att skydda med hjälp av skärmning. Engångshandskar används i verksamheten för att skydda mot kontaminering till huden från kroppsvätskor och radiofarmaka (radioaktiv lösning).

Det är strålningens växelverkan med kroppens vävnader som kan orsaka skada. Positroner eller elektroner kommer inte att nå utanför kroppen på grund av attenuering. Det är den bidragande faktorn till ökad stråldos. Vävnader med snabb celledelning är känsligast för strålning. Detta innefattar hudceller, tarmepitelet, benmärgen och subkutana vävnader [5].



Enheten för den absorberade dosen strålning är i Gray (Gy) och 1 Gy motsvarar 1 joule per kilogram (J/kg). Ekvivalent dos tar hänsyn till vilket strålslag som orsakar en energideponering. Det mäts i Sievert (Sv) och grundar sig i den absorberade dosen. Effektiv dos tar förutom strålslaget även hänsyn till att vävnader är olika strålkänsliga, enheten är Sv [7].

### *Hantering av radiofarmaka*

Nuklearmedicinsk personal utsätts för extern bestrålning genom olika arbetsmoment. Detta innefattar; eluering av teknetiumgeneratoren och beredning av radiofarmaka, uppdrag och injektion, vistelse i närheten av patient injicerad med radiofarmaka samt omhändertagande av radioaktivt avfall efter administration [13]. I publicerade studier har förhållandevis hög stråldos till fingrar rapporterats och högst stråldos har konstaterats till pekfingret på den dominanta handen [14]. Tidigare studier har även visat att kontaminering av händer förekommer och om adekvat strålskydd inte används kan detta resultera i stråldoser som överskrider det årliga gränsvärdet för fingerdos [15]. Till händer är möjligheterna för strålskydd begränsade och det enda alternativet är engångshandskar. Handskarna ska genom dess tjocklek ge ett fullgott skydd mot konversionselektroner. Konversionselektronerna från  $^{99m}\text{Tc}$  har en räckvidd på cirka 170  $\mu\text{m}$ , det vill säga från hudytan ner till basalcellsskiktet, som är strålkänsligt [13]. Innan nya fabrikat av handskar tas i bruk ska kontroll med avseende på genomsläpplighet av radioaktivt ämne genomföras [16].

### **Syfte**

Syftet med arbetet är att undersöka ifall de engångshandskar som finns tillgängliga och används inom den nuklearmedicinska verksamheten på Skånes universitetssjukhus upprätthåller tillräckligt god kvalitet för att säkert användas i verksamheten. Detta innefattar genomsläpplighet av radioaktivitet och skydd mot konversionselektroner.

## **MATERIAL OCH METOD**

Fem olika handskar från tre olika märken (Selefa, Helsingfors: Finland. Abena, Växjö: Sverige. Evercare, Helsingfors: Finland) användes vid försöken, se tabell 1. Handskarna fanns att tillgå vid avdelningen Klinisk fysiologi & nuklearmedicin i Malmö samt Strålningsfysik, Skånes universitetssjukhus i Malmö.

### **Kontroll av engångshandskens genomsläpplighet**

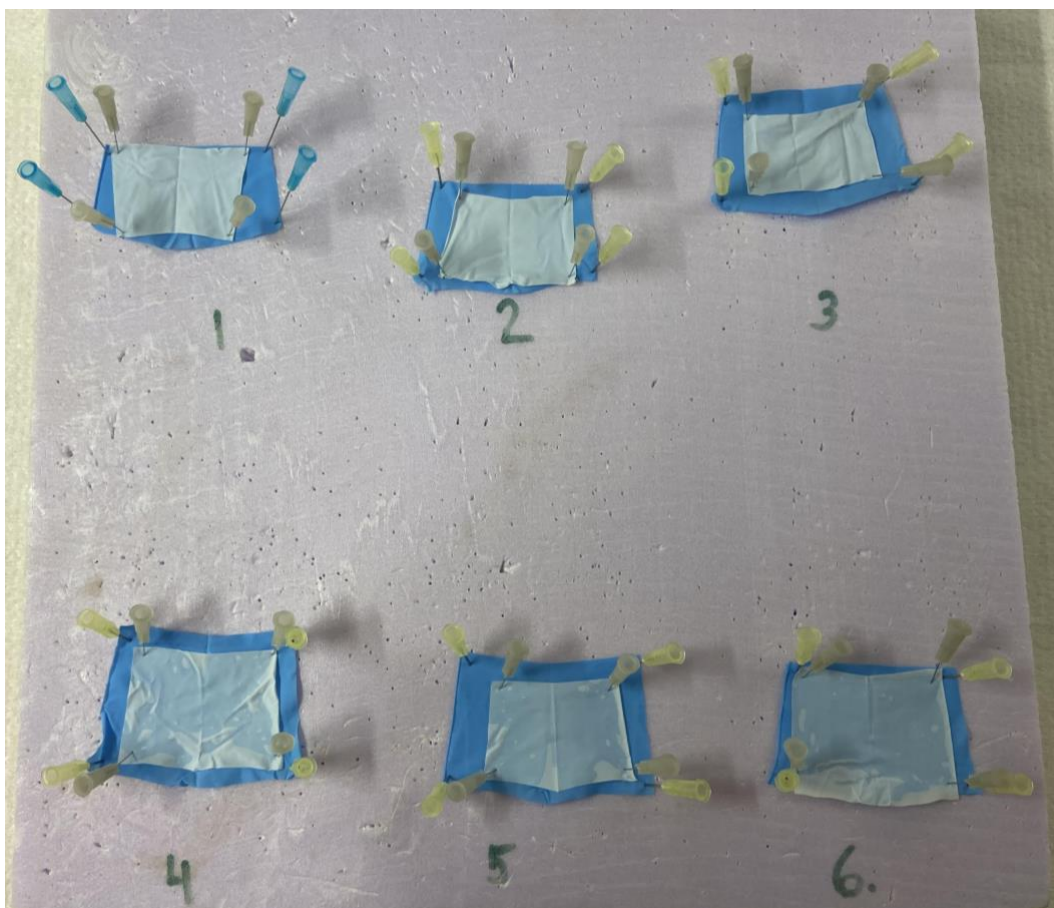
Från engångshandskens fingrar klipptes bitar på ca 3x3 cm och eventuell textur vid fingerspetsar avlägsnades. Bitar av fingrarna användes eftersom det förekommer skillnad i tjocklek mellan handflata och fingrar.

Två handskar placerades ovanpå varandra och spändes upp över en frigolitbit, där underhandsken motsvarade huden, se figur 1. Underhandsken var vid alla försök Evercare 6423. Alla fem handsksorter testades som överhandske (testhandske) i triplikat. På överhandsken droppades en droppe á 10  $\mu\text{l}$   $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat med koncentrationen 400 MBq/ml, med hjälp av en pipett. Ackumuleringstiden var 30 minuter i rumstemperatur.

Tabell 1. Undersökningshandskar, artikelnummer och tjocklek på materialet.

Namn	Art. nummer	Tjocklek handflata	Tjocklek fingrar
Selefa® Undersökningshandske, Nitrile, SENSE	210258	0,05 mm	0,08 mm
Abena® Undersökningshandske, Nitrile, Exellent, Acceleratorfri	1000008820	0,05 mm	0,05 mm
Evercare® Undersökningshandske, Nitrile SATIN (6520)	6520-6524	0,07 mm	0,10 mm
Evercare® Undersökningshandske, Nitrile LIME (6458)	6455-6459	0,06 mm	0,09 mm
Evercare® Undersökningshandske, Nitrile SAFE (6423)	6420-6424	0,09 mm	0,14 mm

Med hjälp av pincetter separerades över- och underhandske som sedan placerades i varsin burk för avläsning i Hidex gammaprovväxlare. Underhandskens pulsrat (counts per minute, CPM) avlästes direkt medan aktiviteten på överhandsken tilläts avklinga under cirka 72 timmar innan avläsning i Hidex. Detta för att undvika dödtid i detektorn. När det uppstår dödtid i detektorn träffas den av för många fotoner/sekund och gör istället en uppskattning av det faktiska antalet.



Figur 1. Testhandskar i triplikat. Handske 1-3 utan "svett" och handske 4-6 med "svett" (fysikalisk koksaltlösning).

Vid avläsning placeras burken med handskebiten i detektorkristallen formad som en ihålig cylinder med ett klotformad ände. Det betyder att provet nästan är helt omslutet av detektorn. För att skydda detektorn från bakgrundsstrålning och strålning aktivitet i omgivande burkar är kristallen omsluten av bly. Under

mätningen samlas bland annat antalet pulser (counts) per minut (CPM) samt normaliserat CPM. Det normaliserade värdet tar hänsyn till att aktiviteten i provet sönderfallit mellan första och sista prov i sekvensen. Handskens normaliserade CPM erhålls efter 10 minuters registrering (mättid). Bakgrundsaktivitet mäts under 10 minuter och subtraheras från det erhållna normaliserade CPM-värdet. Utifrån överhandskens aktivitet vid avläsning beräknades den teoretiska aktiviteten vid underhandskens avläsningstidpunkt. Kvoten mellan under- och överhandske beräknades för att erhålla genomsläppligheten av  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat.

Svett simulerades mellan under- och överhandske med en droppe NaCl (9mg/mL) för att undersöka ifall det påverkar handskens integritet. Samma metod nyttjades som när enbart handskens genomsläpplighet testades, se figur 1 prov 4-6.

### *Påverkan av ytdesinfektionsmedel på handsken*

Försöket ställdes upp likt figur 1 med underhandske och överhandske, alla handskar testades utan svett. Varje handske testades i triplikat efter påverkan av Liv Des +72 ytdesinfektionsmedel. Handsken påverkades på fyra olika vis; a) torkades 1s med pappershandduk, blötlagd med ytdesinfektionsmedel, b) torkades 20s med pappershandduk, blötlagd med ytdesinfektionsmedel c) doppades 30s i vätska med ytdesinfektion och d) doppades 60s i vätska med ytdesinfektion. Efter kontamination med ytdesinfektion fick handskbiten lufttorka. Hur handsken påverkades av ytdesinfektion testades genom att mäta handskens genomsläpplighet av  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat. En droppe á 10  $\mu\text{l}$   $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat med koncentrationen 400 MBq/ml droppades på överhandsken och ackumuleringstiden var 30 minuter i rumstemperatur. Med hjälp av pincetter separerades över- och underhandske på samma sätt som ovan och handskbitarna placerades i varsin burk för avläsning i Hidex. Underhandskens pulsrat avlästes direkt medan överhandskens aktivitet fick sönderfalla under cirka 72 timmar innan avläsning.

Handskens normaliserade aktivitet i CPM erhålls efter 10 minuters mätning. Bakgrundsstrålning mäts under 10 minuter och subtraheras från det erhållna CPM-värdet. Utifrån överhandskens aktivitet vid avläsning beräknades den teoretiska aktiviteten vid underhandskens avläsningstidpunkt. Kvoten mellan under- och överhandske beräknades för att erhålla genomsläppligheten av  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat.

### **Skydd mot konversionselektroner**

Termoluminiscens fingerdosimetrar (TLD) användes för att mäta hur mycket av konversionselektronerna som stoppades med hjälp av engångshandsken. Fyra olika testmetoder användes för mätningarna, gemensamt för alla fyra metoder var att en korv användes för att motsvara fingret. Två dosimetrar placerades på korven, en ovanpå och en undertill. Efter användning skickades dosimetrarna till SUS Lund för avläsning.

Vid den första mätmetoden placerades en dosimeter ovanpå korven med hjälp av två små kanyler, samt en undertill genom att med en kniv skära en liten ficka precis under skinnet. Engångshandsken spändes över den undre dosimetern med hjälp av två kanyler. Korven suspenderades sedan med hjälp av en ställning och en 5ml pipettspets ovanför droppen med  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat, se figur 2. Avståndet till droppen var så litet som möjligt, utan att möjliggöra kontamination av dosimetern. Droppen hade aktiviteten 10 MBq och ackumuleringstiden var 10

minuter. Försöket upprepades tre gånger för alla fem handsksorter och tre gånger utan handske.



*Figur 2.* Uppställning för att testa handskarnas skydd mot konversionselektroner. En dosimeter placerades ovanpå korven med hjälp av små kanyler samt på undersidan, precis under skinnet.

Den andra mätmetoden upprepades första testmetoden. Det andra mättillfället utfördes liknande den första testmetoden. Vid detta försök användes enbart två handsksorter (Abena och Evercare 6423) samt ingen handske. Försöket upprepades två gånger för respektive uppsättning.

Skillnaden mellan andra och tredje mätmetoden var att skinnet ovanpå den undre dosimetern togs bort och den fästes istället med två små kanyler. I övrigt genomfördes allt likadant.

Vid den fjärde mätmetoden suspenderades  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetatet ovanför korven men hjälp en ställning. Utsända elektroner och fotoner passerade genom en kollimator innan de nådde korven som placerades undertill.  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetaten placerades i ett provrör och hade aktiviteten 148 MBq. Dosimetrarna undertill och ovanpå samt handskbiten fästes med hjälp av kanyler.

### **Bearbetning av resultat**

Databehandling och analys sker i Excel (Microsoft Office 365).

### **Etisk bedömning**

Arbetet genomfördes varken på patienter eller personal och ingen hantering av känsliga data förekom. Därför behövdes ingen etikprövning. Undersökaren tillämpade strålsäkert arbete i form av distansverktyg, blyförkläde och blyskydd vid genomförande av metoden samt persondosimeter användes.

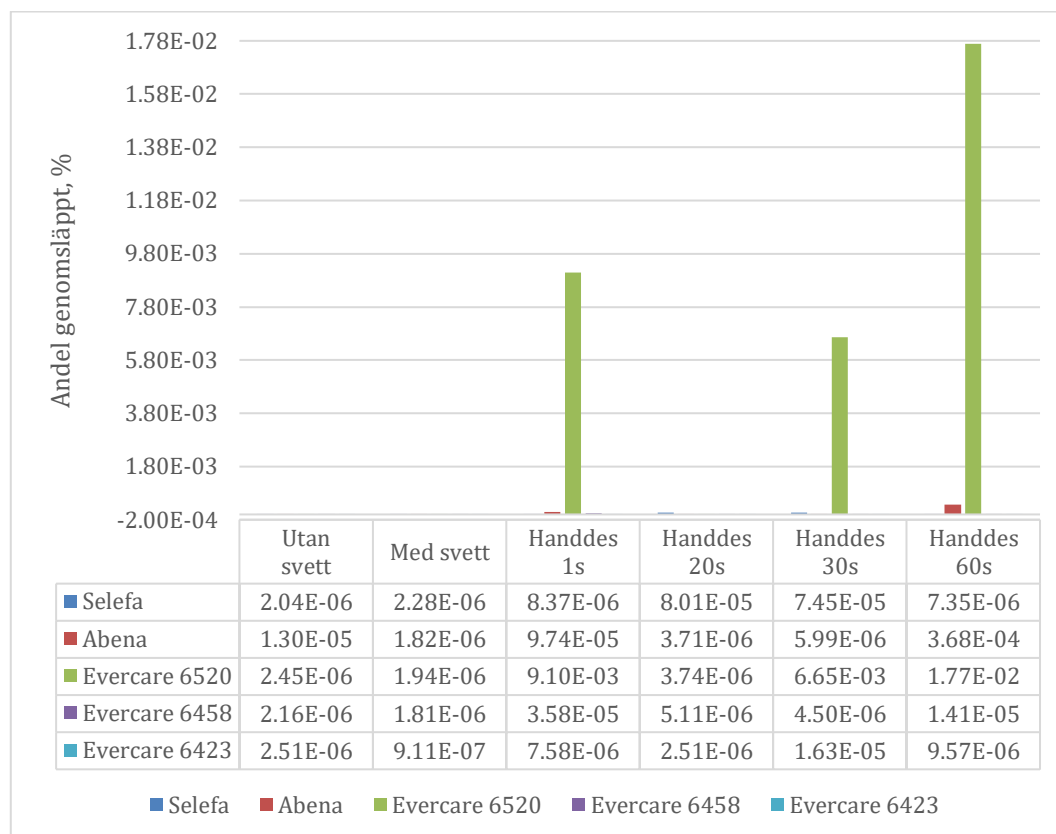
## **RESULTAT**

### **Kontroll av engångshandskens genomsläpplighet**

För att erhålla fraktionen av radioaktiv vätska som penetrerat engångshandskarna togs kvoten mellan den uppmätta pulsraten, i CPM, för underhandsken och

överhandsken. Överhandskens pulsrat sönnerfallskorrigerades för att motsvara pulsraten vid underhandskens avläsningstid. Aktivitetskoncentrationen på radiofarmakan som användes hade ett medelvärde på 401 MBq/ml och standardavvikelse på 9 MBq/ml.

Andelen  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat som trängt igenom överhandsken med och utan simulering av svett presenteras i figur 3. Av de fem handskar som testats noterades ingen anmärkbar penetration ( $< 10^{-5} \%$ ) av aktivitet.



Figur 3. Beräknat medelvärde vid test av testade engångshandskar med avseende på genomsläpplighet av  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat.

### Påverkan av ytdesinfektionsmedel på handsken

När handskens torkats under 1 sekund med ytdesinfektion syntes en tydlig ökning av i penetration för Evercare 6520. Handsken hade ett medelvärde av penetration på 0,0091%. Hos de resterande fyra handsksorter kunde ingen tydlig penetration noteras där mätvärden registrerades mellan  $10^{-4} \%$  och  $10^{-7} \%$ , se figur 3.

När handsken torkats under 20 sekunder med ytdesinfektion noterades ingen anmärkbar penetration ( $< 10^{-5} \%$ ) av aktivitet, se figur 3.

När handsken doppats i ytdesinfektion under 30 och 60 sekunder noterades ökad penetration för en handske, Evercare 6520. Där noterades en penetration av som mest 0,05 %. Övriga testade handskar har försumbar eller mycket låg penetration av  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat, figur 3.

### Skydd mot konversionselektroner

Uppmätt aktivitet från dosimetrarna och medelvärde för respektive mätmetod presenteras i tabell 2-5. Vid den första mätmetoden noterades medeldoser för dosimetern som placerats närmast strålkällan mellan 0,33-0,93 mSv, när

dosimetern täcktes av en handske. Utan handske blev det uppmätta värdet 0,3 mSv. Dosimetern som placerats längst ifrån strålkällan uppmätte en medeldos mellan 0,0-0,03 mSv, både för mätning med och utan engångshandske, se tabell 2.

Den andra mätmetoden gav en uppmätt medeldos på 0,7 och 0,6 mSv för dosimetern närmast strålkällan, när en engångshandske placerats mellan dosimetern och strålkällan. Utan engångshandsken noterades en medeldos på 0,7 mSv. Dosimetern som placerats längst ifrån strålkällan noterade en medeldos mellan 0,0-0,05 mSv, både för mätning med och utan engångshandske, se tabell 3.

Tabell 2. Resultat från första testmetoden. Siffran representerar försöken och bokstaven var dosimetern placerats. Dosimeter A placerades närmast strålkällan och dosimeter B på andra sidan korven.

	<b>1A</b> (mSv)	<b>2A</b> (mSv)	<b>3A</b> (mSv)	<b>Medel värde</b> (mSv)	<b>1B</b> (mSv)	<b>2B</b> (mSv)	<b>3B</b> (mSv)	<b>Medel värde</b> (mSv)
<b>Abena</b>	0,9	1,1	0,8	<b>0,93</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>Selefa</b>	1,5	0,7	0,7	<b>0,97</b>	0,0	0,1	0,0	<b>0,03</b>
<b>Evercare 6520</b>	0,8	0,7	0,9	<b>0,8</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>Evercare 6458</b>	0,5	0,6	0,3	<b>0,47</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>Evercare 6423</b>	0,3	0,4	0,3	<b>0,33</b>	0,1	0,0	0,0	<b>0,03</b>
<b>Ingen handske</b>	0,3	0,2	0,4	<b>0,3</b>	0,0	0,0	0,0	<b>0,0</b>

Tabell 3. Resultat från andra testmetoden. Siffran representerar försöken och bokstaven var dosimetern placerats. Dosimeter A placerades närmast strålkällan och dosimeter B på andra sidan korven.

	<b>1A</b> (mSv)	<b>2A</b> (mSv)	<b>Medelvärde</b> (mSv)	<b>1B</b> (mSv)	<b>2B</b> (mSv)	<b>Medelvärde</b> (mSv)
<b>Abena</b>	0,7	0,7	<b>0,7</b>	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>Evercare 6423</b>	0,7	0,5	<b>0,6</b>	0,0	0,1	<b>0,05</b>
<b>Ingen handske</b>	0,6	0,8	<b>0,7</b>	0,0	0,0	<b>0,0</b>

Den tredje mätmetoden gav en uppmätt medeldos på 0,6 och 0,8 mSv för dosimetern närmast strålkällan, när en engångshandske placerats mellan dosimetern och strålkällan. Utan engångshandsken noterades en medeldos på 1,65 mSv. Dosimetern som placerats längst ifrån strålkällan noterade en medeldos på 0,0-0,05 mSv för både mätning med och utan engångshandske, se tabell 4.

Den fjärde mätmetoden gav en uppmätt medeldos på 0,05 och 0,0 mSv för dosimetern närmast strålkällan, när en engångshandske placerats mellan dosimetern och strålkällan. Utan engångshandsken noterades en medeldos på 0,0 mSv. Dosimetern som placerats längst ifrån strålkällan noterade en medeldos på 0,0-0,05 mSv för både mätning med och utan engångshandske, se tabell 5.

Tabell 4. Resultat från tredje testmetoden. Siffran representerar försöken och bokstaven var dosimetern placerats. Dosimeter A placerades närmast strålkällan och dosimeter B på andra sidan korven.

	1A (mSv)	2A (mSv)	Medelvärde (mSv)	1B (mSv)	2B (mSv)	Medelvärde (mSv)
<b>Abena</b>	0,6	0,6	<b>0,6</b>	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>Evercare 6423</b>	1,0	0,6	<b>0,8</b>	0,1	0,0	<b>0,05</b>
<b>Ingen handske</b>	2,8	0,5	<b>1,65</b>	0,1	0,0	<b>0,05</b>

Tabell 5. Resultat från fjärde testmetoden. Siffran representerar försöken och bokstaven var dosimetern placerats. Dosimeter A placerades närmast strålkällan och dosimeter B på andra sidan korven.

	1A (mSv)	2A (mSv)	Medelvärde (mSv)	1B (mSv)	2B (mSv)	Medelvärde (mSv)
<b>Abena</b>	0,0	0,1	<b>0,05</b>	0,1	0,0	<b>0,05</b>
<b>Evercare 6423</b>	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,0	0,0	<b>0,0</b>
<b>Ingen handske</b>	0,0	0,0	<b>0,0</b>	0,1	0,0	<b>0,05</b>

## DISKUSSION

Strålskydd utgör en viktig del av nuklearmedicin för en hållbar verksamhet, både för personal och patienter. Den primära risken till följd av exponering för strålning är en ökad risk för att utveckla cancer. International Commission on Radiation Protection (ICRP) har uppskattat risken till c:a 5,5% per Sv individen utsätts för [17]. Sannolikheten att utveckla cancer ökar i takt med en ökad stråldos, men skadans allvarlighet ökar inte vid en ökad stråldos [6].

Arbete med fasta strålkällor, exempelvis röntgenrör, genererar enbart joniserande strålning vid användning och strålskydd krävs enbart vid det tillfället. För radioaktiva ämnen i form av radiofarmaka krävs strålskydd under en längre tid eftersom de ständigt genererar joniserande strålning till dess att radionukliden har avklingat och inte längre är radioaktiv. Förutom extern bestrålning finns det även en ökad risk för kontamination till huden [7].

### Metoddiskussion

Denna studie består av två huvudsakliga delar; handskarnas genomsläpplighet av <sup>99m</sup>Tc-perteknetat och mätning av konversionselektroner från <sup>99m</sup>Tc-perteknetat genom att mäta engångshandskarnas skydd mot dessa. Vid båda testerna inkluderas optimering av metoden till eftersom en begränsad mängd studier där liknande mätningar genomförs finns allt tillgå.

#### *Kontroll av engångshandskens genomsläpplighet*

Aktiviteten av teknetiumlösningen på handskarna mättes genom att registrera antalet utsända fotoner per minut i Hidex gammaprovväxlare. Handskbiten som användes vid försöken togs från pek-, lång- och ringfinger. Detta eftersom det har visats att kontamination med radiofarmaka i klinik oftast sker till fingrar och

handskarnas tjocklek varierar mellan handflata och finger [14]. Övriga fingrar var för små när textur på fingerspetsen klippts bort.

När handskarna kontrollerades för hur eventuell genomsläpplighet påverkades av ytdeinfektionsmedlet användes samma tillvägagångssätt. Idag finns inga studier att tillgå som studerar ifall ytdeinfektion påverkar nitrilhandskar sett till dess förmåga att inte släppa igenom radiofarmaka. Bitar från handskarnas fingrar kontrollerades på fyra olika vis. Två av dem är exempel på kontakt mellan handskar och ytdeinfektion som kan förekomma i verksamheten, vid en eller 20 sekunders kontakt mellan handskens ovansida och ytdeinfektionen. Ytterligare två mätningar genomfördes för att hitta en brytpunkt där handskarna inte längre höll tätt, trots att det är osannolikt i verksamheten med sådan användning av ytdeinfektionsmedel. Ingen tydlig brytpunkt kunde noteras.

Metoden som användes vid alla försöken erhöles genom flertalet olika tester med olika förutsättningar. Kontamination mellan underhandske och överhandske behövde under alla försöken undvikas för att generera trovärdiga och reproducerbara resultat. Den första metoden som testades baserades till viss del på en studie genomförd på Malmö allmänna sjukhus 1983 samt ett rutindokument inom Region Skåne för kontroll av engångshandskens genomsläpplighet av radioaktivt ämne [13, 16]. Vid grundmetoden användes en koncentration på 200 MBq/ml och 5 droppar á 10 µl pipetterades på handsken. Problematiken här härstammar i kontamination av underhandsken, både vid ackumuleringstiden samt vid hantering och förflyttning till avläsningsburkarna. Vid pipettering höll inte alltid ytspänningen. Detta resulterade i att droppen flöt ut och samman med resterande droppar. Eftersom handskbiten inte är stor flöt vätskan över kanten ut på underhandsken och mätningen blev ogiltig. Vid nästa försök användes istället en större handskbit, men på grund av den större storleken behövdes den vikas ytterligare en gång. Detta resulterade i att vätskan istället trycktes ut på underhandsken, resulterande i mätvärden som ej var trovärdiga. Tredje optimeringen innebar att enbart en droppe á 10µl pipetterades på handsken. Detta försök genererade trovärdiga resultat utan kontaminering. Den sista optimeringen innebar att koncentrationen 400 MBq/ml användes eftersom det bättre motsvarar den koncentration av radiofarmaka som används i verksamheten.

Eftersom öppna strålkällor nyttjades användes personligt strålskydd för att minska dosen till undersökare. Undersökarens dos mättes även med hjälp av dosimeter. De personstrålskydd som användes var distansverktyg i form av pincetter samt blyförkläde. När <sup>99m</sup>Tc-perteknetat, eller materia kontaminerad med detta inte användes, placerades det bakom ett blyskydd.

### *Skydd mot konversionselektroner*

Teknetium-99m är både en foton- och elektronstrålare. Fotonerna har en halvväglängd på c:a 4,6 cm i vävnad. Halvväglängden är den tjocklek av ett material som krävs för att hälften av fotonerna ska ha attenuerats [18]. Ett finger har ungefär tjockleken 1,5-2 cm, vilket innebär att enbart en liten del av fotonerna från teknetium kommer att attenueras av fingret. I 11% av alla sönderfall från teknetium-99m utsänds elektronstrålning. Dessa elektroner är partiklar som har tillräckligt hög energi för att kunna jonisera atomer som de växelverkar med. De avger sin energi kontinuerligt genom materia och stoppas helt upp i mjukvävnad med tjocklek på några millimeter eller mer. Det betyder att skärmning av



engångshandske och yttre hudskiktet som motsvarar mer än 170  $\mu\text{m}$  resulterar i att inga elektroner kan passera [13].

Den grundläggande tanken som användes vid försöken var att placera en dosimeter nära, och en längre ifrån strålkällan. Dosimetern nära strålkällan skulle fånga upp de konversionselektroner som sändes ut från droppen  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -perteknetat. Enbart fotonerna kunde passerade genom korven och träffade dosimetern längre ifrån strålkällan. På grund av elektronens korta halvväglängd kommer den inte att nå dosimetern lägre ifrån strålkällan. Fotonen kommer att träffa båda dosimetrarna. Genom att subtrahera dosen från dosimetern längst ifrån strålkällan med den närmast motsvarar detta dosen som elektronen gav.

Det första problemet som skulle lösas var hur  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -perteknetatet skulle placeras i förhållande till dosimetern. Ett avstånd på noll centimeter innebär att ingen strålning har spridits. Men detta är inte praktiskt genomförbart eftersom kontamination av dosimetern skulle leda till falskt höga mätvärden. Genom att placera extra material mellan strålkällan och dosimetern kommer konversionselektronerna att attenueras. Ett alternativ var att placera plastfolie mellan dosimetern och  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -perteknetatet, eftersom materialet är väldigt tunt skulle det inte bidra till signifikant attenuering av elektronerna. Men vid test av genomsläpplighet kunde den inte användas, eftersom kontaminering av dosimetern kunde förekomma. Alternativet var att suspendera dosimetern tätt intill ovanför droppen, för att undvika spridning av strålningen. Detta eftersom mätningen utgår från att mäta dosen vid hudkontamination.

Vid det första försöket placerades dosimetern precis under skinnet på korven. Handsken spändes sedan över och fästes med kanyler. Genom att placera dosimetern under skinnet behövde den inte spännas fast ytterligare med hjälp av kanyler. Mätvärdena som erhöles från det första mätmetoden motsvarade inte de förväntade och hade en del oklarheter, vilket ledde till att metoden behöves utvecklas ytterligare inför nästa försök. Mätmetod två, tre och fyra genomfördes vid samma tillfälle. Det var ingen skillnad i metoden mellan första och andra tillfället. Upprepningen genomfördes enbart för att bekräfta resultaten från det första mättillfället. Vid metod tre skars en bit skinn bort för att fastställa ifall den extra vävnaden bidrog till attenuering av elektronen. Istället fick dosimetern spännas fast med hjälp av två små kanyler. Vid den fjärde metoden användes en kollimator av bly för att fokusera strålningen. Avståndet mellan strålkälla och dosimeter är inte av samma vikt, eftersom attenuering i luft inte förekommer.  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -perteknetatet placerades i ett plaströr, vilket orsakar attenuering av konversionselektronerna, något som inte beaktades vid genomförandet.

## **Resultatdiskussion**

### *Kontroll av engångshandskens genomsläpplighet*

Vid några av mätningarna förekommer negativa resultat. Detta kan bland annat förklaras av att radioaktiva sönderfall är en slumpmässig process och att den fysikaliska halveringstiden är en statistisk sannolikhet att hälften av den ursprungliga massan kommer sönderfalla under denna halveringstid [6]. Sönderfall för ett radioaktivt ämne går bara att fastställa från en större mängd och inte en individuell atom. Detsamma gäller fotonstrålningens växelverkan där halvvärdestjocklek för olika materia utgörs av en statistisk sannolikhet att fotonstrålningen attenueras.

När handskens genomsläpplighet testades med och utan svett noterades en obetydlig andel genomsläppt  $^{99m}\text{Tc}$ -pereteknetat. Utifrån rådata som presenteras i bilaga 3 ses ibland enstaka avvikande värden för respektive mätytp. Utan ökat antal mätningar går det ej att avgöra ifall avvikelsen är statistiskt signifikant eller ett slumpfel alternativt metodfel. Detta i form av hantering, administrerad aktivitet eller kvalitet mellan individuella handskar.

Det lägsta uppmätta värdet i Hidex gammaraäknare var -4 CPM, se bilaga 1 & 2. Alla negativa värden motsvarar att ingen penetration genom överhandsken har skett. Till följd av detta antas det att de uppmätta värden inom intervallet  $-4 \leq x \leq 2$ , motsvarar att inget teknetium-99m radioaktivitet träckt igenom överhandsken och uppmätta värden enbart beror på skillnader i sönderfall. 50% av registrerade mätningar, ej inräknat handskens påverkan av ytdesinfektion, ligger inom detta intervall. Vid enbart ytdesinfektionsmätningarna utgör dessa värden endast 10%. Till följd av ytdesinfektionen syns en viss skillnad i uppmätt pulsrat på underhandsken, där det går att konstatera att överhandsken påverkas negativt av ytdesinfektionen. Att enbart tolka underhandskens uppmätta pulsrat tar inte hänsyn till den skillnad i administrerad aktivitet som kan förekomma på överhandsken. Därför är kvoten mellan under- och överhandske bättre för analys, men en skillnad i uppmätt pulsrat går att notera.

Engångshandskarna påverkades mest av ytdesinfektionen när de doppades 60s i ytdesinfektionsmedel. Speciellt handsken Evercare 6520 har betydligt högre andel av genomsläppt  $^{99m}\text{Tc}$ -pereteknetat. Vid jämförelse av medelvärdet för opåverkad handske och när högst andel  $^{99m}\text{Tc}$ -pereteknetat släpps igenom motsvarar detta en ökning på 7200 gånger. En tydlig ökning av andel genomsläppt  $^{99m}\text{Tc}$ -pereteknetat ses även vid 1s och 30s. Då noteras en ökning på 3700 respektive 2700 gånger mer än när handsken är opåverkad. I tabell 3 syns dessutom en minimal ökning av andelen genomsläppt  $^{99m}\text{Tc}$ -pereteknetat vid 60s påverkan av ytdesinfektionsmedel för handsken från Abena. Detta eftersom ett av de tre testerna gav en ökad andel genomsläppt, se bilaga 3. På grund av att resterande två tester gav en låg andel genomsläppt  $^{99m}\text{Tc}$ -pereteknetat resulterade detta i ett lägre medelvärde. Liknande företeelser kan skådas för andra handsksorter. Eftersom enbart genererade ett avvikande värde uppmättes går det inte, utan ytterligare tester, att avgöra om den ökade andelen genomsläppt  $^{99m}\text{Tc}$ -pereteknetat beror på handskens kvalitet eller andra felkällor kopplade till hantering, administrerad aktivitet eller kvalitet mellan olika handskar. Men Evercare 6520 har konsekvent en ökad andel genomsläppt  $^{99m}\text{Tc}$ -pereteknetat och det är mycket troligt att detta beror på handskens kvalitet och inte andra felkällor. Enligt de rutindokument som finns från Region Skåne får alla handskar med en kvot över 0,1% användas i verksamhet med öppna strålkällor [16]. Trots ökad andel genomsläppt för Evercare 6520 med som mest ca 0,02% genomsläppt  $^{99m}\text{Tc}$ -pereteknetat är det inte signifikant för att exkludera dessa från klinisk verksamhet. Resterande testade handskar uppvisar betydligt bättre kvalitet och förhåller sig med en faktor på  $10^{-5}$  gånger lägre än gränsvärdet. Alla testade handskar är godkända att användas i verksamheten.

En tidigare genomförd studie från 1983 konstaterade ingen märkbar penetration ( $< 10^{-5} \%$ ) av  $^{99m}\text{Tc}$ -pereteknetat, vid simulering av svett ökade penetrationen till  $< 10^{-3} \%$  [13]. Testade handskar var i studien från 1983 tillverkade av latex och inte nitril som undersöktes i denna studie. Jämfört med uppmätta resultat från denna studie syns det idag en tydlig utveckling i testade handskarnas kvalitet, speciellt vid simulering av svett.

De genomförda mätningarna gäller enbart för  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat. Perteknetat märkt till olika bärarsubstanser (tracers) genererar andra kemiska egenskaper för vätskan. En tidigare studie har uppmätt att den kvarvarande mängden  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmin, som används för myokardscintigrafi, beror på absorption till plasten eller främst gummit i injektionssprutan [19]. En aktivitet upp mot 30% har konstaterats fastna i sprutan efter injektion. Baserat på detta fynd går det att tänka sig att det inte går att garantera engångshandskens täthet för andra radiofarmaka.

### *Skydd mot konversionselektroner*

Basalcellerna är strålkänsliga och finns i det djupaste skiktet av epidermis, hudens yttersta lager [20]. Konversionselektroner har förmåga att penetrera ner till djupet där basalcellerna finns och därmed orsaka hög stråldos [15]. Skydd mot strålning bygger på grundprincipen; ju mer skyddande material som strålningen passerar igenom innan den träffar mänsklig vävnad, desto mer attenueras den och därmed erhålls en lägre dos [6]. Sträckan från hudens utsida ner till basalcellskiktet varierar beroende på mängden döda hudceller. Extra tjocklek från en engångshandske kan bidra med tillräckligt avstånd så att konversionselektronerna inte når basalcellskiktet.

Värdena som presenteras i tabell 3, kolumn 2A, är de enda som stämmer överens med teorin. Där noteras högst uppmätt dos när ingen handske skärmar. Den tjockare handsken genererar lägst dos medan den tunnare ger en högre dos, men ej högre än dosen utan handske. Dosimetern längst ifrån strålkällan har vid alla mätningar ingen, eller väldigt låg uppmätt dos. Denna dos ska motsvara fotonens. Endast ca 11% av den utsända strålningen från teknetium sker i form av konversionselektroner. Det förhållandet som registrerades mellan dosimetrarna överensstämmer inte med teorin. När spridning av fotonen från strålkällan tas i beaktning motsvarar detta ändå inte den dos som teoretiskt bör uppmäts för dosimetern längst ifrån strålkällan. Fler mätningar och en optimerad mätmetod krävs för att praktiskt ta reda på om engångshandskar absorberar konversionselektronerna från  $^{99m}\text{Tc}$ . Stråldosen som registrerades var relativt sett låg, ibland inte mycket högre än bakgrundsstrålningen, varför det vid en upprepad mätning rekommenderas att ha betydligt högre aktivitet även om det inte motsvarar den aktivitet som är rimlig vid en mindre kontamination. De TLD som användes i försöket registrerar energideposition från fotonstrålning och betastrålning. Optimering av mätmetoden inkluderar att ta reda på om olika subvarianter av TLD är mera lämpliga för denna typ av mätning av lågenergetiska konversionselektroner.

### **Utvecklingsmöjligheter och studiens framtida värde**

När engångshandsken torkades med ytdesinfektion i en sekund resulterade detta störst andel genomsläppt  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat. Ytterligare tester som kan genomföras är att torka handsken med ytdesinfektion på liknande vis upprepade gånger och på det viset se ifall ytan på handsken bryts ner tillräckligt mycket för att en signifikant mängd  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat ska penetrera.

Det finns många studier som har studerat doser till fingrarna för personalen vid rutinarbete [15, 21-23]. Studier som skiljer på dosen från fotoner och konversionselektroner är ytterst begränsade. Denna studie kan anses vara en pilotstudie som visar behovet av att optimera mätmetoden för att kunna mäta konversionselektronernas dos till fingrarna.

## **SLUTSATS**

Denna studie har konstaterat att de engångshandskar som används i verksamheten på Klinisk fysiologi och nuklearmedicin på Skånes Universitetssjukhus i Malmö inte överstiger gränsen för genomsläpplighet av  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat. Gränsen för att kunna användas i verksamheten är 0,1%. Handskarna som testades hade som sämst en genomsläpplighet på 0,05 % men majoriteten av handskarna hade en genomsläpplighet runt, eller mindre än  $10^{-5}\%$ .

Metoden som användes för att mäta konventionselektroner från  $^{99m}\text{Tc}$ -perteknetat gav inte något konklusivt resultat. Metoden bör utforskas vidare eftersom det finns ett behov att ta fram bevis för att engångshandskar minimerar stråldosen till fingrar vid hantering av teknetium-99m.

## REFERENSER

1. ICRP. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. Storbritannien: ICRP; 2007. Publication 106, volume 38.
2. ICRP. Radiological Protection in Medicine. Storbritannien: ICRP; 2007. Publication 105, volume 37.
3. UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations, New York, NY.
4. Jansson B. Persson S B. Stone-Elander. Radioaktiva läkemedel. I: Hietala S-O. Åhström Riklund K. Nuklearmedicin. Andra upplagan. Lund: Studentlitteratur; 2013. s. 55-70
5. Arheden H, Bajc M, Carlsson M, Hansen G, Jonson B, Markenroth Bloch K, et al. Klinisk fysiologi med nuklearmedicin och klinisk neurofysiologi. Tredje upplagan. Stockholm: Liber; 2011
6. Isaksson M. Grundläggande strålningsfysik. Andra upplagan. Lund: Studentlitteratur; 2011.
7. Berglund, E. Jönsson B-A. Medicinsk fysik. Första upplagan. Lund: Studentlitteratur; 2007.
8. Doherty J. Graham D. The Radiopharmacy. I: Sharp P,F. Gemmell H,G. Murray A,D, redaktörer. Practical Nuclear Medicine. Tredje upplagan. London: Springer; 2005. s. 113-142.
9. Hidex. Hidex Automatic Gamma Counter AMG [internet]. Turku: Hidex; 2022 [uppdaterad 2022-04-13, hämtad 2023-02-23]. Hämtad från: [URL](#)
10. Leige Svegborn, S. SPECT och PET – tomografisk avbildning inom nuklearmedicinsk diagnostik. I: Blomqvist, L. Zackrisson, S. Radiologi. Andra upplagan. Lund: Studentlitteratur. s. 92-107.
11. Dendy P,P. Goldstone K,E. Parkin A. Barber R,W. Radiation Protection. I: Sharp P,F. Gemmell H,G. Murray A,D, redaktörer. Practical Nuclear Medicine. Tredje upplagan. London: Springer; 2005. s. 91-112.
12. Strålskyddsförordning (SFS 2018:506). Stockholm: Klimat- och näringslivsdepartementet
13. Ahlgren, A. Bjurman B. Matsson S. Personalstråldoser vid hantering av  $^{99m}\text{Tc}$  på sjukhus. Radiofysikavdelningen Malmö allmänna sjukhus; 1983 slutrapport för SSI projekt SSI/P154-80.
14. Martin CJ, Whitby M. Application of ALARP to extremity doses for hospital workers. J Radiol Prot. 2003;23(4):405-421.

15. Covens P, Berus D, Cavaliers V, Struelens L, Verellen D. Skin contamination of nuclear medicine technologists: incidence, routes, dosimetry and decontamination. Nucl Med Commun. 2012;33(10):1024-1031.
16. Leide Svegborg S. Engångshandskar – genomsläpplighet av radioaktivt ämne. Malmö: Region Skåne; 2021.
17. ICRP. The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Storbritannien: ICRP; 2007. Publication 103, volume 37.
18. University of Michigan. Technetium-99m, radiological safety data sheet [internet]. Michigan: University of Michigan; 2018. [hämtad 2023-03-22]  
Hämtad från: [URL](#)
19. Gunasekera RD, Notghi A, Mostafa AB, Harding LK. Adsorption of radiopharmaceuticals to syringes leads to lower administered activity than intended. Nucl Med Commun. 2001;22(5):493-497
20. Scanlon V. Sander T. Essentials of Anatomy and Physiology. Femte upplagan. Philadelphia: F. A. Davis Company; 2007.
21. Bayram T, Yilmaz A H, Demir M, Sonmez B. Radiation Dose to Technologists per Nuclear Medicine Examination and Estimation of Annual Dose. J Nucl Med Technol. 2011;39(1):55-59.
22. Pant G, Sharma S, Rath G. Finger Doses for Staff Handling Radiopharmaceuticals in Nuclear Medicine. Journal of Nuclear Medicine Technology Sep 2006, 34 (3) 169-173
23. Jankowski J, Olszewski J, Kluska K. Distribution of equivalent doses to skin of the hands of nuclear medicine personnel. Radiat Prot Dosimetry. 2003;106(2):177-180

## BILAGA 1

Underhandske	Handske 1 (CPM)	Handske 2 (CPM)	Handske 3 (CPM)
Selefa torr	1,5	4,5	3,5
Selefa blöt	5	1	4
Abena torr	-2	-4	27
Abena blöt	2,5	2,5	3,5
Evercare 6520 torr	4	2	4
Evercare 6520 blöt	-0,5	6,5	1,5
Evercare 6458 torr	1	1	6
Evercare 6458 blöt	1,5	2,5	3,5
Evercare 6423 torr	1	2	5
Evercare 6423 blöt	1,5	0,5	1,5
Selefa 1s	3,5	15,5	11,5
Selefa 20s	4,5	4,5	364,5
Selefa 30s	4,5	145,5	3,5
Selefa 60s	6,5	1,5	3,5
Abena 1s	16,5	9,5	306,5
Abena 20s	4,5	10,5	2,5
Abena 30s	2,5	3,5	6,5
Abena 60s	3,5	537,5	4,5
Evercare 6520 1s	3850	11858	8228
Evercare 6520 20s	0,5	11,5	3,5
Evercare 6520 30s	19,5	0,5	12601,5
Evercare 6520 60s	1,5	3,5	20364,5
Evercare 6458 1s	64,5	29,5	7,5
Evercare 6458 20s	7,5	5,5	8,5
Evercare 6458 30s	3,5	2,5	2,5
Evercare 6458 60s	6,5	5,5	8,5
Evercare 6423 1s	7,5	9,5	5,5
Evercare 6423 20s	3,5	3,5	2,5
Evercare 6423 30s	19,5	2,5	5,5
Evercare 6423 60s	4,5	0,5	6,5

## BILAGA 2

<b>Överhandske, sönderfallskorrigerad</b>	<b>Handske 1 (CPM)</b>	<b>Handske 2 (CPM)</b>	<b>Handske 3 (CPM)</b>
Selefa torr	171543000	148611000	157223000
Selefa blöt	148692000	141900000	144900000
Abena torr	133888000	124799000	61679300
Abena blöt	165303000	159925000	147416000
Evercare 6520 torr	1329850000	140799000	136911000
Evercare 6520 blöt	1394760000	127824000	138371000
Evercare 6458 torr	116935000	127698000	123591000
Evercare 6458 blöt	135210000	136558000	140987000
Evercare 6423 torr	87182300	102444000	113161000
Evercare 6423 blöt	134812000	123320000	123345000
Selefa 1s	127655462	129697479	110523810
Selefa 20s	143125000	161713889	155452778
Selefa 30s	66883019	68732076	69188679
Selefa 60s	51675277	50461255	53959410
Abena 1s	128579832	115985994	113042017
Abena 20s	145908333	162902778	156847222
Abena 30s	68339623	68818868	70441509
Abena 60s	49147602	49450185	48749078
Evercare 6520 1s	107680791	93494350	73855932
Evercare 6520 20s	141748619	134864641	149234807
Evercare 6520 30s	54279245	6307547	63301887
Evercare 6520 60s	45676347	4484709	38380074
Evercare 6458 1s	115313559	65855932	113296610
Evercare 6458 20s	149113260	130323204	139936464
Evercare 6458 30s	63973585	6451308	60113208
Evercare 6458 60s	45416974	46907749	5273417
Evercare 6423 1s	102492754	94298551	102571015
Evercare 6423 20s	130980556	131725000	114158333
Evercare 6423 30s	56422642	53618868	57079245
Evercare 6423 60s	40660517	42092251	39498155



## BILAGA 3

Genomsläpplighet		Handske 1 Andel (%)	Handske 2 Andel (%)	Handske 3 Andel (%)
<b>Selefa</b>	Torr	8,74E-07	3,03E-06	2,23E-06
	Svett	3,36E-06	7,05E-07	2,76E-06
	1s	2,74E-06	1,20E-05	1,04E-05
	20s	3,14E-06	2,78E-06	2,34E-04
	30s	6,73E-06	2,12E-04	5,06E-06
	60s	1,26E-05	2,97E-06	6,49E-06
<b>Abena</b>	Torr	-1,49E-06	-3,21E-06	4,38E-05
	Svett	1,51E-06	1,56E-06	2,37E-06
	1s	1,28E-05	8,19E-06	2,71E-04
	20s	3,08E-06	6,45E-06	1,59E-06
	30s	3,66E-06	5,09E-06	9,23E-06
	60s	7,12E-06	1,09E-03	9,23E-06
<b>Evercare 6520</b>	Torr	3,01E-06	1,42E-06	2,92E-06
	Svett	-3,58E-07	5,09E-06	1,08E-06
	1s	3,55E-03	1,27E-02	1,11E-02
	20s	3,53E-07	8,53E-06	2,35E-06
	30s	3,59E-05	7,91E-07	1,99E-02
	60s	3,28E-06	7,80E-06	5,31E-02
<b>Evercare 6458</b>	Torr	8,55E-07	7,83E-07	4,85E-06
	Svett	1,11E-06	1,83E-06	2,48E-06
	1s	5,59E-05	4,48E-05	6,62E-06
	20s	5,03E-06	4,22E-06	6,07E-06
	30s	5,47E-06	3,88E-06	4,16E-06
	60s	1,43E-05	1,17E-05	1,61E-05
<b>Evercare 6423</b>	Torr	1,15E-06	1,95E-06	4,42E-06
	Svett	1,11E-06	4,05E-07	1,22E-06
	1s	7,32E-06	1,01E-05	5,36E-06
	20s	2,67E-06	2,66E-06	2,19E-06
	30s	3,46E-05	4,66E-06	9,64E-06
	60s	1,11E-05	1,19E-06	1,65E-05